26è

3R

RENCONTRES RECHERCHES RUMINANTS

Les 7 et 8 décembre 2022

INRAE

INSTITUT DE L'ELEVAGE idele

ELIANCE

Des éleveurs. Une ambition.

La fédération des entreprises de service et conseil en élevage

En R&D, Eliance c'est :

30 ingénieurs, techniciens et chercheurs

+ 2M d'€ de budget annuel

+ 50 publications scientifiques par an

De nombreux outils et partenariats : station de phénotypage de Nouzilly, UMT (Unité Mixte Technologique) eBis, LPA (Laboratoire Partenarial Associé) épigénétique, APIS-GENE, CIRBEEF...



L'expertise de notre réseau :

- Génétique
- Reproduction
- Nutrition
- Santé
- Bien-être animal
- Impacts environnementaux
- Qualité des produits
- Nouvelles technologies
- Efficience

RÉUSSIR
Nourrir votre performance

OPTIMISEZ LA GESTION QUOTIDIENNE
de votre **EXPLOITATION** grâce aux **REVUES RÉUSSIR**



11 N° PAR AN



11 N° PAR AN

Simplifiez-vous la vie
en vous abonnant directement sur :
boutique.reussir.fr



6 N° PAR AN



10 N° PAR AN

WWW.REUSSIR.FR
LE 1ER SITE PORTAIL D'INFORMATIONS AGRICOLES ET ALIMENTAIRES

POUR PLUS D'INFORMATIONS : RÉUSSIR Abonnement
1, rue Léopold Sédar Senghor - CS 20022 - 14902 CAEN CEDEX 9
Tél. 02 31 35 87 28 - service.abonnement@reussir.fr

AVEC LES TITRES DU GROUPE **RÉUSSIR**,
PORTEZ UN REGARD NEUF SUR VOTRE MÉTIER

afrique agriculture SUR LE WEB

Toute l'actualité agricole de l'Afrique en ligne sur :

www.afrique-agriculture.org

Et pour nos abonnés, bénéficiez en plus :

- De votre magazine accessible en ligne
- Des contenus exclusifs réservés aux abonnés
- Des articles en illimité sur tous vos écrans



LE SITE DE RÉFÉRENCE DES DÉCIDEURS DE L'AGRICULTURE

UNE INFORMATION QUOTIDIENNE ADAPTÉE À VOTRE MÉTIER

Distribution • Environnement • Décryptages

DÉCOUVREZ L'INTÉGRALITÉ DU SITE ET TOUS SES AVANTAGES,
Newsletters thématiques, Podcasts, Mags en ligne exclusifs, Fiches RH & Management, l'accès à plus de + de 25 000 articles.

DÉCOUVREZ-LE MAINTENANT
WWW.REFERENCE-AGRO.FR



RÉFÉRENCE agro

www.reference-agro.fr

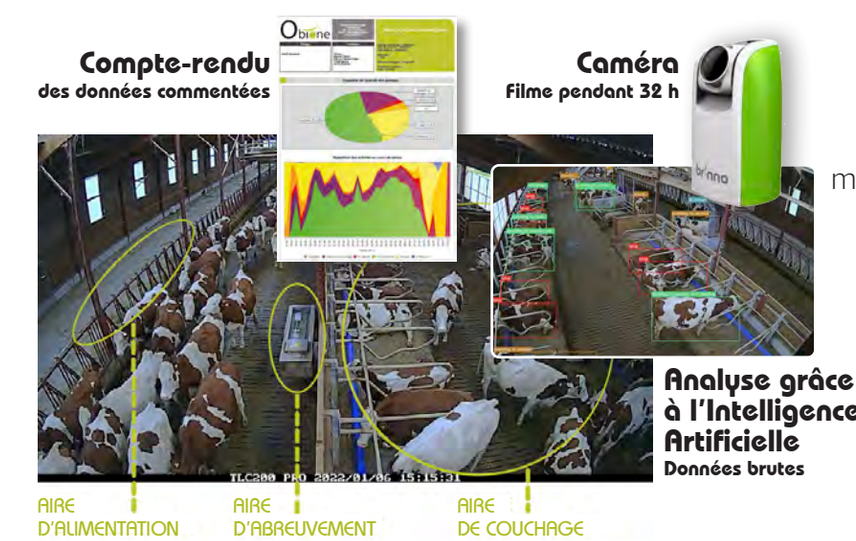


Que font vos vaches quand vous n'êtes pas là ?

Pour savoir ce qu'il se passe vraiment dans l'élevage il faut le regarder en continu et analyser ce qui est observé. Nous vous proposons une solution pratique, automatisée et très riche en informations :

L'analyse par Intelligence Artificielle
et Application Spécifique du confort et de l'emploi du temps du troupeau.

Voir ce que vous ne voyez pas, compter ce que nous ne pouvons habituellement pas compter, mettre en évidence les leviers de productivité, s'assurer du confort des animaux, contrôler leur environnement, juste en installant 2 caméras (fournies) dans votre bâtiment.



C'est couchées que les vaches font le lait, mais il leur faut un accès à l'auge et à l'abreuvoir sans entrave, toute la journée.

➲Alors observons et analysons !

Calcul des index de couchage, de confort, d'abreuvement...



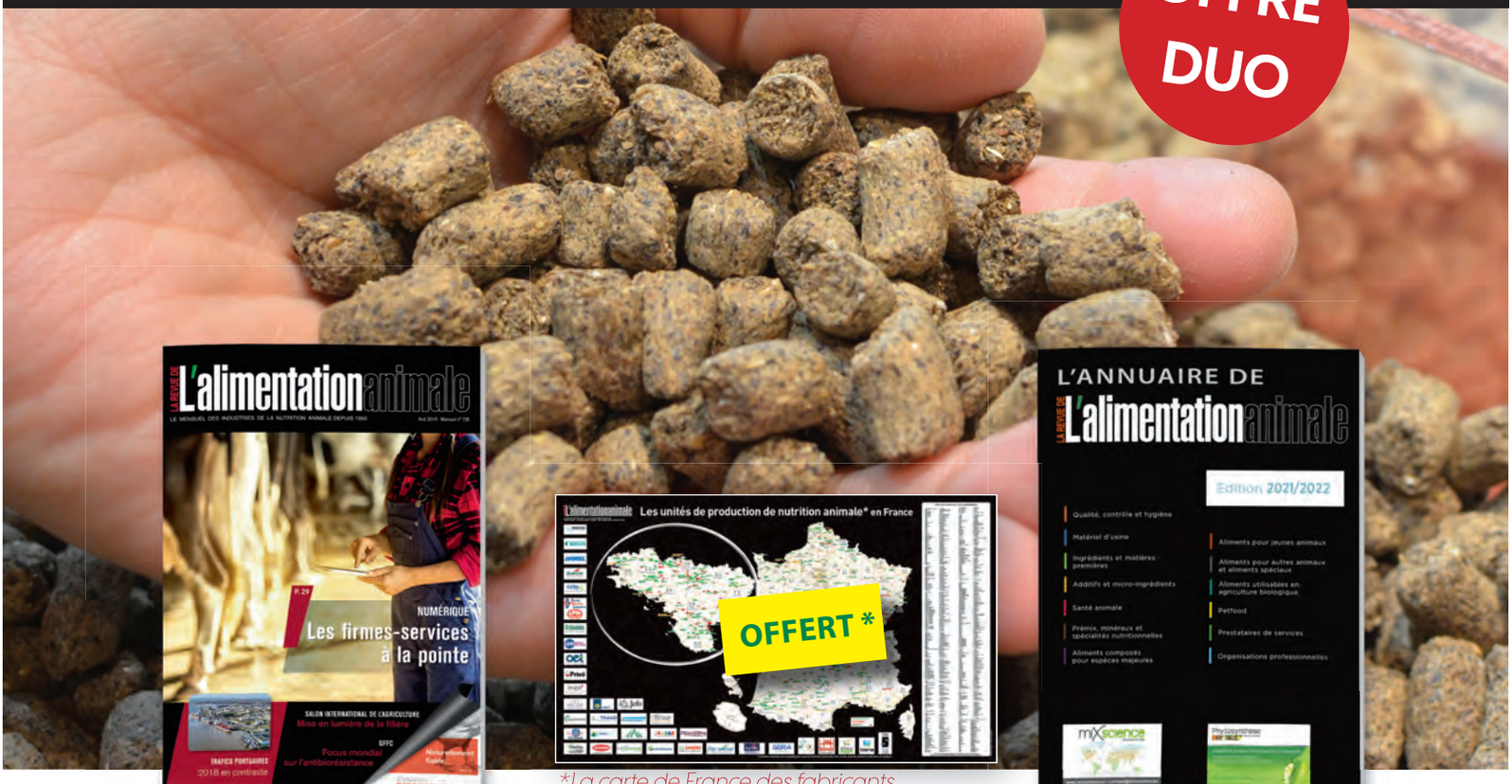
dilepix & Obione ont mis en commun leur expertise pour une solution d'analyse inédite et totalement personnalisée

www.dilepix.com **www.obione.fr**

LA REVUE DE **L'alimentation animale**

LE MENSUEL DES INDUSTRIES DE LA NUTRITION ANIMALE DEPUIS 1950

OFFRE DUO



*La carte de France des fabricants d'aliments (+ de 250 usines d'aliments) - valeur 20€

ABONNEMENT 1 AN
10 NUMÉROS

ANNUAIRE 2021/2022
DES FOURNISSEURS DE
L'ALIMENTATION ANIMALE

BON DE COMMANDE

Oui, je m'abonne

❍ 1 an
10 numéros +
Annuaire des fournisseurs de l'alimentation animale 2021/2022
259 €TTC

❍ 2 ans
20 numéros +
Annuaire des fournisseurs de l'alimentation animale 2021/2022
341 €TTC

Société .....
Nom .....
Prénom .....
Adresse .....
..... Code postal .....
Ville ..... Pays .....
Tél. ..... Facebook .....
E-mail (obligatoire) .....

MON RÈGLEMENT

❍ Chèque bancaire ou postal à l'ordre des Éditions Fitamant

❍ Carte bancaire N° |_|_|_|_| |_|_|_|_| |_|_|_|_| |_|_|_|_|
Date de validité |_|_| |_|_| Cryptogramme |_|_|_| *(3 derniers chiffres au dos de votre carte)*

❍ Par virement
Banque : crédit agricole – Éditions Fitamant
IBAN : FR76 3004 7140 7000 0201 7410 106
BIC : AGRIFRPP829

❍ Je souhaite recevoir une facture acquittée

Date et signature (obligatoire)

Conformément à la loi «Informatique et Libertés» du 6 janvier 1978, vous disposez d'un droit d'accès et de rectification aux données vous concernant.

Éditions Fitamant - 2 rue Félix Le Dantec - CS 62020 - 29018 Quimper cedex
Tél. 00 33 (0)2 98 98 01 40 - abo@fitamant.fr - www.revue-alimentation-animale.fr

APAAA2021/2022

Les solutions Phileo pour une production laitière durable

Population
Augmentation de la production laitière

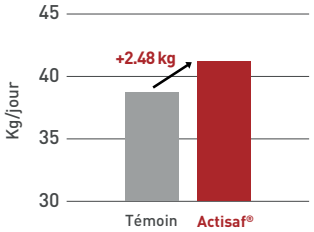


Profit
Amélioration de l'efficacité alimentaire

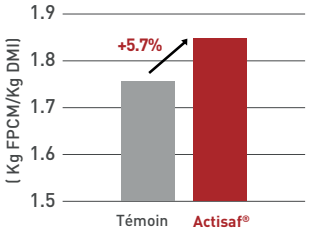


ActiSaf Sc 47

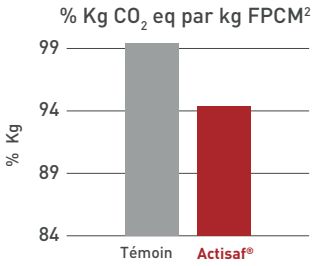
Lait corrigé ECM[1]



Efficacité alimentaire[2]



Planète
Réduction des émissions CO_2





La supplémentation en Actisaf® dans la ration des vaches laitières en lactation confrontées à des rations riches en énergie permet une augmentation de l'abondance relative des bactéries fibrolytiques et utilisatrices de lactate en réduisant le potentiel redox[3].

Au cours d'une méta-analyse incluant plus de 20 essais[1], il a été observé qu'une supplémentation de 5 g/v/j d'Actisaf® augmente la production laitière (1,74 kg/v/j) et le lait corrigé selon l'énergie (1,72 kg/v/j).

Phileo by Lesaffre

1 –Legendre, H. and Salah, N et al - Meta-analysis study of the effects of live yeast supplementation on milk production and energy corrected milk of lactating dairy cows – In submission

2 -Effect of Actisaf® supplementation on dairy cows carbon footprint, report of 3 trials in Europe - Blonk consultants 2022 -Please note this claim is based on an LCA that is not ISO 14040/14044 critically reviewed

3 -Marden et al., 2008. How does live yeast differ from sodium bicarbonate to stabilize ruminal pH. J Dairy Sci.:91: 3528-3535

DIGESCAN

Scannez ce code et découvrez notre nouveau service

- Outil de diagnostique de l'efficacité alimentaire en élevage, facile d'utilisation.
- Le service Digescan se compose d'un outil de tamisage de bouses et d'une application téléphonique d'enregistrement des données pour un suivi optimisé.



ABONNEZ-VOUS
ET RECEVEZ LES DERNIÈRES INFOS
"GRANDS TROUPEAUX / ÉLEVAGES CAPRINS"



JE M'ABONNE À :

GRANDS TROUPEAUX MAGAZINE et **HORS SÉRIE NUTRITION** (9+1 numéros/an) + **NEWSLETTERS**
☐ **1 AN : 90 €** TTC (75 € HT) ☐ **2 ANS : 156 €** TTC (130 € HT)

ÉLEVAGES CAPRINS MAGAZINE et **HORS SÉRIE NUTRITION** (4+1 numéros/an) + **NEWSLETTERS**
☐ **1 AN : 75 €** TTC (62,50 € HT) ☐ **2 ANS : 135 €** TTC (112,50 € HT)

GRANDS TROUPEAUX & **ÉLEVAGES CAPRINS** et **HORS SÉRIE NUTRITION** + **NEWSLETTERS**
☐ **1 AN : 150 €** TTC (125 € HT) ☐ **2 ANS : 276 €** TTC (230 € HT)

Nom : .....

Prénom : .....

Société : .....

Activité : .....

Adresse : .....

.....

Code postal : ..... Ville : .....

Tél : .....

Mail* : .....@.....

** adresse mail indispensable si vous désirez recevoir nos newsletter*

☐ Je paie par chèque à l'ordre de COMEDPRO ☐ Je souhaite recevoir une facture

BULLETIN D'ABONNEMENT À RETOURNER, ACCOMPAGNÉ DE VOTRE RÈGLEMENT À :

COMEDPRO – 35 avenue de la Grande Champagne – 72300 Parcé-sur-Sarthe – 06 40 36 29 93

www.grands-troupeaux-mag.fr / www.elevagescaprins.fr

Table des matières

Élevage et société

L'approche participative au cœur de la révolution agricole du 21eme siècle ?

COUZY C., MENET A., VON MUNCHHAUSEN S.. ... 3

Participation des citoyens à la co-conception des élevages de demain. Cas du devenir des veaux laitiers dans les élevages de moyenne montagne du Massif central

COEUGNET P., LABATUT J., DUVAL J., VOURC'H G. ... 13

L'édition du génome et ses applications à l'élevage : à la croisée des controverses

DELANOUE E., DUCLOS R., SOURDIOUX M., JOURNAUX L., DOCKES A.-C., BIDANEL J.-P. ... 18

Renouvellement des actifs, attractivités des métiers, nouveaux modèles d'installation

Élevage de ruminants : vers une pénurie de main-d'œuvre ?

DEPEYROT J.-N., PARMENTIER M., PERROT C. ... 25

Visions croisées du salariat dans les élevages de bovins en zone transfrontalière franco-belge - résultats d'enquêtes du projet INTERREG CowForme

BOULET L., BEGUIN E., FOURDIN S., RONDIA P., ELLUIN G., DEJONGHE L., LOUWAGIE I., FIVET C. ... 37

Comment améliorer l'attractivité des métiers des filières d'élevage ? Etat des lieux et prospective

DELANOUE E., GELIN M., CHOUTEAU A., DOCKES A.-C. ... 43

Organisations collectives et délégation en élevage ovin pour un travail plus confortable et un métier plus attractif

CHAUVAT S., PURSEIGLE F., ANDRE J., JOUSSEINS C., BELLET V. ... 48

L'attractivité de l'élevage ovin s'amenuise, cela questionne sur le devenir du métier de berger dans les steppes algériennes

KANOUN M., HUGUENIN J., KANOUN-MEGUELLATI A., BELLAHRACHE A. ... 52

25 ans de travaux partenariaux de R&D sur le travail en élevage : récit d'impact et conséquences sur l'évolution des métiers

MOULIN C., COMPAORE, N., CHAUVAT S., CAYON M., ZANCHI E., DUBREUIL M.-L. ... 56

Pâturage ovin de surfaces additionnelles : les effets sur le travail des éleveurs et des agriculteurs

JOUSSEINS C., CHAUVAT S., BOISVERT B., DUCOURTIEUX C. ... 61

Alimentation

Le comportement alimentaire des vaches laitières au pâturage, mesuré par des colliers détecteurs d'activités, peut-il nous renseigner sur leur niveau de performance ?

BOUCHON M., SCULLY S., COPPA M., OLLION E., MARTIN B., MAITRE P. ... 65

Valorisation des rations alimentaires dans les troupeaux laitiers : états des lieux et facteurs explicatifs des différences entre production théorique et production observée

LEFEVRE A., BOULET L., DECRUYENAERE V., VANDAELE L., VERRIELE B., DECAESTEKER E., GAVILLON D., MAHIEU J., ROUILLE B., FROIDMONT E. ... 69

Le niveau de biodiversité végétale des prairies modifie les processus digestifs, le microbiote ruminal et des fèces des vaches laitières et la composition du lait

MUSATI M., COPPA M., DELBES C., VERDIER-METZ I., POPOVA M., NIDERKORN V., BOUCHON M., FARIZON Y., ENJALBERT F., RENNA M., LUSSIANA C., NATALELLO A., MARTIN B., FERLAY A. ... 75

Application pratique du rationnement des brebis laitières en début de traite avec le nouveau système d'alimentation INRA 2018 en comparaison de l'ancien système INRA 2007

HASSOUN P., PORTES D., COULON V., TOMAS R., ARLES S., MENRAS, J.M., ALLAIN C., AMPOSTA N., PARISOT S. ... 80

Dynamique énergétique et des réserves corporelles en début de lactation chez les brebis laitières

CORBIERE F., ASTRUC JM., COSTES-ORI V., EL JABRI M., FANCA B., HASSOUN P., MACHEFERT C., MARIE-ETANCELIN C., MEYNADIER A. et LAGRIFFOUL G. 84

Effets d'une supplémentation en vitamines B rumino-protégées sur les performances des veaux pendant la période de sevrage

BOUCHUT D., ROSZKOS R., BENABEN S., ALZAHAL O. ... 89

Effets de la durée de conservation et de la déshydratation du maïs fourrage sur la dégradabilité ruminale de l'amidon

COULMIER D., CHAUVEAU H., BOISNEAU A. ... 90

Effets de deux sources de choline rumino-protégée pendant la période de transition sur la performance des vaches laitières de race Holstein

SAINZ DE LA MASA-ESCOLA V., TREVISI E., GRILLI E., CAILLIS P., PICCIOLI-CAPPELLI F. 91

Étude des effets de l'administration d'un noyau phytogénique sur la diminution de la production laitière au tarissement chez des vaches laitières

PINON G., PLICHART G., GUATTEO R. 92

Effet d'une supplémentation des vaches laitières en levures probiotiques (Saccharomyces cerevisiae CNCM I-4407) sur l'écosystème microbien en lait cru au sein de filières fromagères AOP et IGP en Savoie

BRICHE M., BRETON S., PIGNOL C., MARCHANDISE C., SALAH N. 93

Impact technico-économique de l'utilisation de la betterave fourragère dans la ration hivernale des vaches laitières

TRANVOIZ E., BROCARD V., HENAFF J., LE COEUR P. 94

Efficience azotée des vaches laitières nourries avec des régimes à base d'herbe verte ou de maïs fourrage : une comparaison par méta-analyse

FERREIRA M. , DELAGARDE R., EDOUARD N. 95

Effet comparé du monensin et d'actifs végétaux sur le bilan de l'azote (N) et l'utilisation de l'énergie chez des vaches en milieu de lactation

GUILLAUME S., KERROS S., DE FREITAS Jr.J.E. 96

Effets in vivo d'un mélange d'huiles essentielles, en substitution de sources d'énergie, sur les performances des vaches laitières

LEMESLE A., FORGEARD G., LELOUTRE L., BULCKE Q. 97

Prouver le concept d'un pilotage de précision de l'alimentation des vaches laitières

FISCHER A., CHEVALIER G., GAILLARD C., GAUDILLIERE N., GILLIER M., JURQUET J. 98

Le comportement de tri chez la chèvre laitière. Un trait de caractère qui peut influencer la valeur nutritive de rations à base de foin de luzerne et d'ensilage de maïs ?

GIGER-REVERDIN S., ERHARD H. W. 99

Etude comparative des activités et du comportement alimentaire des brebis de race locale (Berbère) et des chèvres de race croisée « Arbia » au niveau de l'aulnaie de Ain khiar (Algérie)

HOUD-CHAKER K., BELAIDI R., MEBIROUK-BOUDECHICHE L., BOURAS R. 100

Conduite alimentaire des chèvres laitières dans la région de Biskra (Algérie)

BAA A., MAMMERI A., BARA Y. 101

Effets d'un mélange d'extraits de plantes et d'huiles essentielles (Valkalor) sur les performances laitières et fromagères de chèvres en début de lactation

BOYER C., POMMARET A., PONDET M. 102

Intérêt des plantes riches en tannins condensés sur la croissance des agneaux d'herbe

BRUNET S. et CARON Y. 103

Effet de la restriction hydrique sur certaines fonctions physiologiques de la brebis Ouled Djellal en Algérie

TABET N., MEBIROUK-BOUDECHICHE L., CHAKER-HOUD K. 104

Effets de la durée de conservation et de la déshydratation du maïs fourrage sur la dégradabilité ruminale de l'amidon

COULMIER D., CHAUVEAU H., BOISNEAU A. 105

Autonomie protéique

L'autonomie protéique des élevages de ruminants en France : un objectif réalisable ?

PAVIE J., LE GALL A. 109

Optim'Al v2, un outil d'optimisation alliant « économie » et « autonomie protéique » pour le calcul des rations des vaches laitières selon le système INRA 2018

CHAPOUTOT P., TRAN G., HEUZE V., BERCHOUX A., ROUILLE B., SAUVANT† D. 118

Les échanges mondiaux, européens et français d'oléagineux

CHATELLIER V. 122

Supprimer le concentré chez la chèvre laitière au pâturage : effets sur la production laitière, l'ingestion d'herbe et le comportement alimentaire

DELAGARDE R., MOREAU C. 127

Maitriser l'équilibre en acides aminés dans le cadre de rations hivernales de vaches laitières pour augmenter l'autonomie protéique : le projet DY+ Milk

LEMOSQUET S., MATHIEU Y., BAHLOUL L., ROLLAND M., ANDRIEU D., ROUILLE B., JURQUET J., GERARD C., ROUVERAND S., TROU G. 131

Efficience d'utilisation de l'azote chez des taurillons croisés recevant des régimes mixtes présentant une haute autonomie alimentaire et protéique
MOREL I., DOHME-MEIER F., SIEGENTHALER R., HAYOZ B., XAVIER C., LERCH S. ... 135
Effets de l'introduction de méteils fourragers dans les rations d'engraissement des jeunes bovins
BUTEAU A., MAUGRION P., DAGORN N., CHAUVEAU H. ... 136
Quelle part le tourteau de soja importé représente-t-il dans la ration des vaches laitières en moyenne en France ?
ROUILLE B., JURQUET J., BROCARD V., BORE R., HARDY D. ... 137
Quels niveaux de compétition « feed/food » dans deux fermes expérimentales laitières en Bretagne et Normandie ?
ROUILLE B., CLOËT E., TRANVOIZ E., LEPELTIER F., MORIN L. ... 138
Pâturage hivernal : valeur de l'herbe et croissances de génisses laitières gestantes
TROU G., DUPERRET T., IRIEN P., BROCARD V., CLOET E., TRANVOIZ E. ... 139
Etude de la dégradabilité ruminale de l'amidon et des protéines du maïs épi ensilé
CHAUVEAU H., HODE D., BOISNEAU A., PIRAUBE E. ... 140
Utilisation de graines de soja toastées dans les rations pour vaches laitières
CHAPUIS D., BERCHOUX A., BORE R., MEURISSE S., GUILLIER M., DEMARBAIX A. ... 141
Effet du toastage de graines de soja sur les performances laitières de vaches laitières
BERCHOUX A., DUVAL M., GUILLIER M., HERMANT E., LEGRIS M., JOUFFROY M. ... 142
Méthodes et référentiels partagés pour calculer l'autonomie protéique des élevages herbivores
JOUFFROY M., LIOY R., ECHEVARRIA L., REDING E., BATTHEU C., BERCHOUX A. ... 143
Augmentation de la production laitière et du taux protéique du lait de vaches supplémentées en méthionine rumino-protégée
CADUDAL B., GUYADER J., LEPOUDERE M., HOARAU M., PARYS C., BAUER L. ... 144
Effet positif d'un apport en méthionine rumino-protégée sur les performances de chèvres laitières
CADUDAL B., GUYADER J., LEPOUDERE M., HOARAU M., PARYS C., EDELMANN K. ... 145
Intérêt d'un mélange d'extraits de plantes et d'huiles essentielles (Vertan) pour diminuer le taux de protéines des correcteurs azotés utilisés en brebis laitières et substituer le tourteau de soja par d'autres sources de protéines
HARDY A., GREUTER A., GANGLOFF C., FERRON N. ... 146
Comment gérer la fertilisation azotée des prairies multi-espèces ?
GIGOT C., FOUSSIER T., VERICEL G., UIJTTEWAAL A. ... 147
SiT'ProT'In : enquête sur la diffusion des références sur l'autonomie
SEURET J.M., BERNARD M.L., CARAES C. ... 148
Autonomie protéique des élevages herbivores : l'outil DEVAUTOP pour sensibiliser les éleveurs à une meilleure valorisation de leurs fourrages
BENADDA L., SARZEAUD P., GELINEAU S., FREULON H., BATTAIS F., FOLLET D. ... 149

Nouveaux aliments et nouveaux fourrages

Valoriser une diversité de biomasses pour répondre aux enjeux techniques, environnementaux et sociétaux des élevages de ruminants
BAUMONT R., DECRUYENAERE V., MAXIN G., ROUILLE B., HEUZE V., TRAN G. ... 153
La diversité des associations céréales protéagineux récoltées en fourrage : un levier d'adaptation au service de multiples systèmes fourragers
DAVEAU B., FORTIN J., ... 164
DERObées estiVALes au pâturage, en Région Centre Val de Loire : DEROVAL
DUCHENE D., DAVID S., SAVOIE A., VENTURI E., STAUB C. ... 169
Effet de Sulla flexuosa (Hedysarum flexuosum) sur le profil en acides gras du lait de chèvres de race Beni Arouss au Nord du Maroc
BOUKROUH S., HORNICK J.L., NOUTFIA A., AVRIL C., CABARAUX J.F., CHENTOUF M. ... 170
Etude de la dégradabilité ruminale de l'amidon et des protéines du maïs épi ensilé
CHAUVEAU H., HODE D., BOISNEAU A., PIRAUBE E. ... 171
Hedysarum flexuosum ; ressource végétale d'intérêt fourrager à valoriser

ZIRMI-ZEMBRI N., DORBANE Z., MOUHOUS A., SAIDJ D., KADI S.A. 172

Peut-on prédire les valeurs alimentaires à partir d'analyses en spectroscopie proche infrarouge pour les prairies à flore variée et multispécifiques ?

GOUTIERS V., AUGUY C. 173

Le tour du moha en 80 jours

DELABY L., DOZIAS D., LEURENT-COLETTE S., GALLARD Y. 174

Comportement alimentaire de vaches laitières pâturant des arbres fourragers

MESBAHI G., BERTHET M., JAWAHIR A., GINANE C., DELAGARDE R., CHARGELÈGUE F., NOVAK S. 175

Génétique

Du nouveau dans les évaluations génétiques bovines : mise en place du Single-Step, une évaluation génétique et génomique en une seule étape.

BARBAT M., CROUE I., FRITZ S., TRIBOUT T., BOICHARD D., MINERY S., LAUNAY A., BOULESTEIX P., PROMP J. 179

Faisabilité d'une évaluation génomique pour les animaux issus d'un croisement trois voies : Montbéliarde X Holstein X Rouge Danoise

SAINTILAN R., CUYABANO B.C.D., BAUR A., CROUE I., DUCROCQ V., THOMASEN J.R., KARAMAN E., BOICHARD D., LECLERC H., CROISEAU P. 183

Identification de régions du génome et de gènes candidats associés au niveau de réponse immune innée de veaux Holstein

MARTIN P., JOUNEAU L., TAUSSAT S., VINET A., LEFEBVRE R., DESCAMPS D., FERRET C., CHOTTIN C., PIETRALUNGA V., PEZIER T., LACROIX-LAMANDE S., BOUSSAHA M., BARBEY S., DENIZOT V., BOICHARD D., RIFFAULT S., LAURENT F. 187

Etude de la tolérance à la chaleur des bovins par l'étude des interactions entre génotype et indice température-humidité sur la production et la santé de la mamelle en race Montbéliarde

VINET A., MATTALIA S., VALLEE R., BERTRAND C., BERTUZZI P., CUYABANO B.C.D., BOICHARD D. 191

DigeR : un indicateur de l'efficience alimentaire des vaches laitières calculé à partir du profil en acides gras du lait

BERODIER M., GAUDILLIERE N., WOLF V., DUBIEF F., BROCHARD M., LECLERC H. 196

Estimation de l'efficience alimentaire des chèvres laitières, en fermes commerciales

CHASSIER M., MOSNIER F., RUPP R., BLUET B., BAILLY-SALINS A., PALHIERE I. 199

Paramètres génétiques de la vitesse de développement et du poids adulte asymptotique en bovins allaitants

LEPERS A., AGUERRE S., PROMP J., TAUSSAT S., VINET A., MARTIN P., PHILIBERT A., LARAMEE A., GRIFFON L. 203

Précocité sexuelle des génisses charolaises

TAUSSAT S., VINET A., MAUPETIT D., DOZIAS D., CHANTELOUP L., RENAND G., MARTIN P. 204

PRESAGE : vers un observatoire des anomalies génétiques en petits ruminants

BUISSON D., BOUFFARTIGUE B., COUZY C., MARTIN P., CORBIERE F., PALHIERE I., RAOUL J., MORENO C., FABRE S. 205

L'élevage et la valorisation des jeunes animaux

Aptitudes à l'engraissement d'animaux précoces avec des fourrages herbagers et des concentrés issus de sous-produits de l'industrie agroalimentaire

SEPCHAT B., FAURE P., DIMON P. 209

Valorisation des veaux laitiers : comparaison dans 10 pays

BUCZINSKI B., CHOTTEAU P., BASTIEN D., BERRUYER M., BLANQUET I., FOSSAERT C., GERARDIN A., GUY F., LE GALL A., MATRAS C., MONNIOT C. 214

Devenir des jeunes ruminants laitiers : comment concilier élevage et attentes sociétales

POMIÈS D., CONSTANCIS C., JURQUET J., VEISSIER I., LE COZLER Y., CAILLAT H., LAGRIFFOUL G., DROUET M., PELLISSIER P., FOSSAERT, C. 219

Allaitement maternel des veaux laitiers : quel compromis entre croissance des veaux, production laitière et bien-être animal ?

BOUCHON M., NICOLAO A., STURARO E. MARTIN B., POMIES D. 229

Dynamique d'infestation par les strongles gastro-intestinaux des génisses laitières élevées sous vaches nourrices

CONSTANCIS C., RAVINET N., BAREILLE N., CHARTIER C. 233

Elever des génisses laitières sous vaches nourrices : une voie à explorer pour un vêlage 24 mois en système exclusivement herbager

PUECH T., BRUNET L. 238

Vêlages à 2 ans en élevage laitier : un vieux débat remis au goût du jour.

DELABY L., LELOUP L., GABORIT M., LEURENT-COLETTE S., LAUNAY F. 242

Ingestion des génisses laitières : partir sur de bonnes bases pour bien les nourrir

JURQUET J., LE COZLER Y., TREMBLAIS D., LAUNAY F., DELABY. L. 246

Etude des leviers actuels et des freins à l'engraissement de JB laitiers en France

BUCZINSKI B., CHOUTEAU A., CHOTTEAU P. 250

Produire de la viande rouge à partir de veaux laitiers, une solution pour répondre aux attentes du consommateur sur le marché de la RHD

FOSSAERT C., GUY F., BERTRON J.J., DECHAUX T., BROUARD S. 254

Intention des éleveurs bovins laitiers et allaitants de répondre à une demande de production de bovins jeunes, de génétique précoce et finis intensément

PETIT T., BANLIAT C., LEMEE E., AUSSEMS E., COUVREUR S. 260

Automatisation de la mesure de la production laitière des vaches allaitantes

SEPCHAT B., BARBET M., CHALIER P, D'HOUR P. 264

Elever des génisses au pâturage dès le plus jeune âge est-il compatible avec une stratégie de réduction de l'âge au premier vêlage ?

LEPELTIER F., MORIN L., ROUILLE B. 269

Les quantités de lait et de concentrés consommées jusqu'au sevrage par les génisses laitières n'ont qu'un effet à court terme sur leurs performances

JURQUET J., PHILIBERT A., PLOUZIN D., LE COZLER Y. 270

L'élevage des chevrettes de renouvellement sous les mères en élevage caprin laitier en France : description des pratiques

BERTHELOT M., AUBERT C., EHRHARDT N., BAUDRY C., PARAUD C. 271

Élevage et changement climatique

Emission de methane enterique en saison seche froide chez les zebus peulh soudaniens en afrique de l'ouest

GBENOU G. X., ASSOUMA M. H., ZAMPALIGRE N., BOIS B., KIENDREBEOGO T., MARTIN C., SANOGO S., BASTIANELLI D., DOSSA L. H. 275

Optimisation de l'utilisation des spectres moyen infrarouge du lait de vache pour prédire les émissions de méthane entérique mesurées par le système GreenFeed

COPPA M., VANLIERDE A., BOUCHON M., JURQUET J., MUSATI M., DEHARENG F., MARTIN C. 279

Effets des conditions climatiques et du chargement à l'alpage sur l'ingestion d'herbe et l'activité physique de génisses croisées

FAIVRE-PICON R., MOREL I., LERCH S. 282

Etude de l'impact du bâtiment et de l'adaptation des éleveurs de vaches laitières en Bretagne en situation de stress thermique

DUPONT L., SAILLARD Y., JATTIOT M. 283

Etude de l'importance et des conséquences du stress thermique sur la vache laitière et les élevages en Bretagne

DUPONT L., SAILLARD Y., JATTIOT M. 284

Evolution des corrélations animales entre méthane, ingestion, production laitière, poids et note d'état corporel au cours de la lactation chez la vache Holstein

FRESCO S., BOICHARD D., FRITZ S., BABREY S., GABORIT M., MARTIN P. 285

Le pastoralisme sur les grands parcours des régions arides du sud méditerranéen : typologie des systèmes d'élevage transhumant

A.ATOUI, A. LAROUSSI, M. ABDENNEBI, S. NAJARI 286

Sélection des modèles statistiques d'estimation du poids à la naissance en fonction des mesures morphométriques chez les chevreaux locaux.

A.ATOUI, A. LAROUSSI, M. LASOUED, M. ABDENNEBI, S. NAJARI 287

Stratégie alimentaire d'adaptation de l'élevage ovin à la pénurie de fourrage et de sécheresse imprévue pour la finition des agneaux

ALEGRE J., KOUAME Y.A. et BRUNET S. 288

Evaluation de l'effet des macroalgues et de leurs extraits sur la réduction du méthane lors des fermentations ruminale in vitro

POINT S., LAZA-KNOERR A-L., ROUILLE B., EDOUARD N., MARFAING H. 289

Environnement

Test d'un protocole d'estimation du méthane entérique, avec le Laser Methane Detector, pour des vaches laitières au pâturage

GAUTIER L., BORE R., ROUILLE B. 293

Premiers résultats d'une approche environnementale globale et intégrée de l'exploitation laitière de Trévarez

FORAY S., BROCARD V., TRANVOIZ E., TROU G., LE CŒUR P. 298

Efficience d'utilisation de l'azote et empreinte carbone d'un système bovin laitier agroécologique basé sur des ressources fourragères diversifiées

NOVAK S., GUYARD R., CHARGELEGUE F., AUDEBERT G., FORAY S. 302

Nature et agriculture : les leçons du réensauvagement agricole et du réseau Paysans de nature
MONDIERE A., THOMAS V., CORSON M., DIRAISON M., DULAC P., SIGUIER D., VAN DERF WERF H. 306
Empreinte carbone et énergie de la production de luzerne déshydratée, de l'implantation à la sortie de l'usine
THIEBEAU P., RECOUS S., ... 311

Bioéconomie - Economie circulaire

Bioéconomie et économie circulaire : lecture critique et place de l'élevage
MADELRIEUX S., COURTONNE J.Y., GRILLOT M., HARCHAOUI S. 315
Construire des scénarios de complémentarité culture – élevage vers une transition agroécologique : application à La Réunion et au Lot
MORAINE M., GUIZARD G., RAMONTEU S., CHOISIS J.P. 328
Circuit de collecte du lait cru produit dans la wilaya de Souk-Ahras (Algérie)
BARA Y., BAA A., MAMMERI A., ... 331
Les gisements de coproduits et leurs usages en région Grand Est
BERCHOUX A., LANNUZEL K., BENABID N., RENAUD B. 332
Accompagner le développement de l'économie circulaire en agriculture à la Réunion à l'aide d'une démarche méthodologique construite avec les acteurs du territoire
VIGNE M., VAYSSIERES J., DEGENNE P., KLEINPETER V., CHOISIS J.P., LURETTE A. 333

Économie

Evolution et hétérogénéité du revenu des producteurs français de lait vache
CHATELLIER V., PERROT C. 337
Agricultures bretonnes 2040 – Quelles transitions des exploitations laitières bretonnes ?
FAVE C., MARGUET M., BODIN T., TIRARD S., DEZAT E., LE GOFF H., QUENARD C., QUERE L., LIGNEAU L., GORIUS H., LAMOUR G., HAYE A., DEBETHUNE N. 342
Où va le jeune bovin ? Quel produit pour quel marché ?
GERARDIN A., MONNIOT C. 347
Gains de productivité d'élevages de ruminants en agriculture biologique : la taille et l'autonomie alimentaire des exploitations importent
KOUAKOU E., VEYSSET P., MINVIEL J.J. 351
Rendement marginal des compléments alimentaires dans les exploitations laitières wallonnes
LEFEVRE A., HENNART S., STILMANT D., FROIDMONT E. 352

Reproduction

Existe-t-il un profil d'état corporel optimal favorable à la reproduction des vaches laitières ?
DEZETTER C., BIDAN F., DELABY L., BLANC F., FRERET S., BEDERE N. 355
Impact d'un premier investissement dans la détection automatisée des chaleurs sur les performances de reproduction des troupeaux de vaches laitières
BIDAN F., GUERY S., ROUXEL L., MASSELIN-SILVIN S., DOLIGEZ E., HARDY F., PASQUET L., RAUX O., BEAUCHAMP J-J. 360
Freins et leviers au développement du vêlage précoce en élevage bovins allaitants : les avis des éleveurs du Cantal mis en perspective avec les résultats d'une enquête nationale
DIMON P., BIDAN F., LOUSTAU G., MICHAUD A., DOMINIQUE S. 364
Effet de la limitation de la tétée des veaux allaitants en bâtiment sur les performances de reproduction des vaches et l'élevage des veaux
BIDAN F., PHILIBERT A., MERLE L.A., BESSON J.L., GUIBERT R., POUPIN V., DIMON P. 368
Relations entre fertilité à l'insémination artificielle, dynamique de production laitière, réserves corporelles et stress thermique chez la chèvre laitière de race Alpine
GAFSI N., BIDAN F., GRIMARD B., LEGRIS M., MARTIN O., PUILLET L. 372
Simulation de l'impact de la pratique de l'insémination sans hormones sur les performances et l'alimentation d'un troupeau ovin laitier
LACLEF E., DEBUS N., TAILLANDIER P., HASSOUN P., PARISOT S., GONZALEZ-GARCIA E., LURETTE A. 377
Mise à la reproduction des agnelles de race Manech Tête Rousse : que nous apprend l'évolution des pratiques ?
CORBIERE F., KELLENS A., ASTRUC JM., VIAL-NOVELLA C., FIDELLE F. 382
Automatiser la détection des chaleurs en valorisant l'identification électronique par boucle RFID chez les caprins
FRERET S., HUAU C., FASSIER T., BOMPA J-F., RICARD E., FATET A., PELLICER-RUBIO M-T. 386

Suivi non invasif de la réponse ovulatoire des chèvres après effet bouc, par dosage de la progestérone dans le lait
FRERET S., LAINE A-L., FASSIER T., GAUDET M., LACLIE C., GENNETAY D., PELLICER-RUBIO M-T. 387

Caractérisation de la part de rayonnement lumineux utile aux traitements photopériodiques et à la sécrétion de mélatonine chez les caprins
FATET A., BORDERES F., ROY E., BOISSARD K., FRERET S., LAINÉ A.L., CAMELIO S., CHAILLOU E., DARDENTE H., COMBES D., PELLICER-RUBIO M.T. 388

Sélection des modèles d'estimation des paramètres génétiques des caractères reproductifs de la chèvre locale
ATOUI A., CARABAÑO M.J., ABDENNEBI M., NAJARI S., ... 389

La succession de jours longs et de jours courts décroissants améliore la fertilité et le groupage des mises bas des agnelles en contre-saison
LOUBIERE L., POQUET M., GUILLEBASTRE J., GUIZARD C., NOUBEL G., DEBUS N., PELLICER-RUBIO M.-T. 390

Utilisation de l'effet mâle en remplacement de l'eCG dans le traitement d'induction et de synchronisation des chaleurs et des ovulations chez la brebis Mérinos d'Arles
BESCHE G., TESNIERE A., GUYONNEAU J-D., KRISZT T., MENASSOL J-B., DEBUS N. 391

Perception des freins au développement du vêlage précoce : regard croisé d'éleveurs et techniciens des deux filières bovines
DOMINIQUE S., PILARD M., DIMON P., BIDAN F. 392

Quelle utilisation de la Notation d'Etat Corporel (NEC) par les éleveurs pour piloter la reproduction des vaches laitières ?
MANOLI, C., LAMARRE, M., PETIT T., MARTIN, O., FRERET, S., FAGON J. 393

Santé

Dans la tête d'un vétérinaire en visite de bilan sanitaire d'élevage dans un élevage bovin laitier biologique
GAUTIER J., DUVAL J., GIRARD N., GOUTTENOIRE L., GUATTEO R., GUILLOT M., JOHANY F., LOIZON A., MASSON C., PROST L., BAREILLE N., BONNET-BEAUGRAND F. 397

Cryptosporidiose chez les jeunes veaux en France : aspects scientifiques et pratiques du risque sanitaire
COSTA D., RAZAKANDRAINIBE R., PEZIER T., VILLIER V., LACROIX-LAMANDE S., BARBEY S., DENIZOT V., DOZIAS D., LAURENT F., FAVENNEC L. 403

Détecter les troubles respiratoires des jeunes bovins automatiquement et précocement à l'aide de capteurs multiparamètres
GUIADEUR M., ALLAIN C., ASSIE S., BERTRON JJ., CONCORDET D., MERLE LA., MOUNAIX B., PHILIBERT A., CHASSAN M. 407

Traitement sélectif au tarissement chez la vache laitière : des besoins des éleveurs à la conception d'une démarche d'accompagnement
LOLLIVIER V., LEVALLOIS P., DUNOYER M.A., URLANDE C., TOCZE C., BAREILLE N. 411

Plantes toxiques chez les bovins dans la région de Tizi-Ouzou (Algérie)
DORBANE Z., SAIDJ D., MOUHOUS A., ZIRMI-ZEMBRI N., AIT ADDA M., BEKHTI T., KADI S.A. 415

Contamination par la zéaralénone de l'ensilage de maïs en France et ses implications potentielles sur la santé ruminale et l'induction de l'inflammation
ARTAVIA I., HARTINGER T., FAAS J., MUELLER A., ROUXEL L., ZEBELI Q. 416

Ingestion de sol par des poulains et des génisses en pâturage mixte ou monospécifique
COLLAS C., BRIOT L., FLEURANCE G., DOZIAS D., LAUNAY F., FEIDT C., JURJANZ S. 417

Identification de facteurs pouvant sécuriser la pratique d'un tarissement sans antibiotique des vaches laitières à partir de l'analyse d'une base de données bretonne issue du contrôle de performance.
POUCHARD L., SAILLARD Y., JATTIOT M. 418

Prévalence et facteurs de risque des mammites subcliniques des vaches laitières dans la région de Chlef, Algérie
BEKARA M.E.A., DJEBBAR A., SEBAIHIA M. 419

Evaluation terrain des modèles multiparamétriques prédictifs de l'ARSA chez la vache laitière
COPPA M., VILLOT C., MARTIN C., SILBERBERG M. 420

Itinéraires de soins de troupeaux laitiers du Grand Ouest : quelles articulations entre organisation du collectif de travail et pratiques de gestion intégrée de la santé animale ?
GOTTI V.; MANOLI C.; DEDIEU B. 421

Quels liens font les éleveurs entre la santé animale et les prairies ?
DI BLASI A., MICHAUD A., PLANTUREUX S., PETIT, T., COUVREUR, S., MANOLI C. 422

La dermatite digitale chez les jeunes bovins à l'engraissement

DUVAUCHELLE WACHE A., PETITPREZ M., DOD IOAN E., POLLENNE M., DELACROIX M., GUIBIER C. 423

Utilisation d'huile essentielle de lavande vraie en début d'engraissement des jeunes bovins : quel impact sur le comportement, la fréquence et la gravité des troubles respiratoires ?

VANBERGUE E., GUIADEUR M., MOUNAIX B., MASSELIN-SILVIN S., NOPPE J., JOUET L., MERLE L.A., GUEDON S., ASSIE S. 424

Qualité des produits

La qualité des aliments d'origine animale : enseignements d'une expertise scientifique collective

PRACHE S., ADAMIEC C., ASTRUC T., BAEZA E., BOUILLOT P.E., CLINQUART A., FEIDT C., FOURAT E., GAUTRON J., GIRARD A., GUILLIER L., KESSE-GUYOT E., LEBRET B., LEFEVRE F., LE PERCHEC S., MARTIN B., MIRADE P.S., PIERRE F., RAULET M., REMOND D., SANS P., SOUCHON I., DONNARS C., SANTE-LHOUTELLIER V. 427

Evaluation des attentes de groupe multi-acteurs sur la qualité et l'authentification du lait et produits laitiers

ALBERT F., BEDOIN F., COUZY C., MARTIN B., LAITHIER C. 439

Des éleveurs de races bovines locales s'emparent des questions des qualités intrinsèques et extrinsèques de leur viande en collaboration avec des chercheurs

FARRUGGIA A., COUVREUR S., NORMAND J., CHAABOUNI R., ELLIES-OURY MP., SIGNORET F., DROUET M., DENOYELLE C., GRAULET B., RIGA P., PAPILLON S., POUSIN M., BARDOU-VALETTE S., CHADEYRON D., PICARD B., GRUFFAT D., LISTRAT A., MORINIÈRE C., BERGONSO M., BOUTIFARD V., DURAND D. 444

Mise au point d'équations basées sur le Moyen Infra Rouge pour estimer la fromageabilité des laits de vache en France

LAITHIER C., EL JABRI M., WOLF V., GAÜZERE Y., CUVILLIER I., BUCHIN F., ROLET-PECAUD O., BEUVIER E., TROSSAT P., NOTZ E., LECOMTE C., LAURENT C., GELE M., REY-CADILHAC L., GAUDILLIERE N., GROSPERRIN P. 449

Une méthode opérationnelle d'évaluation multicritère des élevages laitiers par l'utilisation de la spectroscopie du lait et de l'outil d'évaluation CAP'2ER®

LEPOIVRE M., MARTIN B., GROLLEMUND P-M., LAURENT C., BOTREAU R., MONSALLIER F., HULIN S., GERBER P., CHASSARD C., COPPA M. 454

Impact de l'intervalle de traite sur la lipolyse spontanée du lait de vache

HURTAUD C., BERNARD L., TAILLEBOSQ D., CEBO C. 459

Gestion des litières paillées en élevage caprin : un levier de maîtrise face au risque STEC en filière lait cru

LE CHENADEC H., MINIER M., MASSELIN-SILVIN S., BOYER C., CHAIX M., DE CREMOUX R., DEGABRIEL P., FORRAY L., LAITHIER C., MORGE S., POMMARET A., PRADIER A., RAYNAUD S., ROUSSEL P., SICURANI L., ULRICH P., YVOREL QUINCARD C. 462

Effet de l'inclusion de peaux de châtaigne dans la ration des agneaux sur la qualité de la viande

MENCI R., NATALELLO A., ALESSANDRO S., MANGANO F., TORRENT A., LUCIANO G., PRIOLO A., NIDERKORN V. 466

Influence du stade de la lactation sur la qualité du lait de bufflonne en France

RECURT M., LELEU S., BONBON H., DESONGINS A., SERMAND R., OSWALD M., ALHAMADA M. 467

Etude physicochimique et sensorielle des kéfirs camelins issus des différents systèmes d'élevages

ARROUM S., SBOUI A., FGUIRI I., AYEB N., HAMMADI M., KHORCHANI H. 468

Propriétés physico-chimiques du yaourt naturel à base du lait de chamelle

OMRANI A., SBOUI A., HAMOUDA M., DBARA M., HAMMADI M., KHORCHANI T. 469

Valorisation du lait de chamelle en Tunisie par la transformation en leben et smen et caractérisation de ces produits

FGUIRI I., AYEB N., ARROUM S., HAMMADI M., DBARA M., KHORCHANI T. 470

Sécurité des aliments

Recherche de l'Aflatoxine M1 dans le lait en poudre commercialisé en Algérie

JEDIDI I., REDOUANE-SALAH S., MESSAÏ A. 473

Mixité dans les systèmes d'élevage, polyculture élevage, exploitation et territoire

Diversité de l'élevage et durabilité du territoire : représentations d'acteurs

BERNOU M., COUVREUR S., FARRUGGIA A., MANOLI C., PETIT T., ROCHE B., MARTEL G. 477

Durabilité des exploitations d'élevage multi-espèces en France et en Europe : bénéfices observés, freins et leviers pour leur déploiement

DUMONT B., BENOIT M., CHAUVAT S., COURNUT S., MARTIN G., MISCHLER P., MAGNE M.-A. 478

La diversité intra-troupeau : un levier de robustesse pour les troupeaux bovins laitiers

BLANC F., CHASSAING C. 488

Croisement bovin laitier trois voies en agriculture biologique : bilan après 7 ans de mise en place sur la station expérimentale de Trévarez

TROU G., BROCARD V., DOMINIQUE S., CLOET E. 493

Evaluation du fonctionnement, des performances et de l'efficience alimentaire de deux systèmes de polyculture-élevage : premiers enseignements de la diversification en systèmes autonomes

PUECH T., STARK F. ... 497

SCOR3®, un outil destiné à (re)concevoir des systèmes de polyculture-élevage mieux intégrés

FLAMENT M., RAMETTE C., PERNEL J., DELABY L. ... 502

Une traque à l'innovation paysanne pour repérer des systèmes d'élevage autonomes en intrants aux Antilles et à La Réunion

FANCHONE A., LE MERLUS E., ALEXANDRE G., MEYNARD J.M., FONTAINE O., CHOISIS J.P. ... 507

Complémentarités entre céréaliers, vignerons et éleveurs dans le Minervois : quels potentiels et quelles conditions de développement ?

MORAINE M., METTAUER R., RYSCHAWY J., GRILLOT M., STARK F ... 511

Elevages en plaines cultivées d'Auvergne-Rhône-Alpes: quels types de relations cultures-élevages ?

RAPEY H., COCHETEL C., HOSTIOU N., HOUDART M. ... 515

Des prairies et couverts diversifiés comme base de l'alimentation d'un système bovin laitier agroécologique adapté au changement climatique

NOVAK S., DIDIOT C., BOURGOIN F., GUYARD R., CHARGELEGUE F., AUDEBERT G., DELAGARDE R. ... 519

Diversité de fonctionnement des systèmes ovins allaitants associés ou non à un élevage bovin allaitant dans le nord du Massif Central

MUGNIER S., COURNUT S., HUSSON C. ... 520

La mixité d'espèces contribue à sécuriser et régulariser l'approvisionnement des filières

COURNUT S., MUGNIER S., HUSSON C. ... 521

Pâturage des intercultures par les ovins et les bovins : état des lieux en France

JOUSSEINS C., TUMOINE E., DUCOURTIEUX C., CYRILLE A. ... 522

Système d'élevage

Robot de traite déplaçable de la station de Trévarez : bilan de 10 années d'utilisation

BROCARD V., CLOET E., GUIOCHEAU S. & LE CŒUR P. ... 525

Autonomie en paille et poids économique des achats de litières dans les élevages en France : analyse rétrospective des données INOSYS Réseaux d'élevage 2001-2020

SEEGERS J., DUPIRE O., DIMON P., BELLET V., BOSSIS N., MORIN E, LE MEUNIER P. ... 529

Evaluation agroécologique multicritère de Marcinelle, un système d'élevage laitier éco-citoyen innovant dans le Massif central

BOUCHON M., LATIMIER D., POMIES D. ... 534

Analyse de la coévolution des pratiques et des performances de troupeaux bovins lai-tiers de race pure en transition vers une conduite en croisement rotatif trois voies

QUÉNON J., INGRAND S., MAGNE M.-A. ... 538

Des escape games sérieux pour enseigner l'élevage de précision à des étudiants de niveaux ingénieurs et BTS-licence

FISCHER A., ALLAIN C., DUMESNY M., LEROUX E., BOUQUEAU A., ETIENNE M.-P., LARGOUËT C., GAILLARD C., BROSSARD L., LE COZLER Y., LEBRETON A.. 542

Caractérisation des courbes de production des chèvres en lactation longue

BIDAN F., DE CREMOUX R., LEGRIS M., BLUET B., CLEMENT V., ARNAL M. ... 543

Caractérisation de la croissance pondérale des chevreaux de race Arbia dans le nord est algérien

BOUMEZAOUET A., MEBIROUK-BOUDECHICHE L., CHAKER-HOUD K., ZEBSA R. ... 544

Consentement à payer des éleveurs de caprins du Bénin pour un système d'élevage amélioré, Afrique de l'Ouest

ZANOU M.A.M., ZANNOU A., DOSSA L.H., ASSOGBA J., AOUDJI A.K.N., HOUINATO M.R.B. ... 545

Caractéristiques socio-économiques et performances de reproduction des exploitations bovines laitières dans la région aride de Biskra, au sud est de l'Algérie

EULMI H., DEGHNOUCHE K., GHERISSI D. ... 546

Elevage du bovin laitier en Kabylie (Algérie) ; quelques éléments de diagnostic

MOUHOUS A., DORBANE Z., DJELLAL F., GUERMAH H., KADI S.A. ... 547

Modes de conduite de l'élevage agropastoral des petits ruminants dans les régions arides du sud méditerranéen

A.LAROUSSI, A. ATOUI, M. ABDENNEBI, S. NAJARI ... 548

Impact du régime hivernal avant vêlage sur les vaches gestantes

FORTIN J., DAVEAU B., BELZ J., JOUANIN E., LETELLIER M., CHARTIER P. ... 549

L'ordre de distribution des fourrages semble affecter l'aptitude fermentaire du lait
CEPPATELLI A., CREMILLEUX M., GOURDON B., MARTIN B., MICHAUD A. 550
Evolution des taux de matière organique des sols dans un système bovins viande autonome conduit en agriculture biologique
DAVEAU B., FORTIN J. 551

Bien-être animal

Le traitement du concept de One Welfare dans la littérature : enseignements d'une analyse bibliométrique
DELANOUE E., RODIEN M.-A., MOUNAIX B., BOIVIN X. 555
Suivi du comportement individuel d'abreuvement et de la hiérarchie sociale chez les vaches laitières à l'aide d'abreuvoirs connectés
NIZZI E., FORIS B., GERARD C., LASSALAS J., HURTAUD C., BOUDON A. 557
Machine Learning appliqué au suivi du comportement pour identifier maladies, états reproductifs et perturbations des vaches laitières
VEISSIER I., LARDY R., MIALON M.M., RUIN Q., ANTOINE V., KOKO J. 562
Adaptation des chevrettes au sevrage (changement d'alimentation et d'environnement) : réponses physiologiques et comportementales
BERTHELOT M., ANDRADE A., MIALON M.M., GAUSSERES B., FOUCRAS G., BOISSY A., MICHEL V., LOLLIVIER V., MERLOT E. 565
Préférences des chèvres vis-à-vis de quatre types de brosses et impact sur leur bien-être
BOTREAU R., MIALON M.M., BERTHELOT M., DESCHREVEL L., MEUNIER B., CAILLAT H. 569
Expérience précoce et prédispositions génétiques : quels impacts sur l'adaptation comportementale et les performances d'agnelles sur parcours ?
MIALON M.M., AIGUEPERSE N., PARISOT S., DURAND C., GUITTARD A., BONNAFE G., DOULS S., TORTEREAU F., BOIVIN X., GINANE C. 573
Analyse automatisée du comportement animal, suivi par des enregistrements vidéo, grâce à l'intelligence artificielle : perspectives en élevage caprin.
PARIAS C., BLUET B., FASSIER T., FRERET S., BAO T., OVIEDO B., BOUCHEROT J., NOWAK R. 577
Mesure automatique et continue de la durée et de la fréquence d'utilisation de quatre modèles de brosse par des chèvres laitières
MEUNIER B., DESCHREVEL L., DELAHAYE Q., BOISSEAU C., BERTHELOT M., MIALON MM., CAILLAT H., BOTREAU R. 578
Développement d'un protocole d'évaluation du bien-être des vaches laitières au pâturage
AUBÉ L., MIALON M-M., VEISSIER I., LAUNAY F., DELABY L., MOLLARET E., MOUNIER L., DE BOYER DES ROCHES A. 579
Bien-être animal : entre socle de base et segmentation pour les entreprises de l'aval des filières
TREDAN M., RAMONET Y., BAUSSON C., LEROUX E. 580
Cohabitation entre grands prédateurs et élevage : le retour du loup, une controverse étudiée en formation
BRIAND D., ZANCHI E., BREBANT E., DANIEL C. 581
Situation de l'élevage camelin dans la région de M'sila : contraintes sanitaires et thérapeutiques
MAMMERI A., BARA Y., BAA A., ATTIR B., SOUAG A., HADJAB S. 582

Équipement et logement

Prendre en compte la morphologie des vaches pour une traite confortable
FAZILLEAU J., GUIOCHEAU S., POULET JL. 585
Évaluation des pratiques de nettoyage des installations de traite bovine en salle (Tunisie)
M'SADAK Y., YOUSFI M., KHALFAOUI R. 586
Étude du pouvoir contaminant d'une installation de traite bovine en salle dans la région de Sousse (Littoral Tunisien)
M'SADAK Y., YOUSFI M., KHALFAOUI R. 587

Élevage et société

L'approche participative au cœur de la révolution agricole du 21eme siècle ?

COUZY C. (1), MENET A. (2), VON MUNCHHAUSEN S. (3)
(1) Institut de l'Elevage, Service Approches Sociales et Travail en Elevage, 23 rue Jean Baldassini, 69007 Lyon, France
(2) Institut de l'Elevage, Service Approches Sociales et Travail en Elevage, 149 rue de Bercy, 75012 Paris, France
(3) HNEE, Eberswalde University for Sustainable Development, Schicklerstr. 5, 16225 Eberswalde, Germany

RESUME - Les enjeux auxquels fait face l'agriculture sont complexes et multifactoriels. Ils touchent l'environnement, l'économie, le social et la technique entre autres. Cette complexité pousse à développer un travail transversal et collectif. L'approche participative est au cœur des projets multi acteurs d'innovation, encouragés et financés par l'Europe. Cette approche crée un espace de travail permettant à chaque membre d'un groupe de s'exprimer, de participer, de s'impliquer pleinement dans la bienveillance et la confiance en se sentant écouté. Ainsi les compétences de chacun sont valorisées, les participants s'enrichissent les uns les autres et peuvent agir en synergie et co-créer. Cela facilite l'implication des utilisateurs finaux dans le processus. Présente ponctuellement dans l'accompagnement du développement agricole depuis des décennies, l'utilisation de cette approche se développe. Son utilisation est à la fois une continuité et une rupture, qui crée possiblement des tensions à l'échelle individuelle (capacité à être influencé, à sortir de sa zone de confort, à faire confiance au processus…), collective (stratégie de coopétition…) voire sociologique (changement de position sociale). Il existe des conditions d'utilisation (temps, adaptation au public…) à respecter afin de profiter des bénéfices de l'approche participative. L'animateur joue un rôle clé et doit posséder entre autres des compétences humaines lui permettant de s'adapter aux participants et ainsi de les impliquer au mieux. L'approche participative se développe mais des questions restent à régler et un équilibre à trouver.

Participatory methods at the heart of the 21st century agricultural revolution?

COUZY C. (1), MENET A. (2), VON MUNCHHAUSEN S. (3)
(1) Institut de l'Elevage, Service Approches Sociales et Travail en Elevage, 23 rue Jean Baldassini, 69007 Lyon, France

SUMMARY - The challenges facing agriculture are complex and multifactorial. They are linked to the environment, the economy, the social and technical aspects, among others. This complexity leads to the development of a transversal and collective work. The participatory approach is at the heart of multi-actor innovation projects, encouraged and financed by Europe. This approach creates a workspace that allows each member of a group to express themselves, to participate, to be fully involved in a spirit of trust, and to feel heard. Thus, the skills of each person are valued, the participants enrich each other and can act in synergy and co-create. This facilitates the involvement of the end-users in the process. This approach, which has been used occasionally in agricultural development for decades, is growing in popularity. Its use is both a continuity and a rupture, which may create tensions at the individual level (capacity to be influenced, to leave one's comfort zone, to trust the process...), collective level (strategy of coopetition...) or even sociological level (change of social position). There are conditions of use (time, adaptation to the audience...) that must be respected to take advantage of the benefits of the participatory approach. The facilitator plays a key role and must have, among other things, human skills that allow him/her to adapt to the participants and thus involve them in the best possible way. The participatory approach is developing but there are still questions to be answered and a balance to be found.

INTRODUCTION

Après la seconde guerre mondiale, la société a demandé à l'agriculture de se moderniser et de produire plus. Le système socio technique d'une part, c'est-à-dire la recherche, le développement, les structures économiques… et nombre d'agriculteurs d'autre part, se sont mobilisés pour aller dans cette direction. En caricaturant, on pourrait dire que, canalisés vers cet objectif technique, pendant des décennies, les éleveurs ont posé des questions simples auxquelles les structures de développement répondaient par des prescriptions simples. A l'interrogation : comment augmenter le revenu de mon élevage laitier ? le conseiller de gestion répondait par la fiscalité, l'inséminateur par le nombre de vêlages, le contrôleur laitier par la productivité à l'animal, l'agronome par l'autonomie fourragère ou protéique, et le conseiller de la coopérative par de nouveaux équipements. L'éleveur s'accommodait (plus ou moins) de cette diversité d'avis, et gérait seul la complexité. La complexité est ici comprise au sens que lui donne Edgar Morin « *quand je parle de complexité, je me réfère au sens latin élémentaire du mot "complexus", "ce qui est tissé ensemble". Les constituants sont différents, mais il faut voir comme dans une tapisserie la figure d'ensemble* » (Morin 2005). En effet, l'introduction d'un élément nouveau a des conséquences sur de nombreuses parties de l'exploitation. Dans notre exemple, si l'éleveur choisit d'augmenter le nombre de vaches laitières pour accroitre sa production et espérer augmenter son revenu in fine, cela a des conséquences sur son bâtiment (espace disponible ou non…), sur ses stocks fourragers, ses concentrés... Ce n'est pas un scoop, dans une exploitation tout (ou presque) est lié. L'éleveur, artisan tapissier (pour « filer » la métaphore du sociologue), a besoin de bien connaitre toutes les dimensions de son exploitation pour continuer à tisser droit, sans faire trop de trous. L'éleveur porte la cohérence d'ensemble, c'est essentiel pour le bon fonctionnement de sa ferme. Comme on l'a déjà dit, il a été très peu accompagné pour cela et sa tâche s'est avérée de plus en plus rude. Ainsi, au fil des années, les structures d'élevage ont grossi et sont devenues de plus en plus complexes. Les dimensions autres que celles directement liées aux rendements techniques jusqu'alors peu prises en compte, sont apparues comme limitantes (travail), voire perturbantes pour les éleveurs (sens du métier…) ainsi que pour les écosystèmes naturels proches des élevages (pollution de l'eau, de l'air, perte de diversité biologique, érosion des sols…). Comme le soulignaient Cerf *et*

al. en 2020 « *le premier [enjeu de l'innovation] est de traiter de la complexité croissante de l'agriculture. Cela renforce par exemple le besoin de réflexions systémiques* » (Cerf *et al.* 2020).A plus grande échelle, la dérégulation des marchés et la mondialisation de l'économie nous font vivre dans un monde VICA (volatile, incertain, complexe et ambigu) dans lequel le réchauffement climatique impacte nombre de productions. En France, au sein de la société, les controverses font rage. La place et même le statut de l'animal ainsi que les modèles de l'agriculture de demain sont en plein questionnement. Bref, il n'y a plus ni question, ni réponse simple.

Alors, comment intégrer cette complexité ? Comment tenir compte des écosystèmes proches et lointains, humains et non humains, de façon viable et durable ? Et aussi comment penser, agir ? Relier la recherche au terrain, promouvoir une innovation interactive sont deux réponses que propose l'Europe pour relever ces défis via les projets multi-acteurs du Partenariat européen d'innovation pour la productivité et la durabilité de l'agriculture (PEI-Agri). Nous préciserons tout d'abord, dans cet article, ce qui caractérise l'approche multi-acteur et l'innovation interactive du point de vue de l'Europe. Nous nous centrerons ensuite sur l'approche participative qui outille ces projets et en sont la pierre angulaire. Bien que d'origines et de natures très diverses, nous tenterons d'identifier leurs grands principes et leurs conditions d'utilisation. Dans une troisième partie, nous examinerons si l'utilisation de cette approche préexistait au PEI et si oui, dans quels cadres elle a déjà été utilisée. Dans une dernière partie, nous identifierons les tensions qui peuvent limiter l'utilisation de cette approche. Pour enfin, mettre en perspective son usage au regard des éventuelles précautions d'utilisation possibles.

1. L'APPROCHE MULTI-ACTEURS ET SON INTERET POUR FACILITER L'INNOVATION INTERACTIVE

1.1 UN CADRE PROPOSÉ PAR L'UNION EUROPÉENNE

L'Union Européenne a compris l'intérêt des approches multi-acteurs pour faciliter l'innovation. Elle développe depuis quelques années cette approche dans les projets de recherche et considère notamment dans le cadre du programme PEI-agri, que l'innovation résulte d'un processus interactif regroupant divers acteurs (EIP-Agri 2017).

Le terme "Projet Multi-Acteurs" utilisé dans cet article fait référence à une norme que la Commission européenne (CE) applique à certains de ses projets innovants financés dans les domaines de l'agriculture, de la sylviculture et du développement rural. Cette approche est la base des projets du PEI-Agri, dans lesquels les utilisateurs finaux des innovations tels que les agriculteurs et les groupes d'agriculteurs, les conseillers, les entreprises, etc. coopèrent étroitement sur toute la durée du processus d'innovation, depuis la naissance de l'idée jusqu'à la production de la solution innovante élaborée en commun. Ainsi, les financeurs (ici l'Europe) attendent des bénéficiaires qu'ils appliquent cette approche coopérative et participative pendant toute la durée du projet. En outre, l'objectif est que le projet multi-acteurs se concentre sur des problématiques concrètes des agriculteurs. Cette approche implique que "les partenaires ayant des connaissances complémentaires (scientifiques, pratiques et autres) doivent unir leurs forces dans les actions du projet du début à la fin" (EIP-Agri 2017).

Officiellement, le terme "projet multi-acteurs" s'applique aux projets qui font partie du PEI-Agri et plus précisément, aux programmes cadres de recherche et d'innovation de la CE, Horizon 2020 (2013-2020) et Horizon Europe (2021-2027). Différents types de projets sont financés dans ce cadre allant de projets de recherche tels que les actions d'innovation centrées sur la gestion, l'adaptation aux conditions locales, la diffusion et l'appropriation à des projets locaux en lien avec le terrain via le Programme de Développement Rural et les Groupes Opérationnels (GO PEI) développant des solutions concrètes en collaboration.

D'autres programmes de financement tels que LIFE, Interreg, LEADER/CLLD ou des mesures financées par le FEADER pour soutenir les groupes de producteurs appliquent une approche similaire mais n'utilisent pas nécessairement le terme "multi-acteurs".

Ce terme n'a pas été utilisé de manière totalement cohérente depuis son introduction en 2012/13. Les nombreux échanges et la mise en œuvre progressive ont conduit à une évolution de sa compréhension et de son interprétation dans les documents de la CE et des États membres. La définition utilisée dans cet article se base sur deux éléments principaux :

(a) L'exigence pour les projets multi-acteurs de construire des actions impliquant des "*partenaires possédant des types de connaissances complémentaires, scientifiques, pratiques et autres*", en particulier des utilisateurs finaux des résultats en lien avec l'approche multi-acteurs ;

(b) L'exigence d'assurer l'engagement conjoint de ces divers acteurs dans toutes les phases du processus d'innovation, "*depuis la participation à la planification du projet et des expériences, jusqu'à la mise en œuvre, la diffusion des résultats et une éventuelle phase de démonstration*" en lien avec l'innovation interactive.

1.2 L'INNOVATION INTERACTIVE DANS LE CADRE DE L'EUROPE

Le programme PEI-Agri développe l'innovation interactive et la définit comme « *la collaboration entre différents acteurs afin d'utiliser au mieux des types de connaissances complémentaires (scientifiques, pratiques, organisationnelles etc.) en vue de la co-création et de la diffusion de solutions/opportunités prêtes à être à mettre en œuvre dans la pratique* » (EIP-Agri 2017).

L'approche de l'innovation interactive réunit une grande diversité d'acteurs publics et privés de l'innovation (agriculteurs, conseillers, chercheurs, entreprises, ONG, etc.) disposant de connaissances et d'expériences complémentaires pour évaluer, rassembler, co-créer et diffuser des solutions pratiques aux besoins réels des agriculteurs et des forestiers. Ces besoins sont déterminés par les opportunités réelles et les défis quotidiens auxquels sont confrontés les agriculteurs. Les innovations issues de l'innovation interactive sont ainsi plus adaptées au contexte et plus simple à mettre en œuvre (Aldis *et al.* 2022).

L'innovation interactive est complexe à atteindre en tant que groupe et à mesurer en tant que financeur. Seules quelques mesures quantitatives sont applicables et elles ne seront probablement mesurables qu'à la fin du projet, comme le nombre de publications spécifiques au public cible (presse agricole, journées de démonstration, etc.), ou le nombre d'acteurs de terrain impliqués dans des publications scientifiques. Un autre indicateur peut être la pérennité du groupe, par exemple en devenant un réseau stable ou en travaillant sur un projet faisant suite au premier. Il existe également des mesures qualitatives de l'innovation interactive, mais elles doivent être affinées et, surtout, adaptées à la structure du consortium concerné (Macken-Welsh *et al.* 2022). La CE soutient ce type d'innovation en développant les projets multi-acteurs.

1.3 LES CARACTÉRISTIQUES DES PROJETS MULTI-ACTEURS

La définition d'un cadre clair et d'un financement dédié a permis le développement plus large des projets multi-acteurs. Cela incite à réfléchir la construction du partenariat et les moyens de travailler ensemble dont l'utilisation de l'approche participative. Dans le cadre de l'appel à projet, le fait d'être qualifié de multi-acteurs peut être défini par un certain nombre de partenaires et de types de structures. Par exemple, le consortium doit avoir au moins trois partenaires et parmi ceux-

ci, inclure au moins une exploitation agricole et un institut de recherche. Une telle exigence quantitative est simple à évaluer au cours du processus de candidature d'un projet. Cependant, elle pourrait exclure les groupes qui sont réellement multi-acteurs mais qui ne remplissent pas cette exigence formelle. En effet, pour être conformes à l'approche multi-acteurs, les projets ne doivent pas être littéralement "multi-acteurs". Ils ne doivent pas uniquement combiner les actions de plusieurs types d'acteurs, mais doivent plutôt garantir l'implication de connaissances et de compétences complémentaires. Ainsi, un projet qui ne regroupe que peu de structures (par exemple de recherche appliquée ou de conseil) peut en principe être considéré comme un projet multi-acteurs, à condition que les personnes impliquées apportent des connaissances et de compétences complémentaires (expériences professionnelles antérieures, champ disciplinaire du participant impliqué dans le travail, …). Un projet multi-acteurs peut ainsi impliquer différentes personnes au sein d'un même organisme : un sociologue pour réaliser des enquêtes qualitatives sur les freins et les motivations au changement et un chercheur ou un ingénieur spécialisé sur un sujet technique pour créer un protocole d'expérimentation et suivre les essais par exemple. Cela peut également permettre de rassembler des acteurs familiers avec différentes filières comme les bovins lait et les bovins viande par exemple. Cependant, il est important de ne pas se limiter aux acteurs de son réseau pour constituer un consortium équilibré. La dominance de certains acteurs dans les projets H2020 et le poids du réseau existant dans le choix des partenaires a été souligné comme un risque dans le bon fonctionnement de ces projets. Le fait d'encourager le multi-acteurs peut limiter ce risque (Cronin *et al*. 2022).

Toutefois, la CE insiste sur la nécessité d'impliquer les utilisateurs finaux dans le processus d'innovation. "*Les acteurs clés pertinents pour participer sont en particulier les utilisateurs des résultats du projet, tels que les agriculteurs/groupes d'agriculteurs, les conseillers, les entreprises, les associations de consommateurs, les communautés locales, les citoyens, etc*." (CE 2020). L'engagement de ces acteurs est justifié par le fait qu'ils fournissent des connaissances moins formelles et plus locales/contextuelles et qu'ils peuvent garantir que les résultats répondent effectivement à leurs besoins. Cela permet de "créer une copropriété des résultats. L'implication des utilisateurs comme des contributeurs actifs permet d'aider à "*mettre en œuvre les résultats et à communiquer largement dès le début du projet*" (EIP-AGRI 2017). L'analyse de cinquante projets H2020 a souligné cet aspect comme essentiel. Cela permet à la fois de collecter les besoins et d'assurer la dissémination (Cronin *et al.* 2022). Certains projets multi-acteurs ont construit leur plan d'action en entremêlant des réunions participatives avec les utilisateurs finaux et les actions de productions. Cela permet d'avoir un échange et de prendre en compte les retours des utilisateurs tout au long du processus d'innovation. Le projet multi-acteurs SPARKLE a impliqué les utilisateurs finaux tout au long du projet lors de focus groups. Cela a permis de recueillir leurs besoins, d'identifier leurs freins et motivations face à l'agriculture de précision, d'avoir des retours et de stimuler leur intérêt vis-à-vis des productions (Proietti 2022). Le projet CoCoRiCo, financé par le CASDAR (2020-2024) et piloté par l'ITAVI, réfléchit à la conception des bâtiments de demain d'élevage de poulets de chair en système « standard » en impliquant activement différents acteurs de la société. Pour garantir cette implication et la prise en compte des différents points de vue, le projet est organisé autour d'un processus méthodologique de codesign : tout au long du projet, un groupe constitué de professionnels de la filière, de représentants de la société civile et de chercheurs se réunit régulièrement pour proposer des solutions ou innovations à explorer dans le cadre des actions de recherche du projet et mettent en discussion les résultats de ces travaux pour les réorienter si besoin. Durant toute la durée du projet multi-acteurs, une coordination efficace représente une force motrice essentielle. Le ou les coordinateur(s) d'un projet multi-acteurs doivent posséder diverses compétences et savoir-êtres. Cela regroupe des compétences techniques et humaines, ainsi qu'une capacité à guider les partenaires, à s'engager auprès de différents publics et à communiquer avec eux. Cela se recoupe avec les compétences d'un animateur d'approche participative détaillées dans la partie 2.2. De plus, les projets multi-acteurs n'existent pas de manière isolée uniquement dans un temps défini par le financement. Ils sont enrichis et façonnés par ce qui vient avant, pendant et après, ainsi que par ce qui se passe autour d'eux. Une innovation efficace est enrichie par le partage des connaissances dans le cadre d'un dialogue continu avec un ensemble plus large d'acteurs externes au projet et cela tout au long du projet. Le partage de connaissances et d'expertise au-delà d'un projet est essentiel pour qu'une innovation soit largement adoptée. Pour cela, les acteurs doivent prendre le temps d'identifier qui ils veulent impliquer ou consulter, quand et comment. Une telle réflexion critique et la planification sont effectuées périodiquement et ajustées au fur et à mesure de l'avancée du projet. Le Réseau Thématique DISARM a ainsi créé et animé une communauté formée de différents acteurs (vétérinaires, éleveurs, conseillers…). L'objectif était de regrouper divers acteurs intéressés par la thématique de l'utilisation prudente des antibiotiques en élevage afin d'échanger sur les bonnes pratiques, d'enrichir les productions et de faciliter la communication à l'extérieur du projet. Ainsi, la construction d'un partenariat multi-acteurs est une étape clé et pouvant évoluer au cours du temps. Le réseautage est une aide précieuse. Un projet multi-acteurs n'est pas uniquement un regroupement d'individus. Il ne suffit pas de rassembler des acteurs pour échanger et innover. Un tel projet se définit également par les liens internes et externes et une méthode de travail impliquant chacun et permettant de valoriser la complémentarité des compétences. Cela passe par l'utilisation d'une approche participative afin de faciliter l'implication et l'interactivité.

2. L'APPROCHE PARTICIPATIVE : QU'EST-CE QUE C'EST ?

Cette partie développera dans un premiers temps les principes sur lesquels reposent l'approche participative et l'importance du rôle de l'animateur. L'utilisation des outils illustrée avec des exemples sera abordée dans la partie 2.3.

2.1 LES GRANDS PRINCIPES DE L'APPROCHE PARTICIPATIVE

L'approche participative est utilisée dans le monde agricole depuis les années 1980 (Chambers 1983 ; Neef et Neubert, 2011) dans des contextes variés, pour diverses filières et différents objectifs. Il existe plusieurs approches présentant des similitudes mais utilisant différentes terminologies selon les objectifs sous-jacents comme la recherche participative ou bien l'évaluation rurale participative (Beazley and Ennew 2006). Chambers (Chambers 1994) définit cette dernière comme une approche permettant aux populations locales de partager, d'améliorer et d'analyser leur connaissance de la vie et des conditions, de planifier et d'agir. Fals-Borda et Rahman définissent la recherche participative comme un outil d'action politique et d'empouvoirement (Fals-Borda et Rahman 1991). C'est-à-dire que cela inclut les acteurs de terrain, les utilisateurs dans le processus de décision en les rendant acteurs et non plus simples receveurs des solutions et innovations. D'autres présentent l'approche participative comme un outil concret permettant d'impliquer les agriculteurs dans les processus d'innovation (Selener 1997). Cette approche peut être définie à la fois comme un moyen permettant d'atteindre un objectif de production, d'innovation concrète et comme une fin en soi en permettant aux acteurs d'être à l'aise pour participer ensuite (Rocheleau et Slocum 1995). L'approche participative est un processus où les acteurs sont impliqués et partagent le contrôle des décisions et ressources qui les concernent (Wolrd Bank 1994).

C'est une approche dans laquelle l'innovation est co-construite grâce aux échanges entre divers acteurs (éleveurs, conseillers, chercheurs…) pour répondre à un objectif concret (EU SCAR 2015). Elle permet d'offrir un espace d'expression et de production collective dans un cadre structuré et facilité. Le PEI-Agri les met en avant comme la clé de l'innovation et du travail en collectif. Elles peuvent aider des groupes multi-acteurs à produire et innover ensemble. (EIP-Agri 2015).
Des principes généraux se dégagent des différents travaux sur cette approche (Home et Moschitz, 2014 ; EIP-Agri, 2015)
L'un des objectifs est la **participation de chacun des participants**. L'utilisation d'une telle approche participe à la construction d'une bonne atmosphère de travail c'est-à-dire un espace où chacun se sent libre et à l'aise pour s'exprimer et partager. Les mots clés sont bienveillance et confiance. Une animation participative aide à mettre en place et maintenir cette base. L'approche participative est suffisamment flexible et adaptable pour que chaque acteur se sente impliqué et en confiance (Mayoux 2001).
En facilitant la participation et l'expression de chacun, **l'implication des participants est renforcée**. Le but premier de l'approche participative n'est pas de créer la motivation mais de l'entretenir, de la faire grandir. Si les participants n'ont pas envie d'être présents, de participer et ne voient pas de bénéfices pour eux, cela ne pourra être résolu uniquement par l'emploi de l'approche participative. Pour que cela fonctionne, il est nécessaire que chaque participant soit, en amont, motivé et conscient des bénéfices (pour lui et pour le projet). En participant, les acteurs doivent se sentir écoutés et conscients de prendre part au processus. Cela renforce leur motivation et leur intérêt et joue ainsi sur leur implication actuelle et à venir. Cette collaboration facilite l'appropriation des productions par chacun (EU SCAR 2015).
Un autre objectif de l'approche participative est de favoriser **l'interaction entre les participants** au sein du projet et avec des acteurs externes. Cela rejoint la définition large de « projet multi-acteurs » faite par la CE (cf partie 1). En récoltant les différents points de vue et en favorisant l'échange, les participants vont **s'enrichir les uns les autres** en apprenant de chacun. En Europe, l'approche participative s'est développée petit à petit parallèlement au soutien de la production de savoirs transdisciplinaire. (Sumane 2017). L'idée clé est que chacun apporte des compétences complémentaires ce qui permet une innovation plus riche que si chacun avait travaillé seul (Hoffmann *et al.* 2007).
Enfin cette approche est au cœur de la **co-construction**. Elle appuie le travail collectif en y ajoutant l'émulation et la capacité à produire de nouvelles idées en se stimulant collectivement. En facilitant la participation de divers acteurs, elle permet également de produire des résultats en tenant compte des besoins du terrain et en travaillant avec les utilisateurs finaux. Merrill-Sands et Collion définissent la participation des utilisateurs dans le processus comme la clé d'une innovation pertinente en permettant de les impliquer dans le processus de décision (Merrill-Sands et Collion 1994). Afin d'arriver à cela, le socle de l'approche participative repose sur un cadre de travail clair et sécurisant, une méthode adaptée aux objectifs et aux participants et une bonne complémentarité des participants (compétences, contextes…) (Couzy *et al*. 2022). L'utilisation de différents outils permet ensuite de varier les phases : de la découverte des autres à la production, en passant par la créativité (*cf* 2.3).

2.2 LE RÔLE DE L'ANIMATEUR – CLÉ DE LA RÉUSSITE

L'animateur joue un rôle essentiel dans l'approche participative car il accompagne le groupe en lui donnant un cadre, en s'adaptant à chacun et en guidant le processus grâce à l'utilisation d'outils participatifs.
Dans un contexte d'animation participative, une des caractéristiques clés de l'animateur est ses **compétences humaines** comme l'empathie, l'ouverture, la curiosité, des compétences de communication et pour arbitrer des conflits (Home et Moschitz 2014). Elles lui permettront entre autres de mieux cerner les participants et de réagir face aux différentes personnalités. Il pourra rester disponible pour aider à dépasser toute difficulté relationnelle entre acteurs.

Il est également important que l'animateur incarne ces méthodes de travail. Cela inclut la confiance dans le processus d'innovation interactive, l'ouverture et l'accueil de points de vue différents, l'encouragement d'une communication transparente et inclusive, le traitement efficace et positif des désaccords lorsqu'ils surviennent et le plaisir de se réunir. Une posture neutre est un aspect important pour l'animateur car elle permet de prendre du recul par rapport au contenu, de laisser la parole aux participants, de se concentrer sur la méthode et d'en être ainsi le garant. Le coordinateur du projet ou un membre du groupe peut jouer ce rôle d'animateur. Mais il est parfois utile de faire appel à un animateur externe. Lors d'un séminaire du projet LIAISON, une séquence de travail a été animée par une animatrice externe au projet. L'objectif était d'identifier les questions et enjeux de chacun et de détailler un fonctionnement collectif. Cela ne fonctionne pas totalement si l'animateur est un membre du groupe car il ne pourra s'exprimer pleinement sans interférer avec la posture neutre d'animateur. L'animation externe a ainsi permis à tous les partenaires de participer pleinement. Le regard extérieur et neutre a aidé à prendre du recul, à envisager les questions sous un angle nouveau et à adapter le fonctionnement collectif.
Une compréhension large du contexte et un bon réseau sont utiles pour l'animateur. Ainsi les acteurs charnières tels que les conseillers à la fois en lien avec le terrain et les experts peuvent faire de bons animateurs de ce point de vue (EU SCAR 2015). De plus, l'animateur doit être à la fois **directif** afin d'atteindre l'objectif et **souple** en s'adaptant aux participants et à leurs besoins. Il doit également être en permanence conscient de la dynamique du groupe, des potentielles tensions et des postures de chacun. **L'adaptation** est indispensable afin de pouvoir réagir aux différentes situations et animer au mieux le processus de manière participative (Home et Moschitz 2014).

L'un des rôles de l'animateur est de proposer et de faire valider par les participants un **cadre d'échange clair et sécurisant**. Cela peut par exemple se traduire par :
- "Vous n'êtes obligé à rien... mais nous partageons la responsabilité de la réussite de cette réunion". Cette règle met les participants à l'aise dans un premier temps. Elle les aide également à prendre conscience qu'ils ont un rôle à jouer dans la réussite de la réunion. Cela peut être particulièrement utile pour les réunions dont l'objectif est de créer des choses ensemble. L'animateur souligne le fait que les participants sont nécessaires.
- "Bienveillance pour soi et pour les autres... pas de jugement de valeur". Cette règle peut être développée, surtout si les participants doivent donner un retour sur le travail des autres (Couzy *et al*. 2022). L'animateur doit garder en tête d'accorder suffisamment de temps pour apprendre à se connaître, à se comprendre, à travailler ensemble et d'avoir le plus de flexibilité possible dans le déroulement du projet pour intégrer les imprévus et les nouveaux éléments issus de la co-création.

Il est souvent nécessaire de se **former** à l'animation participative. Il existe différents outils pour aider le coordinateur dans son rôle. Le projet Euraknos a développé un "guide de l'explorateur" (EURAKNOS 2020) qui aide à la création, la mise en place et l'animation d'une approche multi-acteurs dans des projets de type réseaux thématiques. Il détaille la place de l'approche multi-acteur dans de tels projets et identifie les bonnes pratiques pour impliquer les acteurs et faciliter les échanges de connaissance. La clé de la réussite est ensuite de pratiquer et de tester par soi-même afin de s'imprégner des principes de base. Le temps de préparation n'est pas à négliger. Il varie selon l'expérience de l'animateur, sa connaissance du contexte et des participants, son habitude d'utilisation des outils… L'animateur est donc une des clés du succès d'un projet multi-acteurs s'il a de l'expérience, une

ouverture et une capacité à être transdisciplinaire et s'il a les compétences humaines (Cronin *et al.* 2022).

2.3 DES OUTILS PARTICIPATIFS POUR CHAQUE ÉTAPE DE LA VIE D'UN GROUPE MULTI-ACTEURS INNOVANT

L'innovation interactive se compose de différentes étapes.

Les étapes initiales sont cruciales pour la bonne mise en place du travail en collectif d'autant plus dans des projets multi-acteurs. Au début d'une coopération multi-acteurs, le groupe consacrera du temps et des ressources à la clarification de l'idée et à la validation du fonctionnement de travail en collectif. Cette étape initiale soulève, au sein du groupe, des questions qui peuvent aider à affiner l'idée et à mieux identifier ses résultats ou les étapes nécessaires à mettre en place. À ce stade, il est également possible de déterminer qui d'autre est déjà intéressé par ce sujet, actif dans ce domaine et s'il est possible de se joindre à un groupe existant. L'outil *« Quoi, Qui, Pourquoi, Où, Quand & Comment »* peut être utilisé pour définir ensemble les actions et les acteurs. Une force de cet outil est qu'il permet également de comprendre pourquoi les acteurs veulent s'impliquer dans le projet (Couzy et al. 2022).

Le démarrage de toute activité de co-innovation requiert de la motivation et un degré partagé de curiosité, de désir de coopérer et/ou de volonté d'apporter un changement ou une amélioration à la filière. Le fait de se rassembler autour d'objectifs communs permet à chacun de se mettre d'accord sur la meilleure façon de procéder. Par exemple, le réseau support de l'innovation RISS en Angleterre appuie la création de tels partenariats afin qu'ils se développent en consortium de projet multi-acteurs solides (Dooley *et al.* 2022). Ces projets se construisent parfois à partir de réseaux existants. Dans le projet Hesse, le service support à l'innovation a appuyé la création du groupe et recommandé de nouveaux partenaires. (Markov *et al.* 2022). Ces nouveaux partenaires apportent de nouvelles connaissances et compétences provenant de sources diverses et contribuent à la mise en forme de l'idée. Dans le projet Interreg Food Heroes, un des groupes de travail a permis de réunir des agriculteurs et des designers. Ces derniers ont apporté des compétences particulières et complémentaires à celles des agriculteurs afin de regarder la question de la gestion des déchets alimentaires d'une autre façon (Cronin 2022). L'implication d'un nouveau partenaire est une étape délicate qui peut ensuite impacter la dynamique du groupe tout au long du projet. Il est important de prendre du temps pour inclure les partenaires et apprendre à les connaitre dès le début. L'approche participative facilite cet aspect. L'utilisation d'outils de type *brise-glace* permet de créer un premier lien. Lors du séminaire de lancement de LIAISON, un *bingo* a été fait dès le début. Les participants devaient trouver des participants leurs permettant de cocher les cases telles que « a déjà participé à un projet européen ». Cela a permis un premier niveau de connaissance entre des partenaires qui se connaissaient déjà ou non. L'impact de l'innovation interactive dépend entre autres des étapes de communication et d'appropriation. Cela requiert du temps tout au long du projet mais aussi des ressources particulières. Cette phase ne doit pas être oubliée et se prépare dès le début du processus. Elle présente des besoins spécifiques car les acteurs devront diffuser et faciliter l'appropriation de l'innovation produite. Cela nécessite une implication claire et organisée des acteurs pertinents ayant les compétences appropriées et un réseau pour communiquer auprès des utilisateurs finaux. Le projet PSVA a identifié et impliqué des « champions », c'est-à-dire des producteurs pionniers afin de montrer les avantages et bénéfices des nouvelles pratiques. Cela a permis d'engager ensuite plus facilement d'autres producteurs (Rivera *et al.* 2022). Chaque étape du processus d'innovation interactive et le bon fonctionnement du groupe multi-acteurs reposent sur une collaboration, une communication transparente et une implication des acteurs. Cela est facilité par l'utilisation d'une approche participative pour animer ces projets. Le PEI-Agri met en avant l'approche participative comme une base pour la construction et le fonctionnement des groupes opérationnels car elle permet de faciliter à la fois la construction du groupe, son lancement et le travail en collectif ensuite. (PEI-Agri 2015). Le projet H2020 LIAISON a identifié (grâce à des échanges au sein du consortium et lors d'ateliers participatifs avec différents acteurs de projets d'innovation interactive multi-acteurs) les challenges rencontrés lors des différentes étapes d'un projet multi-acteur et propose quelques exemples d'outils participatifs pouvant aider à y faire face (cf. Tableau 1).

L'animateur doit être conscient que l'approche participative ne correspond pas uniquement à l'utilisation d'outils. Elle fait partie intégrante du processus d'échange, d'action, d'analyse et de changement (PLA Notes 1998). L'animateur doit incarner et soutenir l'importance de la co-création et de l'approche participative. Avant de débuter, il est important de partager une compréhension commune de cette approche et de ce qu'elle apporte au groupe. La première étape, avant même de choisir l'outil est de réfléchir à la finalité de la réunion multi-acteurs. Une fois l'objectif clair et avec une bonne connaissance des participants (compétences, habitude du participatif, relations…), l'animateur peut choisir l'outil participatif adéquat. Il existe une grande diversité d'outils participatifs. L'approche participative peut également faciliter le travail avec des acteurs qui ont des valeurs différentes. Dans ce cas, l'étape initiale de compréhension de chacun est d'autant plus importante. Dans le groupe opérationnel Tous Paysans, les acteurs avaient des enjeux variés et des valeurs différentes (éleveurs, élus, consommateurs) et devaient co-construire un plan d'action concernant l'alimentation sur leur territoire. Un *jeu de rôle* peut par exemple faciliter la compréhension des points de vue des différents participants. Cet outil a permis à des éleveurs, des élus et des consommateurs de mieux se comprendre les uns les autres. Chacun a dû se mettre à la place de l'autre lors d'une scénette et cela a permis de mieux identifier les différents objectifs et donc de mieux comprendre les positions de chacun. Les aprioris et les potentielles tensions ont ainsi été mises à plat. L'utilisation d'outils participatifs peut également permettre de prendre du recul, de faire un bilan ensemble et de détecter des tensions ou bien de les exorciser. Dans LIAISON, la frise chronologique a été utilisée à mi-parcours pour faire un premier bilan. En sous-groupe, les participants ont identifié les moments ayant eu un impact positif, négatif et les moments clés. Ils ont ensuite converti cette frise en une brève histoire et ont analysé les scènes. Cela a permis de faire ressortir une certaine période compliquée pour chacun. Les participants ont ainsi pu échanger leurs ressentis et comprendre les causes. Des apprentissages ont été tirés pour la suite du projet (Couzy *et al.* 2022). Afin de stimuler la créativité et la construction collective de scénarios, l'outil du *pont sur le futur* peut être utilisé. L'objectif est d'imaginer ensemble le futur. Cet outil a par exemple permis à divers chercheurs européens de réfléchir à l'élevage de 2050. Les participants se sont ainsi imaginés en 2050 et ont décrit l'élevage qu'ils voyaient à cette époque. Ils ont ensuite réfléchi aux contraintes potentielles. Enfin, ils ont imaginé les étapes d'un scénario à mettre en place pour arriver à ce futur. Une fois le ou les futurs scénarios définis, les participants réfléchissent ensemble aux actions à mener pour y arriver, aux freins et leviers. Une autre utilisation du jeu de rôle peut être que les acteurs jouent leurs rôles afin de simuler des décisions réalistes. Cela a par exemple permis d'initier une gestion collective de la gestion des risques de ruissèlement érosifs en Pays de Caux (Souchère et al. 2010).

Diverses boîtes à outils (Karner et al 2011 ; Geilfus 2008 ; Brouwer et al., 2016 ; Chevalier et Buckles 2013) peuvent aider l'animateur en décrivant les outils selon les utilisations possibles et en détaillant les conditions d'utilisation, les étapes, les conseils d'utilisation et parfois même en illustrant avec un témoignage d'utilisateur. La majorité des outils participatifs sont adaptables à la situation. Une fois l'animateur familier avec les principes de bases de l'approche participative, il peut adapter comme il souhaite les outils, les mixer, les simplifier…

Il est important de s'adapter en fonction des participants, de prendre en compte leur zone de confort, leurs habitudes de travail (vis-à-vis de telles méthodes). Des outils participatifs utilisés de la même manière dans différents contextes et avec différents publics n'auront pas la même efficacité que s'ils sont adaptés aux particularités de la situation (Klerkx *et al.* 2017). Le choix de l'outil se fait en fonction de l'objectif mais également du temps disponible. Le temps varie en fonction de l'outil mais également du nombre de participants. Ainsi un *photolangage* peut faire office de brise-glace. Les participants s'expriment à tour de rôle une ou deux minutes pour présenter leur image. Cela sera forcément plus long avec un grand groupe. Si le temps est court, un outil comme le « tous ceux qui » permettant à plusieurs participants de répondre en même temps à une même question sera plus adapté. La mise en place de cette approche participative et l'utilisation de tels outils prend un certain temps. Ce qui est le plus souvent fait rapidement ou oublié est la phase initiale de connaissance et de construction de la confiance. Dans le cadre du projet Tous Paysans par exemple, le processus de co-construction a requis cinq réunions participatives. Les deux premières ont uniquement permis aux acteurs de se connaitre et de se comprendre mutuellement (Menet 2022). De plus, l'approche participative nécessite de laisser du temps aux participants pour s'exprimer pleinement. Cela diffère de réunions construites sur un schéma plus descendants où on laisse quelques minutes pour des questions. Ainsi, lors de séminaires du projet Interreg, l'outil *barcamp* a été utilisé pour stimuler le partage d'informations et de résultats parmi les divers acteurs qui ne travaillaient pas forcément directement ensemble régulièrement. Cela laisse les participants libres de choisir les thématiques et donc motive. L'implication et la cohésion sont développées. Cependant cette méthode demande du temps. Dans ce cas, cela prenait une journée. Le nécessaire à l'utilisation de chaque outil doit être bien planifier afin de ne pas frustrer les participants et de laisser suffisamment de place à la réflexion (Pretty 1995).
Le cadre de l'appel à projet H2020 préconise de prendre en compte ce temps lors de la définition de la durée du projet et sa construction. Le fonctionnement des projets multi-acteurs serait facilité par la prise en compte et la planification du temps nécessaire à l'adaptation des outils participatifs aux différents partenaires et au contexte du groupe (Klerkk *et al.* 2017).

2.4 LE CAS PARTICULIER DU DISTANCIEL

Avec le contexte actuel, les réunions à distance se sont multipliées et constituent maintenant une nouvelle habitude de travail. Le passage du présentiel au distanciel freine à priori la facilité et l'efficacité de l'approche participative. (Sattler *et al.* 2022). La principale limite du distanciel concernant l'approche participative est la perte du langage non verbal et de la spontanéité de l'informel. Les participants peuvent être frustrés du fait de cet absence d'un aspect essentiel des échanges (Sattler *et al.* 2022).
Cela impactera la construction de la confiance. Il est préférable d'éviter le distanciel si l'objectif est de créer une dynamique de groupe ou de produire collectivement pour la première fois avec de nouveaux acteurs. A cela s'ajoute la limite technologique, tous les acteurs n'ont pas accès à un matériel adéquat (cela inclut une connexion de qualité suffisante) et n'ont pas les compétences ou l'appétence pour ce type de réunion (Santana *et al.* 2021). Il faut faire attention à ne pas exclure certains acteurs en privilégiant les réunions à distance. De plus, même si le distanciel permet une économie en termes de temps et de frais de déplacement, le temps efficient de réunions à distance est plus court qu'en présentiel (Habermann *et al.* 2022). Les sessions en ligne doivent durer entre une et deux heures et le nombre de pauses doit être suffisant. D'un autre côté, l'élimination des contraintes géographiques permet de rassembler plus facilement des acteurs répartis sur un large territoire qu'il est complexe de réunir en présentiel. Même si le distanciel n'est pas utilisable dans toutes les situations, il est possible de mobiliser des approches participatives à distance. Une fois le groupe formé et les premiers liens créés, l'animateur peut alterner des réunions en présentiel et à distance dans le processus de co-création. Des logiciels spécifiques comme Klaxoon, Mentimeter… ont été développés et permettent d'animer avec des outils participatifs transposables à distance comme le brainstorm, le photolangage ou le pont sur le futur. Le fait de devoir s'adapter à un nouveau format pousse à l'innovation (Sattler *et al*. 2022).
La prise en main des logiciels et l'adaptation des outils demandent à l'animateur de (auto-)formation et de la préparation. Pour une première fois à distance, l'animateur doit également choisir le logiciel le plus adapté à l'objectif, à ses habitudes et aux compétences des participants. Cependant, cela peut être inclus dans les formations plus générales sur l'animation. De plus, l'animateur doit prévoir différentes alternatives en cas de problèmes techniques (Sattler *et al.* 2022). Les réunions hybrides regroupant des participants en présentiel et à distance se sont également développées récemment. Cela implique une attention supplémentaire de l'animateur afin de s'assurer que chacun peut participer comme il le souhaite. Une idée pour éviter l'isolement des participants est d'identifier un animateur médiateur en charge de s'assurer que les participants à distance ont bien exprimé toutes leurs idées par exemple. Cette obligation du distanciel lié au contexte nous a permis de faire évoluer les possibilités du participatif et d'apprendre de nouvelles compétences.

3. L'APPROCHE PARTICIPATIVE AVANT L'IMPULSION DU PEI : UNE PRÉSENCE DISCRÈTE MAIS REELLE DANS LE DÉVELOPPEMENT AGRICOLE

L'accompagnement de l'agriculture en France intègre l'approche participative depuis des décennies. Néanmoins dans la plupart des situations, la place accordée à ces approches reste moins ambitieuse que celle proposée par le PEI-Agri. En effet, on peut identifier deux ambitions séparées : l'une centrée sur le processus de co-innovation entre pairs, et l'autre sur l'approche multi-acteurs. A l'inverse du processus prôné par le PEI-Agri, les deux dynamiques ne semblent pas fréquemment avoir été liées par le passé.
Pour la co-innovation entre pairs, on peut citer le travail fait au sein des centres d'études techniques agricoles (CETA), des groupes de développement agricole, des groupes territoriaux animés par les chambres d'agriculture ainsi que dans les centres d'initiatives pour valoriser l'agriculture et le milieu rural (CIVAM). Les animateurs favorisent les dynamiques collectives au sein de groupes d'éleveurs. L'émulation voire la co-création est accompagnée autour de questions communes ou au moins partagées par certains.

Étapes du processus		Challenges et exemples d'outils participatifs
Conception du projet	Clarifier l'idée générale du projet	**Création et définition de l'idée du projet** Comment les acteurs peuvent-ils travailler ensemble pour définir l'idée ? Comment s'assurer que le projet répond aux besoins de l'utilisateur ciblé ? *Exemple d'outil participatif : Brainstorm, Protocole de Disney*
		Se mettre d'accord sur l'idée du projet Comment assurer la clarté des objectifs (du projet) pour tous ? *Exemple d'outil participatif : Speed boat*
	Réflexion et construction du partenariat	**Construire un partenariat équilibré et développer ses réseaux** Comment identifier et se connecter à d'autres réseaux (d'autres projets et leurs réseaux...) ? Comment former un consortium équilibré (en termes de localisation, de compétences, d'expérience, etc.) / Comment impliquer les acteurs pertinents ? *Exemple d'outil participatif : Quoi, Qui, Pourquoi, Où, Quand et Comment*
		Identifier et partager les bénéfices pour les différents partenaires impliqués Comment s'assurer que le projet est pertinent pour toutes les personnes impliquées ?
		Se comprendre les uns les autres Comment créer une base commune partagée par les partenaires ?
	Mise en place	**Construire ensemble le projet** Comment impliquer tous les partenaires du projet dans la conception du projet ? *Exemple d'outil participatif : Identification des acteurs*
		Planifier Comment développer une stratégie de communication la plus efficace possible ? Comment gérer le partage de la propriété intellectuelle ?
Production interactive et collective	Fonctionnement interne et interconnaissance	**Construire une communauté** Comment aider les acteurs à travailler ensemble et non pas seuls ou avec des personnes qu'ils connaissent déjà ? *Exemple d'outil participatif : Photolangage*
		Communiquer de manière transparente Comment s'informer efficacement les uns les autres (quand, à quelle fréquence, où, avec quels outils, etc.) ?
		Gérer la diversité des partenaires Comment gérer l'hétérogénéité des compétences, des niveaux d'expérience et des habitudes de travail au sein du consortium ? *Exemple d'outil participatif : Barcamp*
		Impliquer les acteurs et maintenir la motivation pendant toute la durée du projet Comment assurer la participation et l'implication ? Comment impliquer les agriculteurs ?
	Innover ensemble pendant la durée du projet	**Travailler ensemble** Comment organiser le travail en commun et la prise de décision ? *Exemple d'outil participatif : Méthode des groupes cumulés* Comment innover ensemble ? *Exemple d'outil participatif : Création de scénarii et pont sur le futur* Comment apprendre ensemble ? *Exemple d'outil participatif : Dia-log*
		Suivre Comment assurer le suivi du processus participatif ? *Exemple d'outil participatif : Frise chronologique et apprentissage de l'histoire*
	Préparer l'impact et la diffusion, rédiger les productions	**Créer un contenu utile** Comment garantir des livrables utiles et utilisables ? *Exemple d'outil participatif : Feedback collectif*
Communication et appropriation	Communiquer sur les résultats	**Se donner les moyens** Quelles sont les ressources nécessaires à une communication efficace ?
	Impact interne	Comment faciliter l'apprentissage au sein du partenariat ? *Exemple d'outil participatif : Coaching entre pairs, Fishbowl*
	Rendre utilisé	**Assurer l'appropriation** Comment assurer l'appropriation des résultats (qui peut utiliser quoi ? comment partager ? *Exemple d'outil participatif : Travaux de groupe* Comment communiquer/convaincre au-delà du cercle des acteurs déjà convaincus ?

Tableau 1 : Étapes de l'innovation interactive, challenges et exemples d'outils participatifs

L'approche participative est naturellement utilisée pour organiser le processus de co-innovation entre producteurs même s'il ne porte pas forcément cette appellation (Cerf et Maxime 2006). Les principes sont inspirés de l'éducation populaire, basés sur l'expérimentation par soi-même, l'apprentissage entre pairs et les échanges ouverts. C'est une logique provenant du terrain et nécessitant des compétences liées à l'animation et à la création et au maintien d'une dynamique de groupe entre autres. Ainsi, les CIVAM, par exemple, accompagnent depuis soixante ans les dynamiques de changement agricole en se basant sur une approche participative mettant l'individu ou le collectif au cœur du processus (CIVAM 2022). L'idée est d'impliquer des personnes autour d'une problématique : des acteurs touchés par la question et/ou qui seront impactés par la solution (Grin *et al.* 2004). Les CETA font également parti des premières initiatives basées sur une approche participative. Ils se basent sur une logique d'échanges entre pairs (agriculteurs) au sein de petits groupes dynamiques et pérennes. L'un des objectifs est d'impliquer les agriculteurs en favorisant le développement de leur autonomie. Cette logique a bénéficié de mouvements populaires tels que la jeunesse agricole catholique durant l'après-guerre pour se développer sur le territoire (Brives 2008). Néanmoins, ces dynamiques collectives et l'approche participative restent relativement marginales ou/et cantonnées à des zones où elles sont culturellement fortes (Grand Ouest, France Comté…).

L'organisation de la mise en place d'approches participatives au sein de groupes d'agriculteurs accompagnés par les chambres d'agriculture se fait de manière disparate. L'un des freins au développement plus large de ces groupes est la concurrence entre les différents organismes proposant ce service d'accompagnement sur le territoire. L'arrivée des questions environnementales (gestion des bassins versants, …) entraine une nouvelle vague de création de groupes participatifs d'agriculteurs à la fin des années 1990 (Brives 2008). En parallèle, les dynamiques multi-acteurs existent ou ont existé à de très nombreuses échelles en France. La co-gestion entre l'état et les représentants de la profession agricole peut être considérée comme un exemple emblématique de dynamique multi-acteurs précoce en France. Dans les années 60, les agriculteurs regroupés en syndicat et l'état, gèrent en commun la mise en place de la politique agricole nationale. Il ne s'agit pas de co-créer mais de co-gérer. Chaque partenaire apporte sa vision pour que les orientations décidées ailleurs puissent être appliquées au mieux (Hervieu et Purseigle 2013). Les profils d'agriculteurs évoluent. Certains recherchent les échanges et la réflexion commune avec d'autres types d'acteurs tout en souhaitant garder une autonomie dans la prise de décisions (Couzy et Dockès 2008). On peut également citer les échanges structurels entre organismes de la recherche appliquée et les structures d'accompagnement économique et technique. Cela prend différentes formes : fermes expérimentales, participations aux conseils d'administration des organismes par de nombreuses structures… Enfin, dans les années 1980 à 2000, se sont développées des actions de conseil collectif. Elles avaient pour but de rassembler différents acteurs de terrain autour de thématiques données (utilisation de l'herbe, amélioration de la qualité du lait). Un même message technique était élaboré par les instances techniques puis porté par l'ensemble des acteurs partenaires d'un territoire : quelques cantons pour Fourrages Mieux, des régions administratives pour Top Lait. Ces dynamiques multi-acteurs ont été jugées novatrices et intéressantes. Le fait de former ensemble différents acteurs de terrain a été vu comme facilitant la connaissance, la compréhension puis la confiance entre eux **(**Couzy *et al.* 1997). Ainsi faire travailler ensemble des acteurs de terrain, cogérer des organismes, voire, des politiques publiques est un savoir-faire existant. Une sorte de protoculture du participatif. Mais est-ce facilement généralisable ?

4. QUELLES LIMITES A LA MISE EN ŒUVRE DE L'APPROCHE PARTICIPATIVE ?

Malgré cette protoculture du participatif dans le développement agricole en France, un certain nombre de tensions peuvent limiter l'usage de l'approche participative.

Des tensions stratégiques

Il est a priori compliqué de faire travailler ensemble des acteurs qui ont des intérêts opposés voire concurrents. Or ils peuvent aussi avoir de réels bénéfices à mettre en commun des données, des visions voire des moyens.

Issu de la sphère économique (Nalebuff et Brandenburger, 1996), le concept de **coopétition** permet d'envisager puis d'oser articuler coopération et partage entre concurrents. Il est alors nécessaire de bien clarifier le cadre dans lequel la coopération peut avoir lieu : ce qui est partagé et ce qui ne l'est pas. La rédaction d'accords précis est une condition de réussite.

Des tensions sociologiques

D'autre part, travailler à parité avec d'autres ne va pas forcément de soi. Nous sommes en effet les héritiers d'un modèle « **diffusionniste** » hiérarchisé dans lequel chacun a sa place. Les chercheurs cherchent, transmettent leurs apports aux structures de développement ou bien, lorsqu'ils existent, aux acteurs de la recherche appliquée. Ceux-ci testent, adaptent et préparent des références pour le conseil. Ce dernier diffuse alors aux agriculteurs. Est-il toujours aisé, avec ces représentations sociales, de valoriser les points de vue des différents acteurs **à parité** ? Ce ne sont pas les mêmes savoirs qu'apportent agriculteurs, chercheurs, conseillers, industriels. Ils ne sont ni équivalents, ni substituables. Néanmoins, ils sont complémentaires et tous importants pour éclairer le réel. Cela déconstruit, d'une certaine façon, la séparation encore existante, entre sachant et non sachant. Cette parité/égalité est facilitée par le niveau d'étude de beaucoup d'éleveurs aujourd'hui, mais elle se heurte encore à des freins des acteurs liés aux représentations qu'ils peuvent avoir de leur place dans la « pyramide » des savoirs, et en particulier les chercheurs (Meynard et Dourmad 2014).

Des tensions individuelles

Accepter de travailler à parité, avoir un objectif et un cadre communs clairs sont les bases de la collaboration entre acteurs. Néanmoins co-créer est encore une autre notion.

Co-créer correspond à faire ensemble ce que personne ne peut faire séparément (1 + 1 > 2), en profitant de l'émulation entre les acteurs impliqués. A titre individuel, il s'agit d'avoir envie de participer activement, d'accepter les idées des autres et de partager ce que l'on sait. La co-création et les échanges peuvent également impliquer de **changer** de position, d'évoluer. Chacun a besoin de faire confiance aux autres, au processus et d'accepter de **lâcher le contrôle** sur le produit final. Cela n'est pas toujours évident.

D'autre part, une maturité personnelle de chacun des acteurs (et en particulier émotionnelle) facilite **l'expression paisible** des désaccords, des besoins, des doutes et des ressentis. C'est une pierre angulaire de la co-création. En effet, celui qui s'exprime, aide le collectif à mettre en lumière des zones de friction encore vierges qui ont besoin d'être explorées pour aller plus loin. Cependant, cette expression se doit d'être respectueuse des idées des autres et évidemment des personnes. La capacité de chaque acteur à la communication est essentielle. Ainsi, le collectif apprend voire trouve, précisément à ces endroits, des pistes nouvelles.

Cela fonctionne, de fait, si chacun est conscient de sa **responsabilité** pleine et entière à dire et à entendre. Lorsque cela fonctionne chacun y prend plaisir voire en sort grandi et enrichi.

DISCUSSION ET CONCLUSION

Nous venons de voir que l'Europe impulse des projets de recherche (Horizon) et locaux (GO PEI) qui ont comme point commun de mobiliser une diversité de participants autour de l'innovation. Dans ces projets, les participants sont censés se voir comme des acteurs et coopérer. Est-ce que ces projets fonctionnent ? Il est un peu tôt pour répondre à cette question au regard de leur récente mise en place (2013) et des changements importants (pour ne pas dire paradigmatiques) qu'ils appellent. Il semble plus fécond de voir les dix dernières années comme un apprentissage collectif avec des essais et des erreurs, des avancées et des crispations. En effet, mettre en place une réelle coopération est un objectif ambitieux et complexe. Collectivement, nous sommes en train de l'apprendre. Heureusement, les animateurs de ces projets disposent de l'approche participative pour soutenir les dynamiques qu'ils souhaitent créer. Derrière cette approche se trouvent un grand nombre d'outils et quelques principes que l'on pourrait qualifier d'horizontaux. Il s'agit de considérer que l'avis de chacun est important, que l'apprentissage mutuel et l'ouverture d'esprit sont au cœur du processus humain recherché. Cela crée un espace de travail permettant à chaque membre d'un groupe multi-acteurs de s'exprimer, de participer, de s'impliquer pleinement dans la bienveillance et la confiance en se sentant écouté. Ainsi les compétences de chacun sont valorisées, les participants s'enrichissent les uns les autres. Ils peuvent agir en synergie et co-créer.

Cela signifie-t-il que l'approche participative est l'alpha et l'oméga de tout projet ? Ce serait sûrement exagéré. Un projet participatif est aussi un projet « classique » qui nécessite une part de « verticalité » afin de structurer, de coordonner et d'être garant de l'objectif, de l'ensemble du process. La co-construction peut être ample et intervenir jusque dans la prise de décision. Elle peut aussi être plus limitée et concerner seulement la mise en commun d'idées et la définition d'objectifs. Une importante diversité de situations est possible. Dans l'avenir, avec plus de recul, il sera plus aisé de catégoriser les différents types de projets multi acteurs d'innovation au regard de leur niveaux de coopération. Parallèlement, est-il facile de définir et réunir les « bons » acteurs à impliquer ? Cela semble aujourd'hui une réelle difficulté que de réunir les « bons » acteurs pour un projet. L'écueil de l'entre soi est observé dans les projets de recherche d'une part type Horizon (uniquement les métiers de la recherche) et dans certains groupes opérationnels, des éleveurs qui craignent également de faire entrer dans leur collectif, des acteurs jugés trop différents. Montrer l'intérêt, mais aussi faciliter le repérage, l'implication des nouveaux acteurs va encore probablement demander du temps d'apprentissage. Par ailleurs, l'inclusion de nouveaux membres dans un collectif préexistant est une tâche qui nécessite de prendre du temps. Un autre écueil est le nombre d'acteurs à intégrer dans un projet. Dans les grands projets européens qui nécessitent une couverture géographique des compétences mobilisées et pas seulement thématique, le risque observé est de créer un collectif plus grand que les moyens alloués pour lui permettre de fonctionner. En effet, nous l'avons vu, plus un collectif est divers et récent, plus il lui faudra de temps pour se connaître suffisamment et atteindre les conditions propices à la co-création.

On peut également se demander si les animateurs de projets ont actuellement les compétences suffisantes pour accompagner les phases participatives ? Nous avons vu que le rôle de l'animateur est essentiel. C'est lui qui pose le cadre, impulse et incarne l'ouverture d'esprit, le respect, la bienveillance, avec la souplesse et la fermeté nécessaires pour permettre au processus d'avoir lieu. Ce sont des compétences nouvelles, qui demandent un réel apprentissage (formation, suivi…). Avons-nous l'accompagnement adapté ? Chacun d'entre nous aura-t-il suffisamment de maturité pour accepter les nécessaires frictions, questionnements des savoirs, avis voire positions sociales ? Pour sortir de son « silo » et coopérer ? Serons-nous assez sages pour garder en tête que le processus d'innovation interactive multi-acteurs demande du temps, en particulier au début ? La création d'un climat de confiance et d'interconnaissance requiert de la patience et du temps même avec l'appui de l'approche participative. Cela peut parfois sembler être du temps perdu puisque l'on ne produit rien de concret, de visible tout de suite. Mais bâtir des liens de confiance entre les acteurs sert de base solide pour produire efficacement. Gageons que nous saurons de mieux en mieux croiser les savoirs, soutenir les efforts de compréhension mutuelle, coopérer…. Et ainsi aller dans le sens qu'Edgar Morin, nous indique pour appréhender la complexité « le vrai problème c'est que nous avons trop bien appris à séparer. Il vaut mieux apprendre à relier » (Morin E., 2005).

Brives H., 2008. L'évolution du conseil Agricole et du role des chambres d'agriculture. Pour, ½ 196-197, 208-219. https://doi.org/10.3917/pour.196.0208

Beazley H., Ennew J., 2006. Participatory Methods and Approaches: Tackling the Two Tyrannies. Doing Development Research, 189-199

Brouwer H., Woodhill J. en collaboration avec Hemmati M., Verhoosel K., van Vugt S., 2016. Le Guide des PMP, Comment concevoir et faciliter des partenariats multipartites. Wageningen: Wageningen University and Research, CDI, et Rugby, Royaume-Uni : Practical Action Publishing. http://dx.doi.org/10.3362/9781780446776

CE, 2020. Draft of the Horizon Europe work programme (Cluster 6), version 3.

Cerf M., Dupre L., Lasseur J., Millard J.B., Prost L., *et al.* 2020. L'innovation en agronomie, quelle mise en perspective ?. Agronomie, Environnement & Sociétés, Association Française d'Agronomie (Afa), 10 (2). ⟨hal-03179264⟩

Cerf M.M., Maxime F., 2006. La coproduction du conseil : un apprentissage difficile. Conseiller en agriculture. INRA éditions Educagri Editions, Sciences en Partage (Quae). https://doi.org/10.3917/edagri.remy.2006.01.0137 hal-02815057

Chambers R., 1983. Rural Development: Putting the Last First. Longman, New York, USA. https://doi.org/10.4324/9781315835815

Chambers R., 1994. The Origins and Practice of Participatory Rural Appraisal. World Development. 22(7): 953-69. doi:10.1016/0305-750X(94)90141-4

Chevalier J.M., Buckles D.J., 2013. Handbook for participatory action research, planning and evaluation. SAS2 Dialogue, Ottawa

CIVAM, 2022. https://www.civam.org/accompagner-le-changement/nos-outils-methodes/ (Consulté le 11/07/2022)

Cronin E., Fieldsend A., Rogge E., Block T., 2022. Multi-actor Horizon 2020 projects in agriculture, forestry and related sectors: A Multi-level Innovation System framework (MINOS) for identifying multi-level system failures. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2021.103349

Cronin E., 2022. LIAISON Interactive Case Studies: Food Heroes. Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.6463084

Couzy C., Menet A., Pommier E. et al., 2022. LIAISON's Interactive Guide to Facilitating Participatory Projects.

Couzy C., Dockès A.C., 2008. Are farmers businesspeople? Highlighting transformations in the profession of farmers in France. Int. J. Entrepreneurship and Small Business, 6.3. https://doi.org/10.1504/IJESB.2008.019135

Couzy C., Dockès A.C., Kling F., Dumontier P., Morvan Y., 1997. Bilan des actions de conseil colletif Top-Lait sur la prevention des cellules et des mammites. In: Renc. Rech. Ruminants, 4, 273-276.

Dooley B., van Djik L., Buller H., 2022. LIAISON Innovative Case Studies: Rural Innovation Support Service (RISS). Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.6463190

EIP-Agri, 2017. Brochure on the "multi-actor approach". Disponible sur

https://ec.europa.eu/eip/agriculture/en/news/brochure-“multi-actor-approach”
EIP-Agri, 2015. Brochure on Participatory approaches for agricultural innovation. Disponible sur https://ec.europa.eu/eip/agriculture/en/publications/eip-agri-brochure-participatory-approaches
EU SCAR, 2015. Agricultural Knowledge and Innovation Systems Towards the Future – a Foresight Paper, Brussels.
EURAKNOS, 2020. Guide de l’explorateur des reseaux thématiques.
Fals-Borda O., Rahman M.A., 1991. Action and knowledge. Breaking the monopoly with participatory action research. Intermediate Technology Publications, London, UK. https://doi.org/10.3362/9781780444239
Geilfus F., 2008. 80 tools for participatory development: appraisal, planning, follow-up and evaluation. San Jose, C.R.: IICA. 208 p.
Habermann B., Crane T. A., Gichuki L., Worku T., Mugumya R., Maiyo N., Kiptoo E., Goshme S., Mohammednur F., Tugume G., Satia K. A., Siamito J. R., 2022. The Art of Letting Go: Transforming Participatory Research on Adaptation Practices Among Local Livestock-Keepers in East Africa in times of Covid-19. Front. Sustain. Food Syst., 5-18. https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.768445
Hervieu B., Purseigle F., 2013. Sociologie des mondes agricoles. Collection U, Armand Colin, 320p. https://doi.org/10.3917/arco.hervi.2013.01
Hoffmann V., Probst K., Christinck A., 2007. Farmers and researchers: How can collaborative advantages be created in participatory research and technology development?. Agric. Hum. Values, 24, 355–368. https://doi.org/10.1007/s10460-007-9072-2
Home R., Moschitz H., 2014. Synthesis of the learning process: Conclusions and recommendations for improved transdisciplinary learning in networks, including methods and tools for intermediary actors.
Home R., Münchhausen S., Redman M., 2022. Guide for LIAISON’s tools for the Evaluation and Impact Assessment of Co-Innovation
Grin J., Felix F., Bos B., Spoelstra S.F., 2004. Practices for reflexive design: lessons from a Dutch programme on sustainable agriculture. International Journal of Foresight and Innovation Policy, 1, 1-2. https://doi.org/10.1504/IJFIP.2004.004618
Karner S., Hoekstra F., Moschitz H., 2011. Deliverable D2.3: Pool of Tools and Methods. Foodlinks project.
Klerkx L., Seuneke P., de Wolf P., Rossing W. A.H., 2017. Replication and translation of co-innovation: The influence of institutional context in large international participatory research projects. Land Use Policy., 61, 276-292. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.11.027
Macken-Welsh A., Augustyn A., Bettoni M., Diaz-Punete J.M.,MarkowJ., von Münchhausen S., Häring A., 2022. LIAISON Innovative Case Studies: Operational Group 'Hanfanbauer Werra-Meißner'. Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.6463060
Mayoux L., 2001. Participatory Methods.
Menet A., 2022. LIAISON Innovative Case Studies: Tous Paysans!. Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.6463108
Merrill-Sands D., Collion MH., 1994. Farmers and researchers: The road to partnership. Agric. Hum. Values, 11, 26–37. https://doi.org/10.1007/BF01530444
Meynard, J., Dourmad, J., 2014. L’innovation en élevage : de nouvelles démarches pour de nouveaux enjeux. INRAE Productions Animales, 27(2), 77–88. https://doi.org/10.20870/productions-animales.2014.27.2.3056
Morin E., Introduction à la pensée complexe, Paris, Seuil, coll. « Points / Essais » (no 534), 2005, 158 p
Nalebuff B., Brandenburger, A. 1996. La Co-opétition, une révolution dans la manière de jouer concurrence et coopération, Village Mondial.
Neef A., Neubert D., 2011. Stakeholder participation in agricultural research projects: a conceptual framework for reflection and decision-making. Agric. Hum. Values, 28, 179-194. https://doi.org/10.1007/s10460-010-9272-z
PLA Notes, 1998. Issue 31, pp. 78-80, IIED London.
Pretty J.N., 1995. A trainer’s guide for participatory learning and action. IIED. 267p.
Proietti P., 2022. LIAISON Innovative Case Studies: SPARKLE. Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.6463174
Rocheleau D., Slocum, R., 1995. Participation in context: Key questions. Power, Process and Participation: Tools for Change. 17-30.
Rivera R., Rojas J.M., Da Veiga J.F., 2022. LIAISON Innovative Case Studies: Programa de Sustentabilidade de Vinhos do Alentejo. Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.6463162
Santana F.N., Hammond Wagner C., Berlin Rubin N., Bloomfield L. S.P., Bower E.R., Fisher S.L., Santos B.S., Smith G.E., Muraida C.T., Wong-Parodi G., 2021. A path forward for qualitative research on sustainability in the COVID-19 pandemic. Sustain. Sci., 16, 1061–1067. https://doi.org/10.1007/s11625-020-00894-8
Sattler C., Rommel J., Chen C., García-Llorente M., Gutiérrez-Briceño I., Prager K., Reyes M. F., Schröter B., Schulze C., van Bussel L. G.J., Loft L., Matzdorf B., Kelemen E., 2022. Participatory research in times of COVID-19 and beyond: Adjusting your methodological toolkits. One Health, 5, 62-73. https://doi.org/10.1016/j.oneear.2021.12.006
Selener D., 1997. Participatory action research and social change. Cornell University, Ithaca, New York, USA.
Souchère V., Millair L., Echeverria J., Bousquet F., Le Page C., Etienne M., 2010. Co-constructing with stakeholders a role-playing game to initiate collective management of erosive runoff risks at the watershed scale. Environmental Modelling and Software, 25 (11) : 1359-1370. https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2009.03.002
Sumane S., Kunda I., Knickel K., Strauss A., Tisenkopfs T., des los Rios I., Rivera M., Chebach T., Ashkenazy A., 2017. Local and farmers’ knowledge matters! How integrating informal and formal knowledge enhances sustainable and resilient agriculture. J. of Rural Stud., 59, 232-241. https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2017.01.020
World Bank, 1994. The World Bank and Participation.

Participation des citoyens à la co-conception des élevages de demain. Cas du devenir des veaux laitiers dans les élevages de moyenne montagne du Massif central

COEUGNET P. (1), LABATUT J. (2), DUVAL J. (3), VOURC'H G. (1)

(1) INRAE-UMR EPIA, Theix, 63122 Saint Genès Champanelle

(2) INRAE-UMR LISIS, 2 allée Jean Renoir, 93160 Noisy-le-Grand

(3) INRAE-UMR Territoires, Theix, 63122 Saint Genès Champanelle

RÉSUMÉ

Dans un contexte de remises en cause de plus en plus manifestes de l'élevage par la société, nous évaluons l'intérêt de la méthode de conception innovante DKCP(Diagnostic-Knowledge-Concept-Project) afin de faire participer activement des citoyens à la co-conception des élevages de demain. Cette méthode a pour but d'explorer de nouvelles voies d'innovation en s'appuyant sur des interactions entre acteurs. Nous l'avons testée dans le cadre d'un atelier participatif dans le Massif central, réunissant citoyens, chercheurs et professionnels de l'élevage laitier autour de la question du devenir des veaux laitiers sur le territoire abordé sous l'angle santé et bien-être global. Les conditions mises en place lors de l'atelier ont été propices à la participation des différents acteurs et ont permis l'échange de différents types de connaissances, l'exploration d'une diversité d'idées et l'élaboration de projets innovants à différents niveaux (exploitation laitière, filière veau de boucherie, commercialisation et consommation) et impliquant des acteurs n'ayant pas l'habitude de collaborer. La pertinence et la faisabilité de ces propositions restent à être évaluées.

Participation of citizens in the co-design of tomorrow's livestock farms. Case of the future of dairy calves in mid-mountain farms in the Massif Central

COEUGNET P. (1), LABATUT J. (2), DUVAL J. (3), VOURC'H G. (1)

(1) INRAE-UMR EPIA, Theix, 63122 Saint-Genès-Champanelle

(2) INRAE-UMR LISIS, 2 allée Jean Renoir, 93160 Noisy-le-Grand

(3) INRAE-UMR Territoires, Theix, 63122 Saint-Genès-Champanelle

SUMMARY

In a context of increasing controversies associated with livestock farms, we assess the interest of the innovative design method DKCP (Diagnostic-Knowledge-Concept-Project), in order to actively involve citizens in the co-design of tomorow's livestock farms. This method aims at exploring new avenues of innovation based on interactions between actors. We tested it during a participatory workshop in the Massif Central, bringing together citizens, researchers and dairy farming professionals around the question of the future of dairy calves in the territory, approached from the angle one health, one welfare. The workshop conditions enabled the participation of the different kinds of actors, the exchange of different types of knowledge, the exploration of a diversity of ideas and the development of innovative projects at different levels (dairy farm, veal sector, marketing and consumption) and involving stakeholders not used to collaborating. The relevance and feasibility of these proposals remain to be assessed.

INTRODUCTION

Le projet de recherche participative COCCINELLE (CO-Concevoir avec les Citoyens un Nouvel ELevage Laitier Ecologique de montagne), coordonné par des scientifiques d'INRAE et VETAGRO SUP a pour ambition de co-concevoir, avec un collectif d'une soixantaine d'acteurs du territoire, des solutions innovantes pour les élevages laitiers de demain dans le Massif central. Cette ambition fait écho à une volonté croissante d'ouvrir la conception des systèmes agricoles à un large cercle d'acteurs (Berthet, 2014). Des réunions de travail au sein du projet ainsi qu'une trentaine d'enquêtes qualitatives auprès de professionnels de l'élevage laitier et de citoyens ont été réalisées en 2021. Nous utilisons le terme « citoyens » pour désigner des acteurs ne travaillant pas en lien avec l'élevage. Ils peuvent cependant être impactés par les élevages qui les entourent et les impacter par leur choix de consommation ou leurs revendications. Les réunions de travail et les enquêtes ont permis de mettre en évidence que les relations entre élevage et société étaient moins conflictuelles que dans

d'autres territoires et que l'élevage laitier de moyenne montagne est globalement idéalisé par le citoyen (élevage à l'herbe, produits de qualité …).Suite à ces enquêtes, le sujet du devenir des veaux laitiers et les enjeux que cela pose vis-à-vis de la santé et du bien-être global a été choisi comme sujet de co-conception, car c'est un sujet qui concerne l'ensemble des élevages laitiers et non pas uniquement les élevages de moyenne montagne considérés comme « idéaux ». De plus, la question du devenir des veaux permet de questionner le rôle des différents acteurs (acteurs de la filière laitière, intégrateurs, bouchers, citoyens, consommateurs) et pas uniquement le rôle des éleveurs, afin d'améliorer le système actuel. Pour finir, l'amélioration de la santé et du bien-être global relatif au devenir des veaux laitiers semblait également désirable à la fois par les acteurs de l'élevage laitier et par les citoyens; or cette désirabilité de l'objet à concevoir est indispensable afin d'assurer la coopération lors d'un processus de conception (Berthet, 2014). Les réunions de travail et les enquêtes ont également permis de constituer une liste de participants potentiels dans le but d'organiser un recrutement ciblé pour le processus de co-conception.

Parmi la diversité d'approches de recherche participative qui ont vu le jour ces dernières années en agriculture, différentes méthodes de co-conception ont été développées et appliquées à l'élevage comme la méthode RIO-Reflexive Interactive Design (Romera et al. 2020), des jeux sérieux (Ryschawy et al. 2022) ou bien la méthode de conception innovante DKCP-Diagnostic Knowledge Concept Project (Labatut et Hooge, 2016). La méthode DKCP nous est apparue comme la plus pertinente pour notre cas car elle permet d'accompagner un collectif de conception à générer et explorer des solutions originales en s'appuyant sur des interactions entre disciplines et acteurs (Hatchuel et Weil, 2009). Différentes applications de la méthode DKCP ont mis en avant son intérêt afin de favoriser l'innovation au sein d'un collectif de chercheurs et d'acteurs de terrain afin de faire face aux enjeux auxquels est confrontée l'agriculture (Berthet et al., 2020) ou au sein d'un collectif d'acteurs hétérogènes confrontés à une problématique de santé globale (Vourc'h et al. 2018). La méthode DKCP est composée de 4 phases : une phase D (Diagnostic) permettant le diagnostic de la situation et du contexte relatif au sujet de la conception afin d'identifier les enjeux principaux, les problématiques associées, la diversité des acteurs concernés, leurs différents intérêts et attentes, les normes et verrouillages actuels, ainsi que les connaissances disponibles et manquantes. Une phase K (Knowledge) permettant de mutualiser les connaissances sur le sujet traité, d'organiser ces connaissances, d'identifier des connaissances manquantes ainsi que de nouvelles relations entre ces connaissances. Une phase C (Concept) qui consiste en une exploration dirigée de façon à faire émerger des idées nouvelles et élaborer des solutions à partir de ces idées. Pour finir, une phase P (Project) qui vise à élaborer une feuille de route permettant de réfléchir à la mise en œuvre de certaines voies explorées précédemment.

L'objectif de notre étude est d'évaluer les intérêts de la méthode de conception innovante DKCP afin de faire participer activement les citoyens à la co-conception des élevages bovins laitiers de moyenne montagne de demain. Pour cela, nous avons appliqué et évalué cette méthode lors d'un atelier participatif organisé au sein du projet COCCINELLE.

1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

1.1. PHASE D (DIAGNOSTIC)

En amont de l'atelier participatif, une revue de littérature, scientifique et technique, a été effectuée et 4 experts du sujet ont été rencontrés. Un groupe d'animation composé de 8 animateurs (4 animateurs davantage référents sur la thématique de l'élevage laitier et 4 animateurs davantage référents sur la méthode DKCP) a été constitué. Ce groupe d'animation a participé à l'organisation du déroulement de l'atelier participatif et à la relecture des différents outils distribués aux participants.

Le sujet initial a été divisé en 3 thématiques : (1) la naissance et les conditions de vie des veaux sur les élevages laitiers, (2) l'organisation de la filière veau de boucherie et (3) les pratiques de consommation et de commercialisation de viande de veau. Pour chaque thématique, un concept projecteur a été formulé. Un concept projecteur est une proposition verbale dont l'exploration permet de répondre aux enjeux identifiés. Les 3 concepts projecteurs étaient respectivement (1) « Un élevage laitier sans veaux », (2) « Une organisation gagnant-gagnant des filières veau et lait en faveur de la santé et du bien-être global » et (3) « Des pratiques de consommation de viande de veau éthique et responsable ». Pour chaque concept projecteur un arbre C-K initial a été construit. L'arbre C-K est un diagramme constitué de 2 espaces : Un espace K des connaissances permettant de visualiser les connaissances disponibles sur le sujet et un espace des concepts permettant de visualiser les concepts et voies d'exploration envisagés, voir Figure 1.

Notre capacité d'animation nous permettait d'accueillir au maximum 30 participants. Pour le recrutement, nous avons procédé à un recrutement ciblé par téléphone ou en face à face, à partir de la liste évoquée en introduction, afin de privilégier la participation d'une diversité de participants (en termes d'âge, de profession, d'attentes vis-à-vis de l'élevage, de lieu d'habitation, d'engagement sur le territoire). 22 participants étaient finalement présents le jour de l'atelier : 5 chercheurs de différentes disciplines (éthologie, agronomie système, économie, santé animale), 8 acteurs de la filière (éleveur, conseillers, chef de projet en lycée agricole, vétérinaire, représentant d'interprofession, boucher) et 9 citoyens (élu local, salariés d'associations locales, retraité, traducteur, informaticien, médecins, chargée de communication). L'âge des participants était compris entre 25 et 70 ans. La parité homme/femme était bien respectée. La plupart des citoyens étaient sensibilisés aux questions agricoles. 6 participants, essentiellement des acteurs de l'élevage, étaient membres du projet COCCINELLE. Les autres ont rejoint le projet pour l'atelier participatif.

1.2 ATELIER PARTICIPATIF KCP (KNOWLEDGE CONCEPT PROJECT)

L'atelier participatif s'est déroulé sur une journée entière en semaine en mars 2022. Le matin était consacré à la phase K et l'après-midi aux phases C et P. En dehors de ces phases, l'accent a été mis sur les moments conviviaux : temps d'interconnaissance, pauses café et repas partagé.

Lors de la phase K, une présentation a été donnée en plénière par des chercheurs. Elle avait pour sujet le concept de santé et de bien-être global et les enjeux que cela pose. Les participants ont été ensuite répartis dans 3 groupes animés

chacun par un binôme d'animateur. Chaque groupe était associé à une des 3 thématiques identifiées. Les participants étaient répartis par avance au sein de chacun des groupes afin de s'assurer d'une bonne diversité des acteurs dans chaque groupe. Les participants avaient à disposition une fiche de connaissance individuelle, facilement compréhensible par les citoyens. Cette fiche avait pour but de mettre à niveau les connaissances entre les participants. Puis, des échanges organisés par les animateurs permettaient à chacun de rebondir sur la fiche, exprimer ses attentes, apporter des connaissances supplémentaires. Une deuxième fiche individuelle était ensuite distribuée afin de présenter un exemple innovant d'une autre filière, en l'occurrence la filière poule pondeuse. Cette fiche avait pour but de décaler les participants et d'ouvrir vers la phase d'exploration de solutions innovantes de l'après-midi. À la fin de la phase K, chaque groupe présentait aux autres les échanges qu'ils avaient eus.

Lors de la phase C, les participants étaient répartis dans le même groupe que lors de la phase K. Ils avaient à leur disposition le concept projecteur lié à leur thématique et une planche tendance. Les planches tendances regroupent différentes illustrations afin de guider le début de l'exploration. Les animateurs étaient également là pour accompagner la formulation d'idées nouvelles et identifier d'éventuels blocages chez les participants et pouvaient pour cela s'appuyer sur l'arbre C-K initial pour guider l'exploration. Les participants n'avaient pas accès à l'arbre. Ils avaient à disposition des post-its afin d'écrire leurs idées. Ces dernières étaient organisées par les animateurs sur un tableau visible par l'ensemble du groupe.

Pour finir lors de la phase P, les participants, toujours au sein du même groupe, avaient à leur disposition des fiches projets afin de détailler par écrit comment les projets pourraient être mis en place, quels seraient leurs objectifs, quels acteurs seraient impliqués et quelles compétences seraient nécessaires. À la fin de la phase P, chaque groupe présentait le résultat de leur réflexion aux autres acteurs.

1.3 ÉVALUATION

La participation, les connaissances échangées, les interactions ainsi que l'originalité et la variété des solutions et projets proposées ont été évaluées à partir des vidéos de l'atelier, de la retranscription des échanges, des différents supports réalisés par les participants et du retour à chaud des animateurs. À la suite de l'atelier, de nouveaux arbres C-K ont été réalisés afin de représenter les connaissances apportées par les participants, voir Figure 2 et les nouvelles idées proposées et leur lien avec les connaissances échangées, voir Figure 3.

2. RÉSULTATS

2.1 PARTICIPATION, INTERACTIONS ET ECHANGE DE CONNAISSANCES

La participation a été très bonne lors de l'atelier. Tous les citoyens se sont exprimés et la parole a été répartie au mieux au sein des groupes et au cours des différentes phases. Cela a été permis notamment par les tours de tables organisés par les animateurs, les supports écrits permettant une expression individuelle, l'effort de vulgarisation des chercheurs et acteurs de la filière pour les citoyens et les questions de relance posées par les animateurs aux participants les plus en retrait.

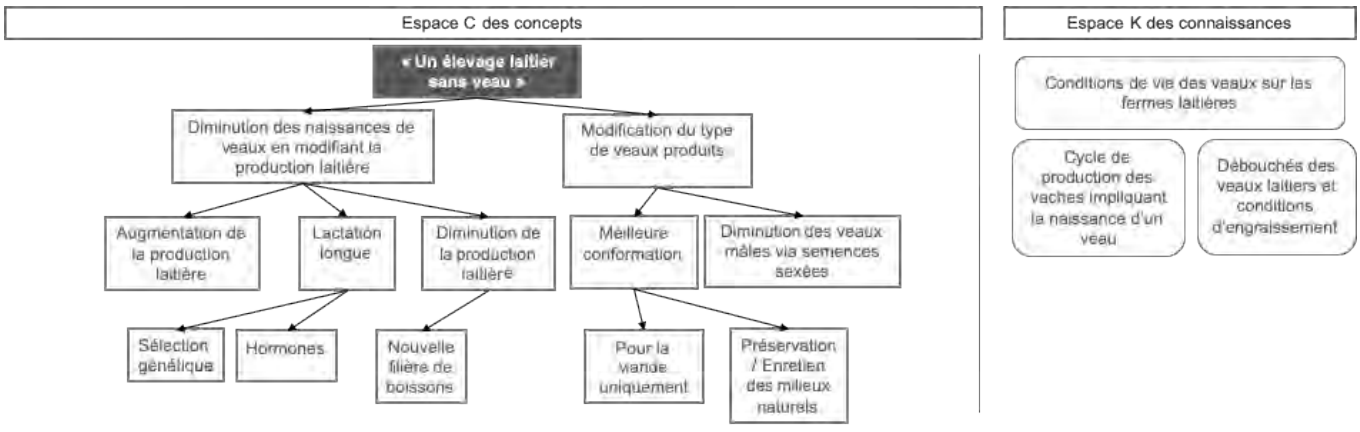


Figure 1- Version simplifiée de l'arbre C-K initial du groupe 1

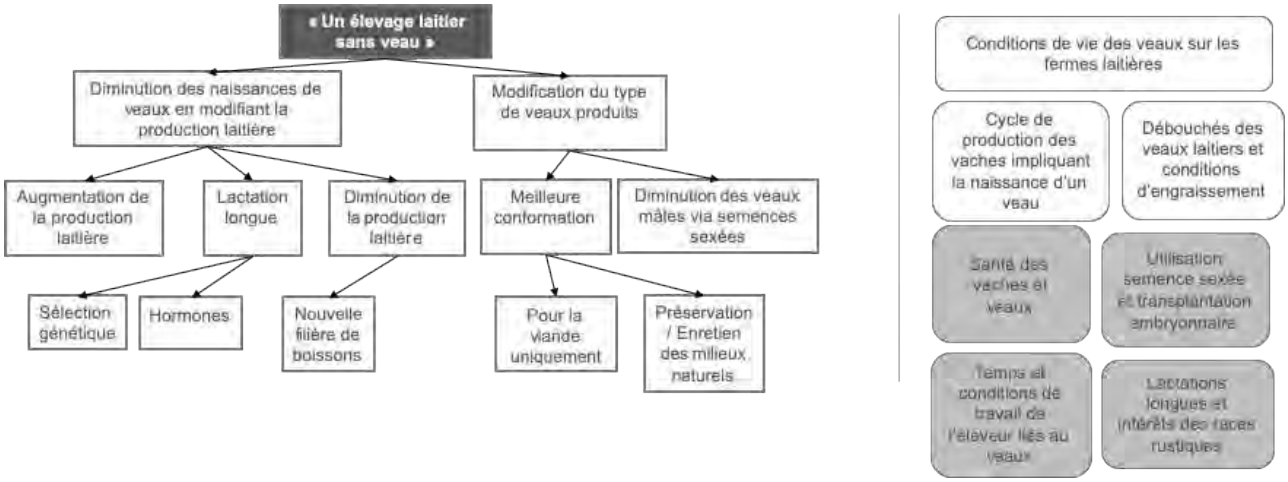


Figure 2- Version simplifiée de l'arbre C-K du groupe 1 après analyse de la phase K de l'atelier

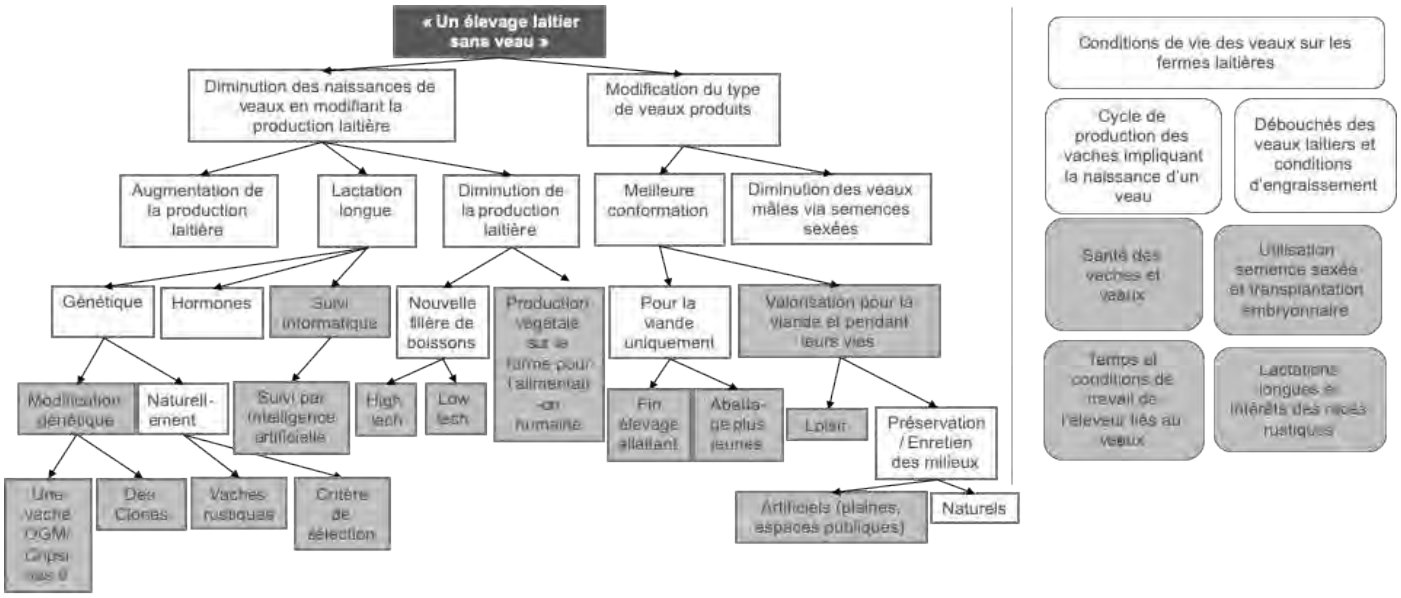


Figure 3- Version simplifiée de l'arbre C-K du groupe 1 après analyse de la phase C de l'atelier

Légende commune aux 3 Figures

Encadrés rectangulaires : Blancs- Concepts formulés par le groupe d'animation, Gris -Concepts formulés par les participants,

Pavés arrondis : Blancs- Connaissances considérées par le groupe d'animation, Gris- Connaissances apportées par les participants

Les citoyens ont posé de nombreuses questions lors de la phase K, ce qui a permis l'apport d'une diversité de connaissances par les acteurs de la filière et les chercheurs. Ces connaissances ont permis de compléter les connaissances répertoriées par le groupe d'animation en amont de l'atelier (Figure 2). La plupart des connaissances apportées étaient expérientielles, produites au travers de l'expérience du monde, soit dans le cadre professionnel soit dans le cadre privé. Dans une moindre mesure, des connaissances scientifiques, produites à travers une méthode de recherche, ont également été apportées soit par des chercheurs ou des acteurs de l'élevage, par exemple à propos d'expérimentation sur les lactations longues ou l'association d'espèces animales. Les citoyens ont également apporté quelques connaissances sur leur territoire ou des connaissances expérientielles acquises dans le cadre professionnel.

2.2 EXPLORATION DE SOLUTIONS NOUVELLES ET ELABORATION DE PROJETS

Lors de la phase C, les différents groupes ont exploré plusieurs concepts qui n'avaient pas du tout été envisagés par le groupe d'animation et qui n'étaient donc pas présents sur les arbres C-K initiaux (Figure 3). Nous prenons ici quelques exemples issus du groupe 1 pour illustrer plus précisément le processus d'exploration, cependant ces observations ont été constatées pour les 3 groupes. Certains concepts formulés permettent de questionner l'identité même de l'élevage laitier comme le concept « Production végétale sur la ferme pour l'alimentation humaine » l'élevage laitier ne produirait plus seulement des protéines animales pour l'homme, mais également des protéines végétales. Les concepts sont variés car la plupart des voies d'exploration présentes sur l'arbre C-K initial ont été complétée et approfondies. Les citoyens ont également proposé des idées folles qui ont amené les participants à proposer d'autres idées originales. Par exemple, un citoyen a

proposé de garder les veaux pour le loisir, ce qui a amené les participants à réfléchir à un moyen de valoriser les veaux autrement que pour la viande et ils ont alors imaginé utiliser ces veaux pour entretenir les milieux naturels ou artificiels. Les blocages à l'exploration ont été différents entre les acteurs. Par exemple, plusieurs professionnels de l'élevage et un chercheur n'ont pas pensé à questionner l'organisation des filières laitières et allaitantes actuelles. Les citoyens au contraire qui ne connaissaient pas forcément la distinction des 2 filières, ne percevaient pas l'intérêt de maintenir les deux filières et ont proposé des solutions autour de la fin des élevages bovins exclusivement consacrés à la viande . Dans le groupe 2 c'est une citoyenne qui a été bloquée par l'idée de n'abattre les animaux qu'une fois adultes. Les autres acteurs eux ont envisagé différents âges possibles d'abattage.

Au cours de la phase P, 7 projets ont été proposés. Un exemple de projet est présenté en Tableau 1. Ces projets sont variés par la diversité des acteurs impliqués (éleveurs, céréaliers, forestiers, vétérinaires, bouchers, état, collectivités locales, consommateurs de produits animaux, associations citoyennes, parcs naturels …), les échelles de réalisation (locale, nationale, européenne) , les objectifs (nouvelles coopérations entre acteurs, fixation prix, utilisation des veaux pour d'autres services, nouvel étiquetage, sensibilisation, dispositif permettant l'accès pour tous à des produits de qualité).

3. DISCUSSION

3.1 INTERETS DE LA METHODE ET L'INCLUSION DES CITOYENS

La méthode DKCP a permis dans notre cas : (i) L'échange d'une variété de connaissances qui aurait été permis par l'hétérogénéité des groupes, les conditions qui ont été propices à la participation de l'ensemble des participants et les questions posées par les citoyens. (ii) L'élaboration de solutions innovantes, grâce, notamment, aux différents outils mobilisés permettant d'accompagner l'exploration, la capacité des animateurs à stimuler l'innovation, les idées folles proposées par les citoyens, des blocages différents entre les acteurs et (iii) La coopération entre des participants qui avaient pourtant des attentes parfois différentes. Cela pourrait s'expliquer par un objet de conception désirable pour la plupart des acteurs, un objectif de génération d'une diversité d'idées nouvelles plutôt qu'un objectif de consensus entre tous les participants et le climat de bienveillance mis en place.

Dans le cas d'une autre application de DKCP avec des citoyens, acteurs de l'élevage et chercheurs il pourrait être intéressant de procéder différemment pour le recrutement. Passer par des acteurs relais du territoire auraient permis de gagner du temps notamment pour le recrutement des citoyens qui a été très chronophage dans notre cas. Dans l'idéal, il pourrait être intéressant de mobiliser un collectif déjà constitué sur le territoire et prêt à s'impliquer dans ce type de démarche afin d'avoir un réel impact et proposer des idées et projets pertinents. De plus, le format de l'atelier sur une journée entière en semaine a attiré des citoyens déjà sensibilisés aux questions agricoles. Un atelier un soir en semaine ou un week-end aurait peut-être permis d'attirer une plus grande diversité de participants.

3.2 SUITE DE L'ETUDE ET PERSPECTIVES

À la suite de cet atelier KCP il est prévu d'organiser un nouvel atelier P avec les participants de l'atelier participatif afin de discuter de la pertinence et la faisabilité des solutions et projets co-conçus.

Le couplage des résultats obtenus par l'intermédiaire de ce processus de conception avec d'autres stratégies pour repenser « l'élevage de demain » est également envisagé. Une expérimentation système est en cours au sein du projet COCCINELLE afin de tester des pratiques alternatives pour l'élevage de veaux laitiers (Bouchon et al. 2020) et un réseau d'initiatives est en train de se mettre en place afin d'identifier des modèles d'élevages innovants ce qui permettrait une traque aux innovations (Salembier et al. 2021)

CONCLUSION

Notre étude a permis de montrer que la méthode DKCP est efficace afin de faire participer des citoyens à un processus de conception. Les conditions étaient favorables pour que les citoyens s'expriment et participent aux différentes phases de la conception. La faisabilité et la pertinence des sorties pour les autres acteurs du territoire restent encore à être évaluées.

Merci aux membres du projet Coccinelle et aux financeurs de l'étude : le Méta programme SANBA et l'initiative du gouvernement français IDEX-ISITE 16-IDEX-0001 (CAP 20-25)

Berthet E., 2014 Thèse de doctorat

Berthet E., Bosshardt S., Malicet-Chebbah L., van Frank G., Weil B., Segrestin B., Rivière P., Bernard L., Baritaux E., Goldringer I., 2020. Sustainability.

Bouchon M., Pomiès D., Chassaing C., Duval J. 2020 Rec. Rech. Rum.

Hatchuel A., Weil B., 2009. Research in Engineering Design.

Labatut J., Hooge S., 2016. Natures Sciences Sociétés

Romera A.J., Bos A.P. Neal M., Eastwood, C.R., Chapman D., 2020. Agricultural System

Ryschawy J., Grillot M., Charmeau A., Pelletier A., Moraine M., Martin G., 2022 Agricultural System

Salembier C., Segrestin B., Sinoir N., Weil B., Jeuffroy M.-H., Cadoux S., Cros C., Favrelière E., Fontaine L. Gimaret M. Noilhan C., Petit A., Petit M.-S., Prhiel J.-Y., Sicard H., Reau R., Ronceux A., Meynard J.-M. 2021 Agronomy for sustainable development

Vourch G., Brun J., Ducrot C., Cosson J.-F., Le Masson P., Weil B., 2018. Veterinary and Animal Science

L'édition du génome et ses applications à l'élevage : à la croisée des controverses

DELANOUE E. (1), DUCLOS R. (2,5), SOURDIOUX M. (2), JOURNAUX L. (3), DOCKES A.-C. (4), BIDANEL J.-P. (5)
(1) Institut de l'élevage - IFIP Institut du porc - Itavi, 8 rue de Monvoisin, BP 85225, 35652 Le Rheu Cedex
(2) SYSAAF, Section Avicole, Centre INRAE Val de Loire, 37380 Nouzilly
(3) France Génétique Elevage, 149 rue de Bercy, 75012 Paris
(4) Institut de l'Elevage, 149 rue de Bercy, 75012 Paris
(5) INRAE (GABI), AgroParisTech, Université Paris-Saclay, 78350 Jouy-en-Josas

RESUME
En 2012, la découverte du système CRISPR-Cas9, outil d'édition du génome offrant la possibilité d'inactiver, de muter, de substituer ou d'insérer un gène dans un organisme vivant, a fait date au sein de la communauté scientifique par sa simplicité d'utilisation. Pour l'instant, l'emploi de cette technique sur les animaux d'élevage n'est pas autorisé en Europe, mais certaines applications sont possibles dans d'autres pays. Nos travaux visent à analyser la manière dont ces Nouvelles Technologies Génétiques (NTG) et leurs applications potentielles à l'élevage sont perçues, c'est-à-dire à mieux cerner les justifications, arguments et enjeux des différentes parties prenantes. L'enquête a consisté à conduire 48 entretiens semi-directifs avec des acteurs de la filière sélection génétique, du monde agricole, des représentants de la société civile et des pouvoirs publics. Nous nous sommes intéressés à une diversité de filières (ruminants, porcine, avicoles et aquacoles) aux problématiques variées, ainsi qu'à plusieurs applications concrètes de ces technologies possibles en élevage. Les principales incertitudes soulevées par les acteurs recouvrent tout d'abord les impacts des NTG sur l'environnement, la biodiversité et sur les animaux eux-mêmes, mais aussi des aspects sociopolitiques. La typologie des acteurs enquêtés fait apparaître cinq profils d'acteurs selon leur positionnement vis-à-vis des NTG : les « réfractaires », les « sceptiques », les « convaincus », les « enthousiastes » et les « prudents ».

Perceptions of genome editing in farm animals by livestock stakeholders

DELANOUE E. (1), DUCLOS R. (2,5), SOUDIOUX M. (2), JOURNAUX L. (3), DOCKES A.-C. (4), BIDANEL J.-P. (5)
(1) Institut de l'élevage - IFIP Institut du porc - Itavi, 8 rue de Monvoisin, BP 85225, 35652 Le Rheu Cedex

SUMMARY
Since 2012, the development of the Crispr-Cas9 system, genome editing (GE) tools have gained a major place in biological research for its simplicity of using. At this moment, the use of this technology is nevertheless not allowed on farm animals, and the application of GE in agriculture is controversial. The objective of this study was to better understand the positions of the actors of the livestock sector with respect to the use of genome editing techniques, that is to say to better understand their arguments and justifications. A qualitative survey by semi-directive interviews was conducted with different actors of the livestock sector. A total of 48 people were interviewed, the respondents belonged to four sectors (ruminants, pigs, poultry and aquaculture). Uncertainties on which the controversy is built are linked to the technology, its impact on the environment and biodiversity, on animals and on its socio-political impact. Our results allowed us to establish a typology of stakeholders in five categories (opponent, sceptical, cautious, enthusiastic, and convinced) and to characterize the main arguments associated with the position of the different stakeholders.

INTRODUCTION

En 2012, la découverte du système CRISPR-Cas9, outil d'édition du génome offrant la possibilité d'inactiver, de muter, de substituer ou d'insérer des nucléotides dans un organisme vivant, a fait date au sein de la communauté scientifique par sa simplicité d'utilisation. Crispr fait partie de la famille des nucléases programmables, avec notamment les nucléases « à doigt de zinc » (ZFN) et TALEN. Ces deux méthodes sont plus anciennes, mais parce qu'elle est plus facile à manier et moins chère, la technologie CRISPR marque un tournant en matière de modification ciblée du génome.
La méthode est très utilisée en recherche agronomique et promet de nombreuses applications pour les différentes filières. Dès 2016, un champignon de Paris modifié pour ne pas brunir a été autorisé à la vente aux Etats-Unis (Waltz, 2016). Les applications des nucléases programmables aux animaux d'élevage sont nombreuses et variées : résistance aux maladies comme le Syndrome Dysgénésique et Respiratoire du Porc, amélioration de la santé humaine en produisant du lait hypoallergénique, amélioration de l'efficacité de la croissance en arrêtant la production de myostatine (facteur limitant la croissance musculaire), modification des pratiques d'élevage en développant des vaches sans cornes (Tan et al., 2013), etc.
Toutefois pour l'instant, l'application de ces techniques en élevage n'est pas autorisée en Europe et reste confinée dans les laboratoires. Le sujet n'en reste pas moins très débattu au sein de la communauté scientifique.
Dans ce contexte, le GIS Avenir Élevages a lancé en 2020 un groupe de travail ayant comme objectif d'arriver à une vision partagée sur les enjeux et les risques liés à l'utilisation des NTG. Ces travaux visent à analyser la controverse autour des Nouvelles Technologies Génétiques (NTG) et leurs applications potentielles à l'élevage, c'est-à-dire à mieux cerner les justifications, arguments et enjeux des différentes parties prenantes. Nous présentons ici les principaux résultats des travaux menés par le groupe avec, dans une première partie, un cadrage théorique et méthodologique ; dans une deuxième partie, la présentation des principales incertitudes soulevées par la controverse ; et, dans une troisième partie, la typologie des acteurs en fonction de leur positionnement vis-à-vis des NTG.

1. CADRE D'ANALYSE ET METHODE

1.1. LA SOCIOLOGIE DES CONTROVERSES

Souvent perçue comme un débat sans fin et bruyant, synonyme de polémique, la définition de la controverse en sociologie se construit plutôt autour de la notion d'incertitude. La controverse sociotechnique peut se définir comme un débat autour de connaissances scientifiques ou techniques qui ne sont pas stabilisées. Autour de ces connaissances s'agrègent des incertitudes plus vastes : économiques, sociales, juridiques, morales, etc. Différents acteurs vont prendre position autour de ces incertitudes : le débat sur les connaissances non stabilisées sort alors du milieu scientifique pour déborder sur un groupe d'acteurs plus large (Lemieux, 2007).

Le principe méthodologique d'analyse d'une controverse veut que l'on considère sur un pied d'égalité les différents acteurs ainsi que leurs valeurs et leurs arguments. Cela ne signifie pas que ces acteurs sont égaux dans leurs moyens d'influence, bien au contraire : c'est souvent parce qu'il existe des rapports de force et des modes d'action inégaux entre les acteurs qu'il est important de le considérer de manière égalitaire pour être en mesure de percevoir ces asymétries (Pestre, 2007).

En s'appuyant sur le cadre théorique de l'analyse des controverses, nous avons brossé un tableau le plus complet possible des différents acteurs participant à la controverse et des arguments qu'ils mobilisent pour défendre leurs positions.

1.2. L'ENQUETE QUALITATIVE PAR ENTRETIENS SEMI-DIRECTIFS

Ce travail s'intéresse aux filières ruminants, porcine, avicoles et aquacole. L'approche multifilière est une richesse puisqu'elle offre l'opportunité de comparer les discours d'acteurs travaillant sur différentes espèces et pour des filières aux organisations socioéconomiques variées.

Pour préparer l'enquête, neuf entretiens exploratoires ont été menés auprès de chercheurs, de professionnels de la génétique et d'un consultant en affaires publiques spécialisé en agriculture. Ces entretiens ont permis d'acquérir une meilleure connaissance de l'organisation de la sélection génétique chez les différentes filières animales et des enjeux qu'elles rencontrent.

Au total, 48 acteurs engagés sur le sujet des NTG et biotechnologies ont été rencontrés pour l'enquête à proprement parler : représentants d'organismes de sélection génétique, du secteur agricole, de la recherche en génétique (animale et végétale), d'associations citoyennes (environnementalistes, welfaristes, engagées sur les biotechnologies ou de défense des consommateurs), de la grande distribution, et des pouvoirs publics. L'identification de ces interlocuteurs s'est faite grâce à notre réseau et à nos recherches préalables. Cette liste a ensuite été complétée par une identification des principaux acteurs impliqués sur la thématique de l'élevage. Ces entretiens semi-directifs ont été menés entre octobre 2020 et février 2021, pour la plupart en visioconférence du fait de la situation sanitaire. Le principe de cette méthode d'entretien est de permettre l'expression libre et spontanée de la personne enquêtée, sur des thèmes choisis et proposés par l'enquêteur.

Au cours de l'entretien, il était notamment demandé aux enquêtés s'ils connaissaient des utilisations des NTG sur les animaux et, si oui, lesquelles. En support, des fiches « applications » avaient été préparées pour pouvoir présenter des applications potentielles de ces technologies aux répondants qui n'en connaissaient pas ou peu. Les applications présentées reprenaient des projets en cours sur différentes espèces et aux finalités variées : les vaches sans cornes de Recombinetics (mutation connue), le sexage des œufs (insertion d'un gène de fluorescence), Enviropig le porc qui rejette moins de phosphore (obtenu par transgénèse « classique », mais intéressant pour illustrer les aspects environnementaux), un exemple générique d'inhibition de la myostatine (mutation connue), le porc résistant au SDRP (syndrome dysgénésique respiratoire porcin) de l'entreprise PIC, des vaches produisant du lait hypoallergénique. Certains projets induisent ainsi une modification avec insertion d'un gène étranger (transgénèse), d'autres des mutations déjà connues dans l'espèce concernée. La variété des applications présentées permettait de voir si certains paramètres comme les types de modification ou leur finalité (présentée ou perçue) impactaient la perception des NTG par les acteurs.

2. LES INCERTITUDES STRUCTURANTES DE LA CONTROVERSE

2.1. DES INCERTITUDES SPECIFIQUES ET TRANSVERSALES

Les principales incertitudes exprimées par les répondants vis-à-vis des NTG sont liées à la technologie elle-même, à ses impacts sur l'environnement, sur la biodiversité ou sur l'animal et aux enjeux socio-politiques qu'elle soulève. Un dernier point d'incertitude, mentionné par quelques acteurs, est celui de l'impact sanitaire des NTG (Figure 1).

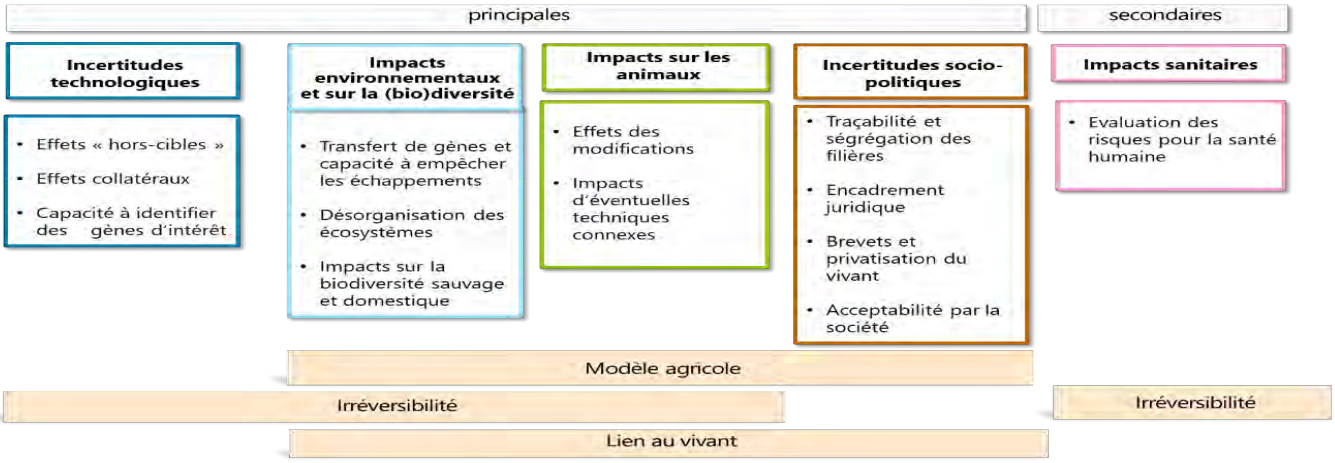


Figure 1 Les incertitudes constitutives de la controverse autour des NTG appliquées aux animaux d'élevage

Toutes ces incertitudes sont interconnectées. Par exemple, l'incertitude quant à notre capacité technique à détecter une modification par NTG dans un produit fini a des conséquences sur l'incertitude concernant la possibilité de mettre au point une méthode réglementaire de traçabilité des produits. Par ailleurs, des incertitudes transversales se superposant aux autres incertitudes plus spécifiques ont été soulevées par les acteurs. La première incertitude transversale est la question du modèle agricole dans lequel vont s'insérer ces techniques. Selon le modèle dans lequel ces dernières trouveront leur place

(agriculture intensive, agroécologique, extensive,…), leurs impacts pourront s'avérer différents, amplifiés ou plus nombreux.
La seconde incertitude transversale est l'irréversibilité de ces techniques et de leurs impacts. Cette notion d'irréversibilité est très importante et relève d'un registre argumentatif mobilisé dans d'autres controverses, comme celle autour du nucléaire (Chateauraynaud, 2011). Certains acteurs craignent que la modification ciblée du génome induise des changements ou des choix sur lesquels on ne pourra pas revenir. Par exemple, certains acteurs voient dans la transmissibilité des modifications un risque important de perte de contrôle de la technologie. Si l'on sort du champ de l'élevage pour s'intéresser au contrôle des espèces nuisibles, la portée de cet argument est prégnante. Selon si un acteur perçoit les modifications induites par les NTG comme irréversibles ou non, il ne percevra pas de la même façon les risques pour l'écosystème, pour l'animal ou pour la santé humaine. Cette notion d'irréversibilité est à l'origine du principe de précaution qui prévaut dans la directive 2001/18/CE relative à la dissémination volontaire des OGM.
La dernière incertitude transversale est d'ordre éthique : quel lien au vivant souhaitons-nous entretenir ? Que disent les NTG de notre rapport au vivant ? Ces questionnements éthiques sont au cœur de nombreuses autres incertitudes, comme la privatisation du vivant et la capacité à le breveter. Les interrogations sont multiples : ne porte-t-on pas préjudice à l'animal en modifiant son ADN ? jusqu'où l'humain peut-il modifier la Nature ? ne faudrait-il pas sanctuariser le génome ? Si seulement quelques acteurs rencontrés ont une réponse définitive sur ce sujet, la plupart expriment des interrogations voire des doutes. Les implications sont multiples et vont de pair avec des interrogations plus vastes sur l'éthique de la génétique et de l'élevage : *« Quel potentiel de libre-évolution va-t-on laisser au non-humain, de capacités évolutives, de capacités propres et de ressorts créatifs du vivant qui impliquent d'être dans une relation pas simplement instrumentale mais dans une relation à la valeur intrinsèque ? »* (acteur de la société civile).

2.2. LE SPECTRE DES OGM

La plupart de ces incertitudes ne sont pas spécifiques au sujet : les interrogations et arguments soulevés dans le débat autour des OGM sont remobilisés par une partie des acteurs s'exprimant sur les NTG.
En assimilant les NTG aux OGM, certains acteurs cherchent à les insérer dans un cadre sociojuridique déjà existant. Relier les NTG aux OGM est une stratégie argumentative fréquemment utilisée par les acteurs réfractaires à ces technologies. D'autres acteurs laissent de côté les OGM pour resituer les NTG dans l'histoire de la sélection génétique, soit comme une véritable rupture, soit comme un outil supplémentaire pour les sélectionneurs, voire en les présentant comme une simple réplication des processus naturels. Dissocier les NTG des OGM est une tentative argumentative pour réhabiliter les NTG, souvent employée par les acteurs qui y sont favorables.
Ces stratégies argumentatives entraînent des conséquences qui peuvent être aussi bien symboliques (la perception qu'ont les acteurs de ces techniques) que juridiques (application ou non de la directive 2001/18/CE spécifiques aux OGM).

3. TYPOLOGIES DES ENQUETES : QUELLES ATTITUDES VIS-A-VIS DES NTG ?

Une fois les incertitudes identifiées, nous avons cherché à voir si des profils d'acteurs se dessinaient au sein de notre échantillon. Il apparaît que la profession des enquêtés prédispose très fréquemment leur niveau de connaissance du sujet. Les chercheurs spécialisés en génétique, les acteurs de la sélection génétique d'entreprise, et certains représentants d'associations engagées sur les questions environnementales ou sur les biotechnologies connaissent bien, voire très bien le sujet. Au contraire, les chercheurs appartenant à d'autres champs disciplinaires, ainsi que les acteurs appartenant à des associations de défense du consommateur, du bien-être animal ou ceux du secteur agricole hors sélection génétique connaissent rarement le sujet, à l'exception des acteurs ayant précédemment été engagés sur les OGM végétaux.
C'est donc à partir de ces informations que nous avons initialement cherché à construire notre typologie. Le degré de « favorabilité » vis-à-vis de ces techniques a aussi été pris en compte. Au cours des entretiens, les acteurs étaient amenés à exprimer leurs opinions sur le sujet ainsi que, le cas échéant, celui de la structure qu'ils représentaient. Pour élaborer cette typologie, nous n'avons retenu que leur positionnement individuel, un grand nombre de structure n'ayant aucune position officielle, voire même officieuse. Cette position relève plus d'une tendance que d'un avis net et tranché : si certains acteurs rejettent en bloc ou adhèrent aux NTG ou à certaines de leurs utilisations, beaucoup ont un discours plus nuancé, en construction, parfois flou et dans de rares cas, contradictoires. Néanmoins, des tendances ressortent généralement des entretiens et cinq profils de répondants vis-à-vis de leur perception des NTG ont été identifiés (Figure 2).

3.1. LES CONVAINCUS

Les personnes convaincues ont une très bonne connaissance du sujet des NTG. Elles travaillent généralement dans le secteur des technologies génétiques, que ce soit dans les filières animales ou végétales. Leur travail ou leur engagement les amène à communiquer sur les NTG auprès d'un public plus ou moins spécialisé.
Elles considèrent que les NTG peuvent s'insérer dans tous les types d'élevage selon l'application développée. Elles défendent généralement une application spécifique et cherchent à la promouvoir. Il peut s'agir d'applications visant à améliorer la résistance aux maladies des animaux ou à modifier la composition nutritionnelle des produits issus de ces animaux, par exemple. Elles montrent de l'intérêt pour d'autres projets mais placent cette innovation au premier plan.
Plus globalement, on retrouve chez les individus du profil « Convaincus » un argumentaire qui présente les biotechnologies comme une solution pour une agriculture et un élevage plus durables.

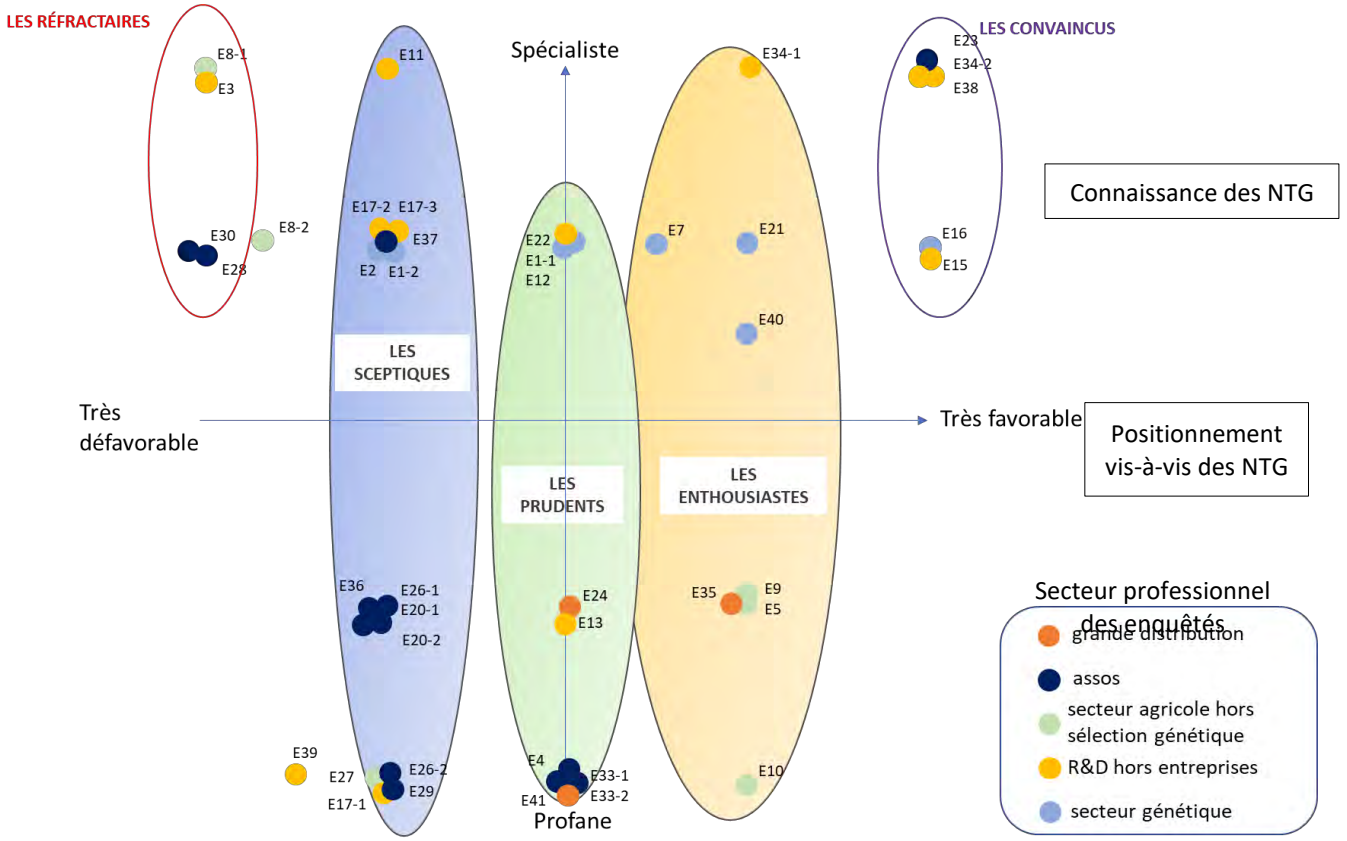
3.2. LES REFRACTAIRES

Les individus du profil « Réfractaires » expriment une opposition ferme à l'application des NTG dans le secteur agricole et sont généralement engagés sur le sujet, qu'ils connaissent bien (membres du Haut Conseil aux Biotechnologies, représentants d'association, chercheurs généticiens, etc.).
Les personnes de ce profil connaissent bien la controverse autour des OGM végétaux et s'y réfèrent régulièrement. La controverse autour des OGM « classiques », qui a débuté dans les années 90, leur sert de cadre d'analyse pour les NTG : *« Avec Crispr on a eu exactement les mêmes affirmations, promesses, etc., qu'avec des premiers OGM il y a 30 ans. »* (représentant du secteur associatif). Leurs arguments contre les OGM et les NTG sont, notamment, la destruction de la diversité et de la capacité d'adaptation des animaux et des plantes, la désynchronisation par rapport au temps « naturel » de l'évolution, les effets inattendus potentiels et les impacts négatifs des techniques connexes mobilisées.

3.3. LES ENTHOUSIASTES

Le profil d'acteurs « Enthousiastes » se distingue des « Convaincus » car ils ne sont pas engagés personnellement ou professionnellement dans le débat. Ils ont un niveau de connaissance très varié, allant du chercheur spécialiste du sujet qui ne souhaite pas s'impliquer dans le débat, à l'individu profane qui imagine plein de possibilités avec de tels outils.

Ces individus espèrent que ces techniques vont offrir des solutions aux défis que rencontrent actuellement les filières d'élevage : meilleure valorisation de l'herbe, moindres émissions de méthane, viande plus persillée



« Il y a plein d'hypothèses possibles et inimaginables dans ce dossier-là, il n'y a quasiment aucune limite. Dans la réflexion… car après, dans la mise en place, c'est un petit peu plus compliqué. » (acteur de la sélection génétique)

Figure 2 Typologie des acteurs enquêtés en fonction de leur positionnement vis-à-vis de l'utilisation des NTG en élevage

3.4. LES SCEPTIQUES

Les termes « sceptique » et « dubitatif » ont été mobilisés à plusieurs reprises par des répondants, ce qui a participé à la construction de ce profil. On y trouve davantage de représentants de la société civile que dans les autres profils, mais aussi des acteurs de la sélection génétique plus spécialistes.

Les individus de ce profil expriment des doutes sur trois plans principaux : d'une part l'intérêt de ces techniques d'un point de vue technologique, d'autre part la possibilité de développer ces outils au sein d'un système respectueux des animaux et de l'environnement, et enfin la capacité à règlementer le développement de ces outils.

« À mon avis, il y a peut-être une autre voie que d'en passer par ces techniques-là, comme des changements de pratiques ou de systèmes d'élevage purement et simplement. » (acteur du secteur agricole)

3.5. LES PRUDENTS

Les acteurs « Prudents » sont les plus difficiles à caractériser. Ce sont soit des personnes ayant une faible connaissance du sujet ce qui explique leur difficulté à se positionner vis-à-vis de l'utilisation des NTG en élevage. Ce sont aussi des personnes qui connaissent mieux les technologies, expriment ponctuellement un intérêt ou une opposition à certaines applications, mais sans avoir de position générale arrêtée. Elles considèrent qu'il leur faut plus d'informations pour prendre position sur le sujet.

Les individus de ce profil sont donc prudents dans leur réponse, et invitent à ce que, collectivement, une attitude prudente à l'égard des NTG soit adoptée. La décision est remise entre les mains d'autrui : celles des chercheurs à qui il revient de donner plus d'éléments pour nourrir la réflexion et pour décider si l'utilisation de ces techniques est pertinente ou non, à la société civile qui est présentée comme juge, ou aux politiques dont on attend qu'ils donnent l'impulsion. Ils mettent l'accent sur la nécessité de trouver un « compromis » entre les différentes parties prenantes et évitent de se positionner individuellement. *« À partir du moment où c'est un sujet qui sera validé par l'ensemble de la société, que ce soit la justice, les fraudes, les ONG, ça ne nous pose aucun problème. »* (acteur de la grande distribution)

4. QUELLE PERCEPTION DES NTG PAR LE GRAND PUBLIC ?

Nos résultats portent sur la vision d'acteurs relativement engagés sur le sujet des NTG ou sur des enjeux connexes, et porteurs d'opinion dans le contexte français. D'autres travaux ont cherché à saisir l'attitude du grand public vis-à-vis de ces technologies en menant des études de consommateurs.

Aux Etats-Unis, par exemple, Ritter et al. (2019) ont interrogé 434 consommateurs sur leur perception d'une vache modifiée génétiquement pour ne plus avoir de cornes. Cette étude montre que l'application ainsi que l'objectif mis en avant influencent l'attitude du public vis-à-vis des NTG. Les répondants se montrent plus favorables à une application de résistance aux maladies qu'à celle des vaches sans cornes, et sont plus favorables à l'utilisation des NTG lorsque l'objectif est l'amélioration du bien-être animal plutôt qu'une diminution des coûts de production.

D'autres travaux analysent les déterminants socioculturels influençant la perception qu'ont les individus des

biotechnologies. Debucquet et al. (2020) se sont ainsi intéressés aux représentations influençant la perception qu'ont les profanes français des NTG. Cette étude se concentre sur le principe général des techniques de modification du génome, en laissant de côté les utilisations dont elles pourraient faire l'objet. Les résultats montrent que, de manière générale, les participants ne sont pas très favorables aux NTG, la transgénèse et la cisgénèse étant les méthodes qu'ils rejettent le plus. L'étude révèle une différence dans les logiques de classifications profanes et scientifiques des outils génétiques. Certains individus suivent une logique dite « cartésienne », leur préférence allant aux techniques ciblées, d'autres suivent une logique « naturaliste » et tolèrent mieux les techniques aléatoires. D'autres critères comme le degré d'intervention de l'humain, la précision de la modification et sa transmissibilité influencent aussi la représentation qu'ont les individus des techniques.

Au niveau européen, une étude néerlandaise (Middelveld et Macnaghten, 2021) s'est intéressée aux imaginaires sociotechniques forgeant le rapport aux NTG des professionnels de la sélection génétique et des chercheurs en science de l'agriculture. Trois imaginaires ont été identifiés. L'imaginaire « Cautiously Exploring », le plus fréquemment rencontré, se caractérise par l'incertitude et l'indécision des acteurs, qui ne savent pas vraiment s'il faut adopter ou non la technologie. Quelques individus adhèrent à un imaginaire qualifié de « Move Fast », qui s'appuie sur la conviction que les NTG sont une solution à développer et dont l'enjeu principal est d'obtenir un cadre réglementaire favorable pour avancer à grands pas vers la commercialisation. Le dernier imaginaire est celui du « Move Out » : pour ces individus, les NTG vont inévitablement se développer, mais en dehors de l'UE qui ne réévaluera pas sa position vis-à-vis de ces technologies. Pour les auteurs, il est important de s'intéresser à ces imaginaires sociotechniques, puisque les acteurs de la sélection génétique et de la R&D s'appuient sur eux pour faire évoluer ou maintenir l'équilibre actuel autour des NTG et peuvent peser dans les négociations.

CONCLUSION

Ce travail a permis d'identifier les principales incertitudes liées à l'utilisation potentielle des NTG sur les animaux d'élevage et l'éventail des positions vis-à-vis de ces technologies. Le sujet étant pour l'instant confiné à des sphères spécialisées, ces positions sont à même d'évoluer.

Derrière ces différentes mises en récit se trouvent des divergences plus profondes qui traduisent plusieurs visions du monde. L'une d'elle est la relation des acteurs au milieu scientifique et à la science en général. Les acteurs très critiques de technoscience sont souvent opposés aux NTG et n'envisagent pas que la science puisse résoudre les incertitudes qu'elles soulèvent. À cela s'ajoutent les nombreuses problématiques que soulève l'élevage aujourd'hui, faisant l'objet d'âpres discussions (Delanoue et al., 2018). L'autre aspect nécessaire à la compréhension de la position des acteurs est donc le type d'élevage qu'ils défendent. Le contexte controversé autour de l'élevage peut expliquer que les positionnements soient plus prudents chez les acteurs de l'élevage que chez ceux du secteur végétal. De nombreux répondants ont recentré le débat autour des systèmes d'élevage à promouvoir. Ces deux rapports à la science et à l'élevage influencent grandement l'avis des acteurs, qui associent parfois l'activité technoscientifique au modèle agricole industriel et intensif.

Cette étude a un caractère prospectif, les acteurs engagés sur le sujet étant à ce jour restreints à des sphères spécialisées et les animaux « édités » n'étant pas sortis des laboratoires. Cependant, depuis le début de ce travail, le contexte évolue rapidement : multiplication des projets de recherche, projets approchant la commercialisation, travaux des gouvernements et des instances juridiques pour repenser les cadres législatifs… Ainsi, le porc résistant au SDRP de l'entreprise Genus PIC est en phase de pré-commercialisation, l'entreprise ayant fait savoir qu'elle échangeait actuellement avec la Food and Drugs Administration (FDA) en prévision d'une évaluation. En décembre 2020, un deuxième animal modifié par modification ciblée du génome a été approuvé par la FDA en vue d'une mise sur le marché alimentaire, ainsi que pour un usage thérapeutique. Il s'agit du porc GalSafe, qui n'exprime pas de sucre alphagal, qui déclenche des allergies chez certains individus. L'inscription de cet animal à la fois dans les champs alimentaire et médical, pourrait conduire à des échanges d'arguments nouveaux ainsi qu'à mieux cerner la spécificité des relations des consommateurs avec l'animal-aliment et l'animal-médicament. En septembre 2021, c'est une daurade génétiquement modifiée pour une croissance plus rapide qui a fait l'objet de ventes-tests au Japon.

De nouveaux questionnements liés à l'avancée de la recherche ou à la publicisation du sujet pourraient voir le jour. Par exemple, la modification ciblée de l'épigénome ou du microbiote, thématiques de recherches émergentes, n'ont pas été abordées avec les enquêtés. Des études plus ciblées sur des types de modification ou un nombre restreint d'applications permettraient d'approfondir le sujet.

L'utilisation des techniques de modification ciblée du génome sur les animaux d'élevage pourrait donc très vite quitter la sphère des « spécialistes » et devenir affaire publique.

Les auteur.rice.s tiennent à remercier les personnes qui ont accepté de témoigner en entretien, ainsi que les membres du groupe de travail « Nouvelles Technologies Génétiques » du GIS Avenir Elevages pour leur contribution et leur implication dans ce projet.

Chateauraynaud F., 2011. A contrario, 16, 2, 131
Debucquet G. et al., 2020. Public Understanding of Science, 29, 5, 524-43
Delanoue E. et al., 2018. Univ.Rennes 2, 426p
Lemieux C., 2007. Mil neuf cent, 25, 1, 191-212
Middelveld S., Macnaghten P., 2021. Elementa, 9, 1.
Pestre D., 2007. Mil neuf cent, 25, 1, 29-43.
Ritter C. et al., 2019. PLOS ONE, 14, 12.
Tan W. et al., 2013. Proc. of the Nat. Acad. of Sci., 110, 41, 16526-31
Waltz E., 2016. Nature, 532, 7599, 293

Renouvellement des actifs, attractivités des métiers, nouveaux modèles d'installation

Élevage de ruminants : vers une pénurie de main-d'œuvre ?

DEPEYROT J.-N. (1), PARMENTIER M. (2), PERROT C. (3)
(1) Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire, Centre d'Etudes et de Prospective (CEP), 75007 PARIS
(2) Caisse centrale de la Mutualité Sociale Agricole,
(3) Institut de l'Elevage - département Economie, 75012 PARIS

RESUME

Les exploitations avec élevage de ruminants de taille significative regroupent au recensement agricole 2020 la moitié des emplois agricoles non-salariés (en équivalents temps plein) de la France métropolitaine. Les chefs d'exploitation et coexploitants connaissent un vieillissement marqué en particulier dans les secteurs bovins lait et viande, mais moins prononcé que pour les exploitations sans élevage. C'est cette évolution qui déclenche des interrogations sur les conséquences, notamment en termes de volume de production, de la vague de départs inéluctable qui lui est associée. Néanmoins, le pourcentage d'éleveurs de moins de 40 ans semble s'être stabilisé depuis 2010, à des niveaux variables selon les secteurs, grâce au maintien d'un flux conséquent d'entrées de jeunes et moins jeunes actifs aux profils et aux choix productifs très variés. Ces installations développent la diversité des exploitations avec élevage de ruminants, aussi bien pour les exploitations individuelles, plus fréquemment en double activité et/ou reprises hors cadre familial et orientées vers des circuits courts, que pour les GAEC, plus fréquemment familiaux, qui poursuivent leurs croissances individuelles en taille et volume de production. L'analyse des trajectoires individuelles des actifs montre, sur la dernière décennie, une meilleure stabilité des travailleurs en élevage de ruminants, quel que soit leur statut, et révèle que les salariés peuvent, mieux qu'ailleurs, constituer des candidats à l'installation.

Ruminant breeding: towards a labour shortage?

DEPEYROT J.-N. (1), PARMENTIER M. (2), PERROT C. (3)
(1) Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire, Centre d'Etudes et de Prospective (CEP), 75007 PARIS

SUMMARY

In mainland France, in the 2020 agricultural census, significant-sized ruminant farms accounted for half of the nonsalaried agricultural jobs (in full-time equivalents). Farm managers and co-managers are experiencing a marked ageing process, particularly in the dairy and beef sectors, but this is less pronounced than for farms without livestock. This development raises questions about the consequences, particularly in terms of production volume, of the inevitable wave of departures associated with it. Nevertheless, the percentage of farmers under 40 years of age seems to have stabilised since 2010, at variable levels depending on the sector, thanks to the maintenance of a significant flow of young and not so young workers with very varied profiles and production choices. These installations develop the diversity of ruminant farms, both for individual farms, which are more frequently involved in two activities and/or taken over outside the family framework and oriented towards short circuits, and for jointly run farms (GAECs), which are more frequently family-run, and which are continuing their individual growth in size and volume of production. An analysis of the individual trajectories of the active population shows, over the last decade, a greater stability of workers in ruminant breeding, whatever their status, and reveals that employees can, better than elsewhere, constitute candidates for installation.

INTRODUCTION

Plusieurs travaux récents ont analysé la question de la main d'œuvre et de l'emploi agricole, notamment selon leurs dynamiques et transformations (Forget *et al.*, 2019), sous l'angle des politiques publiques européennes (Detang-Dessendre *et al.*, 2022), de la démographie et du renouvellement des exploitants (CNE, 2019). Le recensement agricole décennal de 2020 (RA 2020) offre un point de vue exhaustif et actualisé sur les exploitations françaises et ceux qui y travaillent, permettant d'analyser conjointement et de façon dynamique, les structures et pratiques des exploitations avec la force de travail et son organisation.

Les premiers résultats du RA2020 (Givois, 2022) montrent ainsi une diminution du volume total d'emploi dans les exploitations agricoles françaises de 11% en 10 ans, à 659 500 équivalents temps plein (ETP). Si l'évolution du modèle d'exploitations familiales est largement débattu (Bermont *et al.*, 2017, Courleux *et al.*, 2017), le travail agricole reste essentiellement assuré, en France, par des exploitants et coexploitants (391 200 ETP, 59 % du total) et les membres de leurs familles (53 700 ETP, 8 % du total). Ce travail familial, s'il reste majoritaire, est toutefois en recul (16,5 %), et est partiellement compensé par le développement de l'emploi permanent salarié non familial (+8,2 %) et l'externalisation des travaux (+39,2 % pour les travaux réalisés par les entreprises de travaux agricoles ETA).

Les exploitations avec élevage de ruminants regroupent une large part de l'emploi agricole et plus particulièrement de l'emploi agricole non salarié. Les différentes filières auxquelles elles participent ont connu, dans la dernière décennie, des évolutions majeures, avec une importante restructuration du secteur laitier bovin (Depeyrot et Perrot, 2021), et un début de décapitalisation en vaches allaitantes pour le secteur bovins viande (Idele, 2022). Les déterminants de l'évolution des productions de lait et de viande sont multifactoriels mais des analyses récentes tendent à montrer que la démographie agricole et la réduction de la main d'œuvre dans ces exploitations ont de fortes chances de devenir des facteurs limitants de ces productions d'ici 2030 (Idele, 2021, Chatellier et al, 2021 et Perrot et al, 2022).

Au niveau européen, ces questions démographiques sont reconnues comme un enjeu majeur des politiques agricoles, essentiel pour consolider le tissu socio-économique des zones rurales, un des quatre objectifs majeurs de la politique

agricole commune. Dans l'élaboration de son diagnostic en vue du Plan Stratégique National de la PAC 2023-2027 (Ministère de l'agriculture, 2021), la France relevait que parmi les exploitants cessant leur activité, près d'un sur trois n'est pas remplacé, avec les taux d'installation les plus bas en élevage bovin. Dans un livre blanc consacré au renouvellement des générations dans le secteur de l'élevage de ruminants (CNE, 2022), la profession agricole évoque le défi d'un "choc de transmission" d'ici 2030. Au-delà de l'aspect démographique, ils pointent les risques que font peser un faible taux de remplacement ou un *turn-over* trop élevé pour la compétitivité des filières. Ce risque était pointé également dans les Plans de Filière demandés aux interprofessions du secteur à la suite des Etats Généraux de l'Alimentation. Dans un récent rapport consacré à la compétitivité de la ferme France (Duplomb et al., 2022), le Sénat évoquait un "mur du renouvellement" pour la filière bovine laitière d'ici 2035, évoquant un enjeu démographique d'autant plus important que la filière laitière française aurait le plus bas taux de renouvellement au monde (45% des départs en rapportant les travaux de l'Institut de l'Elevage). Ce "mur démographique" était aussi au cœur du discours du Président de la République Française du 9 septembre 2022, qui a détaillé devant le syndicat des Jeunes Agriculteurs, la teneur du Pacte d'orientation et d'avenir de l'agriculture, prélude à la future loi, dans lequel le renouvellement des actifs est présenté comme un enjeu pour la souveraineté agricole et alimentaire.

Dans ce contexte, il semble important de détailler l'état des lieux de la démographie de ces filières d'élevage, mais aussi de synthétiser les évolutions en cours pour y faire face. Cette synthèse s'appuie donc sur les dernières données disponibles, statistiques ou administratives, pour étudier l'évolution de la force de travail active dans les exploitations où l'élevage de ruminants occupe une place significative.

Après avoir présenté les sources mobilisées et les choix méthodologiques, nous analyserons la restructuration des exploitations et des emplois entre 2010 et 2020. La troisième partie de cette synthèse sera consacrée aux installations et leur diversité, avant de développer la question du salariat.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. Bases de données mobilisées

Pour cette synthèse, différentes bases de données, statistiques ou administratives, ont été mobilisées, chacune dans une perspective historique, afin de cerner au mieux la diversité et les dynamiques des exploitations pratiquant l'élevage de ruminants.

Le recensement agricole (RA) 2020 [1] s'inscrit dans le recensement décennal européen, grâce un questionnaire détaillé il permet, de manière unique, de croiser de façon exhaustive les informations sur la structure, la main-d'œuvre (MO), et les activités des exploitations. Nous nous sommes ici concentrés sur les 389 800 exploitations de France métropolitaine. Chacune d'elles peut être finement caractérisée, grâce au recensement précis des différentes surfaces de cultures, et des cheptels et activités d'élevage. Concernant la main-d'œuvre, au-delà des informations démographiques et de temps de travail, le questionnaire du RA apporte des informations exclusives sur l'origine, le parcours et la formation des chefs d'exploitations et coexploitants. Pour les autres actifs "permanents" (présents au moins huit mois sur l'année), il précise le lien familial avec les exploitants et le statut salarié éventuel. Enfin, la MO occasionnelle est analysée en volume et en nombre par exploitation, sans détail individuel. Cette main-d'œuvre occasionnelle ne se limite pas non plus aux salariés de l'exploitation, et peut inclure des salariés de groupements d'employeurs, voire des bénévoles, ou de l'entraide. La continuité entre les recensements 2010 et 2020 permet de comparer finement les situations à dix ans d'écart.

La Mutualité Sociale Agricole (MSA), dans le cadre de ses missions, collecte des informations administratives sur l'ensemble des cotisants, qu'ils soient non-salariés ou salariés. Les cotisants non-salariés regroupent les chefs d'exploitation (sans distinction entre chefs, au sens du RA, et coexploitants) et les cotisants solidaires. Les bases concernant les salariés recensent l'ensemble des contrats de chaque actif et permettent de caractériser leur statut (Depeyrot *et al.*, 2019, Magnan 2022). Les agriculteurs doivent être affiliés à la MSA en tant que chefs d'exploitation dès lors que leur exploitation atteint la surface minimale d'assujettissement (SMA) fixée nationalement à 12,5 ha et ajustée au niveau départemental, ou que cette activité représente l'équivalent de 1 200 heures de travail, ou qu'elle permette de dégager un revenu professionnel agricole d'au moins 800 SMIC horaires. Ils peuvent être rattachés à la MSA en tant que cotisants de solidarité pour des surfaces entre 1/8 et 1 SMA, (150 à 1 200 h de travail par an). Au sens du recensement agricole, le seuil minimal de définition d'une exploitation est de 1 ha, ou 20 ares de cultures spécialisées, ou des seuils spécifiques (1 vache, etc.). Certaines exploitations incluses dans le RA peuvent ainsi ne pas donner lieu à affiliation à la MSA, mais cela ne peut concerner que de très petites structures. Ces données sont donc exhaustives sur les salariés agricoles, et quasi exhaustives (par rapport au RA) pour les non-salariés[2], en revanche elles n'apportent pas d'information sur la MO informelle non cotisante, potentiellement présente dans le RA mais probablement sous-déclarée. Ces données annuelles permettent des approches historiques détaillées, notamment à des fins de comparaison avec les recensements décennaux. Et grâce à un identifiant unique, ce sont les seules données permettant de recenser le nombre de travailleurs occasionnels (Forget *et al.*, 2019) et de développer des analyses de trajectoire au niveau individuel.[3]

Ces bases à l'échelle des individus permettent de caractériser les exploitations au titre desquelles ils cotisent par leur statut juridique, leur nomenclature d'activité française (NAF), ou une typologie liée au niveau de risque d'Accident du Travail des Exploitants agricoles (ATEXA), une orientation productive déclarée par chaque chef d'exploitation. Mais différents identifiants administratifs permettent aussi des appariements avec d'autres sources pour caractériser plus précisément les systèmes de production. Ainsi les bases annuelles des non-salariés ont été appariées avec la Base de données nationale d'identification du cheptel (BDNI) et les bases 2010 et 2020 salariés et non-salariés ont été appariées avec les RA 2010 et 2020 (enrichies au préalable en identifiants à l'aide des données de paiement des aides de la PAC de l'Agence de Services et de Paiement), sur la base, successivement de leur numéro PACAGE, de leur SIRET et SIREN, de leur numéro de détenteur de bovins et de leur numéro d'établissement à la MSA.

Pour 2020, on identifie ainsi 307 409 exploitations agricoles, soit 79% des 389 000 exploitations du RA ayant au moins un chef d'exploitation non salarié affilié à la MSA (hors cotisants solidaires). Et l'on retrouve même 321 692 exploitations du RA (82%) ayant au moins un salarié ou un non salarié la MSA,

[1] Voir https://agreste.agriculture.gouv.fr/

[2] Le champ complet de la MSA est même plus large que celui du RA, car incluant les secteurs forestiers et para agricoles.

[3] Notons que ni les données statistiques du RA ni les données administratives de la MSA ne sont en mesure de recenser les ateliers ou tâches sur lesquelles interviennent les actifs.

quel que soit son statut (77,7% en 2010). Pour les exploitations avec un atelier d'élevage ruminant significatif (typologie : voir 1.2), ce taux d'appariement monte à 92,9 % en 2010 et 94,4 % en 2020.

1.2. Sélection et typologie d'exploitations

Le champ retenu est celui des exploitations agricoles au sens du RA, de France métropolitaine, et avec au moins un atelier d'élevage de ruminants *de taille significative*. Les seuils retenus pour ce critère sont issus des travaux développés en commun par l'Idele, l'Ifip et l'Itavi au sein du RMT Economie des filières animales (Institut de l'élevage, 2013). Sont ainsi retenues les exploitations dont les cheptels bovins, ovins et caprins cumulés atteignent au moins 8 unités de gros bétail (UGB) aliments grossiers[4], *ou* possédant au moins 5 vaches laitières ou allaitantes, *ou* 50 brebis allaitantes *ou* 25 brebis laitières *ou* 10 chèvres[5].

Les exploitations sont ensuite classées selon une typologie de l'activité d'élevage de ruminants à partir de l'activité qui domine l'activité ou structure le fonctionnement du système d'exploitation, même dans les exploitations mixtes avec plusieurs ateliers d'élevage de ruminants (*op. cit*). A savoir d'abord une activité laitière si elle existe, avec priorité à la présence de petits ruminants laitiers (OL : ovins lait, CA : caprins, VL : vaches laitières). Puis EN : engraissement de gros bovins et VA : vaches allaitantes (y compris mixtes bovins-ovins viande, presque toujours à dominante bovine), parfois regroupés en BV : bovins viande, et enfin OV : ovins viande. Certains polyélevages (de ruminants) complexes sans dominante nette ou avec des chevaux sont classés à part mais ne sont pas présentés en détail ici. Cette typologie développée sur le RA2010 a été répliquée sur les données 2020.

Comme évoqué, une fois cette typologie établie, un appariement original entre les RA 2010 et 2020 et les données "salariés" et "non-salariés" de la MSA permet de caractériser les exploitations où travaillent ces actifs. Le statut des salariés agricoles est caractérisé pour chaque contrat en reprenant la typologie développée dans le cadre du projet Actif'Agri (Depeyrot *et al.*, 2019), entre contrats à durée indéterminée (CDI), contrats à durée déterminée (CDD) saisonniers et non saisonniers, et contrats d'apprentissage. Les ETP salariés sont calculés sur la base de 1820 heures annuelles.

1.3. Mise en parallèle des deux sources : intérêt et complexité du croisement

L'appariement entre les données du RA et de la MSA, à l'échelle des exploitations, permet de qualifier techniquement les exploitations, tout en profitant du détail et du suivi temporel des données de la MSA. A titre de comparaison, une typologie comparable au RA a été réalisée sur les données de la MSA, entre contrats "permanents" d'une durée sur l'année de 8 mois ou plus, et "occasionnels". Cette typologie commune[6] permet de rapprocher les définitions des deux sources, pour en comparer les enseignements.

La comparaison rappelle que la MO permanente recensée au RA n'inclut pas uniquement des contrats salariés, surtout lorsqu'elle est familiale. Pour les exploitations avec élevage de ruminants significatif, l'appariement particulièrement performant permet une analyse fine du recours à la MO.

Un net écart ressort pour la MO occasionnelle, lequel ne peut pas être expliqué par les définitions des champs étudiés. En effet la MO occasionnelle au sens du RA inclue les salariés occasionnels directement employés par les exploitations, mais aussi le recours à des groupements d'employeurs, des travailleurs détachés, voire à des bénévoles (voir Frécenon *et al.*, 2021 pour une analyse détaillée des formes alternatives de travail). Si le nombre d'exploitations concernées est cohérent, le volume de travail salarié (direct) décompté par la MSA se révèle supérieur, montrant une sous-estimation, par les enquêtés, du temps de travail des saisonniers et occasionnels. Au RA, le temps de travail occasionnel est estimé en heures, jours, ou mois selon les exploitations, et regroupé par tranches d'un quart de temps plein au RA, alors qu'il est connu à l'heure déclarée près pour les salariés à la MSA. Au-delà de la différence de précision, la perception des employeurs peut aussi entrer en jeu.

On l'a vu, par l'identification unique des actifs, la MSA est la seule source permettant leur décompte précis, y compris lorsqu'ils interviennent dans plusieurs exploitations ou sous plusieurs statuts. En revanche, la MSA ne renseigne pas sur le taux d'emploi des exploitants, ou pas au-delà de la présence éventuelle d'une activité extérieure à l'exploitation qui peut être principale ou secondaire. Ces deux sources sont donc non seulement convergentes mais aussi particulièrement complémentaires.

2. La restructuration des exploitations et des emplois

2.1. Une main-d'œuvre familiale prédominante, mais en repli

Lors du recensement agricole 2020, 144 000 exploitations agricoles sur 390 000, soit 37%, disposaient d'un atelier d'élevage de ruminants de taille significative (tableau 1). Leur nombre s'est réduit de 24,3% entre les deux recensements contre 9% pour les exploitations sans herbivores et 52% pour les exploitations avec un atelier d'herbivores de taille inférieure aux seuils définis ci-dessus, des exploitations souvent spécialisées et de petite taille en surfaces correspondant à des exploitations de fins de carrière en 2010. Pour ces exploitations avec élevage de ruminants, la diminution du nombre (-46 300) provient presqu'exclusivement des exploitations sous statut individuel (-45 100, -39%). Parmi les formes sociétaires, les GAEC dont l'intérêt s'est accru sur la période (possibilité de faire des GAEC entre époux, règle pour la transparence des aides PAC) ont encore accru leur place relative, en particulier dans les filières laitières bovine, ovine, caprine.

En 2020, l'importance relative de ces activités d'élevage de ruminants est nettement plus marquée pour les actifs non salariés (211 000 chefs et coexploitants concernés, soit 43% et même 50% des 444 800 ETP familiales recensées en France métropolitaine) que pour les salariés (37 400 actifs permanents non familiaux, salariés pour la plupart, soit 22% et 17% des ETP salariées permanentes ou occasionnelles et saisonnières) ou pour le recours aux prestations extérieures (18% des 23 400 ETP recensées). Ces exploitations avec élevage mobilisent néanmoins un peu plus de 50% des prestations réalisées par des CUMA, mais le volume de travail concerné est très faible (700 ETP sur 1 300).

[4] Unité commune permettant de comparer différents cheptels, dont les coefficients reposent sur des besoins alimentaires standards des animaux ; une vache laitière représente 1 UGB.

[5] Ces seuils tiennent compte du temps de travail et de valorisations différentes selon les filières.

[6] Nous n'avons toutefois ici pas cumulé les différents contrats sur une même exploitation pour ce calcul.

	2010	2020	Évolution (%)
Nombre d'exploitations (milliers)	**190,3**	**144,0**	**-24,3%**
dont sous statut individuel	115,3	70,2	-39%
sous forme sociétaire	75,0	73,8	-2%
Nombre de personnes travaillant de façon permanente sur l'exploitation (milliers)			
Chef d'exploitation ou coexploitant	263,7	211,0	-20%
Salarié permanent non familial	33,3	37,4	+12%
Volume de travail mobilisé sur l'année (milliers d'ETP)	**320,8**	**255,7**	**-20,3%**
Chef d'exploitation ou coexploitant	240,1	196,8	-18,0%
Main d'œuvre familiale permanente	44,6	23,4	-47,5%
Total chefs, coexploitants et familiaux	**284,7**	**220,2**	**-22,7%**
Salarié permanent non familial	23,7	27,3	+15,2%
Saisonnier ou occasionnel	12,4	8,1	-34,7%
Total salariés et occasionnels	**36,1**	**35,4**	**-1,9%**
Volume de travail mobilisé sur l'année par type d'exploitation			
au sein des exploitations sous statut individuel	143,3	79,6	-44%
au sein des exploitations sous forme sociétaire	177,5	176,0	-1%
soit par exploitation individuelle	*1,24*	*1,13*	*-9%*
soit par exploitation sociétaire	*2,37*	*2,39*	*+1%*
Volume de travail réalisé par un prestataire (milliers d'ETP estimés)			
Coopérative d'utilisation de matériel agricole (CUMA)	0,5	0,7	+44%
Entreprise de travaux agricoles (ETA)	2,7	2,8	+3%
Autre type de prestataire		0,6	

Tableau 1. Évolution de la main-d'œuvre agricole en France métropolitaine entre 2010 et 2020. Exploitations avec ateliers d'élevage de ruminants de taille significative.
Source : Agreste - Recensements agricoles 2010 et 2020, traitements Institut de l'Élevage
Note de lecture : le tableau équivalent pour l'ensemble des exploitations de France métropolitaine est disponible dans Givois, 2022.

Ce sont les secteurs bovins (lait et viande) qui expliquent ce poids quantitatif important : 84% des exploitations et des ETP sont liées à des exploitations bovines (tableau 2). Mais ce sont également ces secteurs qui enregistrent les réductions les plus fortes (-27% en VL et -16% en BV). En particulier dans le secteur bovins lait dans lequel cette réduction de main-d'œuvre a été plus que compensée sur la période par des gains de productivité du travail qui avaient, pour l'instant, permis d'augmenter la production laitière globale.

Dominante activité 2020	**Exploitations avec atelier d'élevage ruminants significatif**		**ETP hors prestations**	
	Nombre	Part 2020 (%)	Part 2020 (%)	Variation / 2010 (%)
Bovins lait (**VL**)	50 588	35,1	44,1	-27
Bovins viande (**VA** et **EN**)	70 629	49,1	40,4	-16
Ovins Viande (**OV**)	9 790	6,8	5,4	-12
Ovins lait (**OL**)	4 232	2,9	3,4	-5
Caprins (**CA**)	6 021	4,2	5,2	-4
autres (polyélevages complexes dont avec équins) (**PY** et **EQ**)	2 728	1,9	1,6	-15
Ensemble	**143 988**	**100**	**100**	**-20**

Tableau 2. Répartition et évolution de la main-d'œuvre par type d'élevage de ruminants (exploitations avec atelier d'élevage ruminants significatif)
Source : Agreste - Recensements agricoles 2010 et 2020, traitements Institut de l'Élevage

La baisse moins rapide de la main-d'œuvre dans les exploitations orientées vers l'élevage ovin-caprin est confirmée par l'analyse des données de la MSA. Le nombre de chefs revendiquant une activité ovin-caprin (au titre de l'ATEXA) y diminue de moins en moins vite depuis 2010 et a même augmenté entre 2019 et 2020.

Le volume de travail réalisé par des prestataires externes, s'il reste faible en élevage de ruminants, connaît une nette progression. Nguyen *et al.* (2022) ont notamment analysé, pour le secteur bovin laitier, une délégation croissante des tâches de récoltes (ensilage, fenaison).

2.2. Le vieillissement des chefs d'exploitation pose un défi démographique inédit

Le vieillissement indubitable des chefs d'exploitation, depuis le rajeunissement opéré dans les années 1990 par des politiques publiques ciblées (200 000 cessations laitières aidées dans le secteur bovin, pré-retraites installations instaurées après la réforme de la PAC de 1992), engendre de nombreux départs. Des simulations démographiques (Institut de l'Élevage, 2021) basées sur des taux de départs par secteur de production, âge, système, zone, taille de cheptel identiques à ceux de 2017/18 montrent qu'en bovins lait ou en bovins viande, 50% des éleveurs actifs en 2018 devraient avoir quitté le secteur en 2027 (9 ans) ou avant pour prendre leur retraite ou par cessation anticipée (y compris reconversion agricole). L'année 2022 se situe donc au milieu voire au sommet de cette vague démographique de grande ampleur. La courbe en auge constatée sur le pourcentage d'éleveurs de plus de 50 ans (figure 2) suit, en l'amplifiant, l'évolution de la population active française totale (20% d'actifs français de plus de 50 ans au début des années 1980, 16% en 1995, 30% en 2020 dont 17% de plus de 55 ans).

2.3. Le choc démographique est lié à un afflux de départs, plus ou moins bien remplacés, et non pas à un effondrement des entrées.

Le pourcentage d'éleveurs de moins de 40 ans (figure 2) suit, lui, une courbe en cloche avec un maximum à la fin des années 1990 suivi d'une chute brutale de 2000 à 2010, contrecoup de l'arrêt des politiques socio-structurelles des années 1990. Mais depuis 2010, la tendance à la stabilisation de ce pourcentage est indéniable et vient d'être confirmée par les résultats du RA 2020. Cette stabilisation doit tout au flux de 4000 jeunes actifs par an entrant dans le secteur de l'élevage de ruminants qui a été très stable dans la décennie 2010. Sans compter les 1000 moins jeunes actifs qui l'ont fait plus tardivement (après 40 ans), souvent après une première expérience professionnelle ou pour intégrer des GAEC familiaux.

Au cours de la décennie 2010, les contrastes augmentent entre les différents secteurs, révélant déjà des différences d'attractivité. Les secteurs ovins viande ou lait, ou caprins stabilisent ce pourcentage de jeunes éleveurs à des niveaux plus élevés, voire croissants. Tout en étant également très marqués par les éleveurs âgés en ovins viande.

Par comparaison, la démographie des exploitations sans ruminants dont le nombre diminue beaucoup moins vite est marquée par des chefs d'exploitations nettement plus âgés (62% de chefs et coexploitants de 50 ans et plus dont 31% de plus de 60 ans, 18% de moins de 40 ans), La possibilité de recourir à des prestations extérieures plus facilement que pour les activités d'élevage et l'emploi de plus de main d'œuvre salariée (Purseigle et Hervieu, 2022 et *cf.* 4.) expliquent ces différences.

Pour les secteurs des ruminants, l'évolution des politiques publiques qui a eu des impacts particulièrement forts dans les secteurs bovins n'est pas le seul facteur explicatif du

vieillissement. Les chefs d'exploitations de plus de 62 ans qui étaient très rares parmi les éleveurs de l'an 2000 (3-4% en vaches allaitantes ou ovins viande, beaucoup moins dans les secteurs laitiers) sont désormais nettement plus fréquents (12% en vaches allaitantes) en raison d'arbitrages consistant à continuer à percevoir les aides PAC plutôt qu'une retraite jugée trop faible et à des difficultés de cession de certaines exploitations. Ces pourcentages restent toutefois inférieurs à celle de l'ensemble des secteurs agricoles (17% de plus de 62 ans).

La stabilisation du pourcentage d'éleveurs de moins de 40 ans pendant la décennie 2010 provient d'un bon maintien du flux d'actifs (non-salariés) entrant dans les différents secteurs de l'élevage de ruminants (figure 2). Environ 2000 personnes par an ont été nouvellement immatriculées à la MSA dans des exploitations avec vaches laitières, 1600 avec Bovins viande (types VA et EN), et 1000 en ovins caprins. Parmi ces derniers, 350 avec des caprins, 250 avec des ovins lait, 400 avec des ovins viande (hors mixtes décomptés le plus souvent ailleurs).

La progression en ovins caprins provient presqu'exclusivement des éleveurs caprins. L'élevage caprin fromager fermier est en effet un des secteurs agricoles le plus attractif de France avec une augmentation du nombre d'exploitations concernées entre 2010 et 2020 (3300, +500). Dans les secteurs bovins, le niveau d'installation a été soutenu par des installations à plus de 40 ans qui correspondent fréquemment à l'intégration de nouveaux associés, souvent des femmes, dans des GAEC dont l'intérêt a été renforcé au cours de la période (GAEC entre époux, transparence pour les aides PAC).

Dans chacun des types d'élevage étudiés, la diversité des installations est forte en termes de types de fonctionnement voire de formes d'agriculture. C'est particulièrement le cas en bovins viande et ovins viande, des activités agricoles qui peuvent se combiner avec une activité extérieure alors que c'est beaucoup plus rare pour les activités laitières bovine, ovine, caprine (tableau 3).

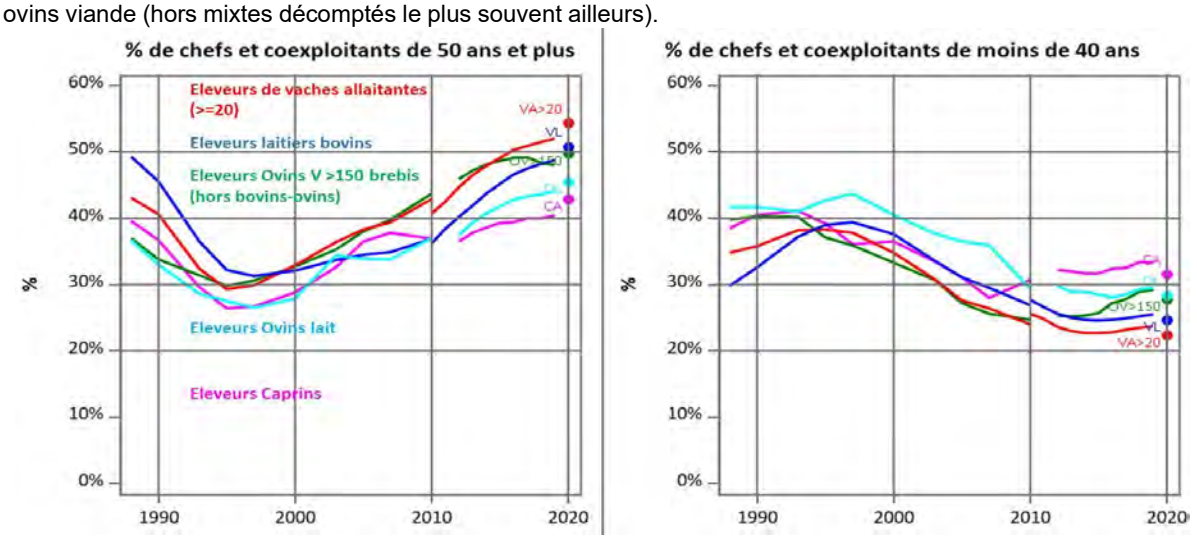


Figure 1 Evolution de l'âge des éleveurs par type d'élevage
Sources : données Agreste enquêtes structures et Recensements agricoles (dont 2010 et 2020), MSA et SPIE/BDNI (de 2011 à 2019) , traitement Institut de l'Élevage

	(2020)	CA	OL	OV	EN	VA	VL	Tous ruminants signif.	*0H*	Tous
Nombre de chefs et coexploitants		**9 248**	**7 032**	**11 970**	**6 665**	**84 442**	**88 453**	**210 993**	***249 087***	**496 365**
Année d'installation	**<2010**	**69%**	**75%**	**70%**	**80%**	**80%**	**82%**	**79%**	***74%***	**76%**
	>=2010	**31%**	**25%**	**30%**	**20%**	**20%**	**18%**	**21%**	***26%***	**24%**
% installé·e·s à moins de 40 ans										
	>=2010	80%	89%	73%	69%	78%	93%	**83%**	*60%*	**68%**
% de femmes	**<2010**	34%	30%	26%	20%	21%	24%	**23%**	*25%*	**25%**
	>=2010	42%	32%	32%	27%	24%	18%	**24%**	*33%*	**31%**
% installé.e.s Hors Cadre Familial	**<2010**	35%	17%	30%	17%	18%	17%	**19%**	*21%*	**21%**
	>=2010	54%	30%	42%	22%	23%	24%	**28%**	*37%*	**34%**
% en micro exploitations	**<2010**	5%	3%	18%	19%	10%	0%	**6%**	*28%*	**21%**
	>=2010	15%	10%	24%	30%	13%	1%	**11%**	*33%*	**28%**
% en grandes exploitations	**<2010**	35%	12%	11%	27%	18%	55%	**34%**	*27%*	**29%**
	>=2010	20%	10%	8%	21%	17%	59%	**31%**	*17%*	**21%**
% commercialisant en circuit court	**<2010**	54%	29%	32%	15%	21%	13%	**20%**	*25%*	**22%**
	>=2010	71%	45%	45%	18%	28%	18%	**29%**	*33%*	**31%**
% en agriculture biologique	**<2010**	17%	14%	15%	6%	9%	9%	**10%**	*12%*	**11%**
	>=2010	26%	23%	21%	9%	12%	13%	**15%**	*21%*	**18%**
% double actif	**<2010**	5%	5%	18%	23%	13%	4%	**9%**	*20%*	**16%**
	>=2010	9%	5%	30%	35%	24%	4%	**16%**	*35%*	**29%**
DJA (parmi installations depuis 2017, % dans exploitations avec DJA)		38%	53%	27%	20%	30%	49%	**36%**	*14%*	**20%**

Tableau 3. Portrait comparatif des chefs et coexploitants installés depuis 2010
(inclus coexploitants des GAEC <=35 ans en 2020 dont on ne connaît pas l'année d'installation)
Source : Agreste - Recensement agricole 2010 2020, traitements Institut de l'Élevage

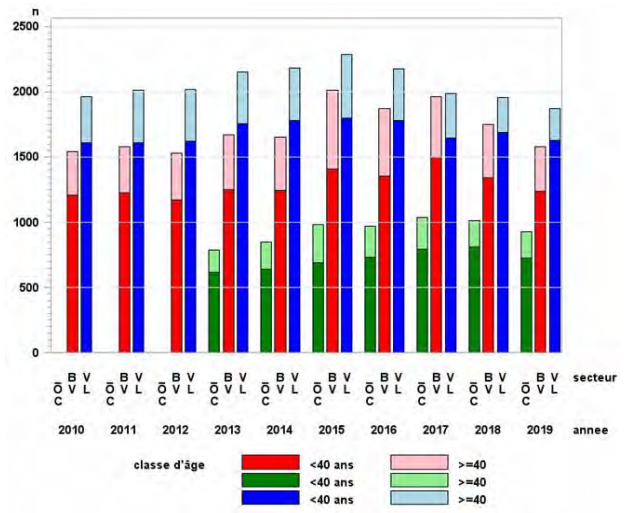


Figure 2 Nombre annuel d'installations dans les exploitations bovines, ovines et caprines par secteur et classe d'âge
Sources : données MSA et SPIE/BDNI, traitement Institut de l'Élevage.

3. La diversité des formes d'installation

3.1. Les installations développent la diversité des exploitations

L'analyse des caractéristiques et des choix productifs des 118 000 chefs et coexploitants installés depuis 2010 et encore présents au recensement agricole 2020 (tableau 3) permet de percevoir les évolutions en cours dans le secteur agricole. Ils représentent globalement 24% des agriculteurs présents en 2020 mais avec de fortes variations entre secteurs qui témoignent de grosses différences de taux de renouvellement des actifs, d'attractivité, mais aussi de *turn over*. La moyenne, plus faible pour le secteur des ruminants (21% contre 26% sans herbivores) doit beaucoup aux secteurs bovins (18% en bovins lait, 20% en bovins viande) caractérisés par un déséquilibre démographique et un taux de remplacement des départs nettement inférieur à 1 : 45% en bovins lait, 83% pour les éleveurs de plus de 20 vaches allaitantes qui bénéficient de reconversions d'exploitations laitières, alors que ces taux, mesurés à l'aide des données MSA & BDNI sur 2017-2018 sont de 106% pour les éleveurs caprins, 94% pour les éleveurs de plus de 150 brebis viande 91% pour les éleveurs ovins lait.

L'élevage de ruminants est un choix productif fréquent pour les agriculteurs installés à moins de 40 ans et un secteur nettement moins concerné par les installations tardives. En effet 45% des chefs installés à moins de 40 ans depuis 2010 pratiquent une activité d'élevage de ruminants contre 19% de ceux installés à plus de 40 ans. Et 17% seulement des éleveurs installés depuis 2010 l'ont fait après 40 ans contre 40% des agriculteurs sans ruminants. C'est particulièrement net dans les deux secteurs VL (7%) et OL (11%) dans lesquels l'installation sous forme d'insertion dans un collectif de travail de type GAEC est majoritaire (VL avec 70% et OL avec 62%). Les installations tardives sont plus fréquentes en ovins viande (27%), en relation avec les installations Hors Cadre Familial. L'âge à l'installation dans les GAEC est plutôt bas (médiane à 25 ans en bovins) alors que les successions dans les exploitations sans élevage peuvent être tardives.

Cette relation particulière entre l'âge à l'installation et la pratique de l'élevage explique que le pourcentage d'installations ayant bénéficié d'une dotation jeunes agriculteurs (DJA) -depuis 2017, est bien plus élevé en élevage (36% et même aux alentours de 50% en vaches et brebis laitières) contre 14% sans élevage d'herbivores.

Parmi les installés depuis 2010, la place des femmes est nettement inférieure lorsque l'élevage de ruminants est pratiqué (24% contre 33% sans élevage d'herbivores), alors que ce n'est pas le cas pour les installés avant 2010 (23% contre 25 %). Parmi les installés récents, la place des femmes est nettement plus forte en ovins caprins (42% en caprins) et très basse en vaches laitières, le seul secteur qui a vu leur place se réduire de 24% avant 2010 à 18% pour les installés depuis 2010. Cette valeur de 18% calculée dans le RA 2020 pour les exploitations laitières bovines est bien plus basse que celle calculée avec les données MSA & BDNI (32%) pour les installations de 2017&2018 hors transferts entre époux. Cet écart peut s'expliquer par le fait que les femmes qui sont entrées en tant que coexploitantes, hors chef au sens du RA (donc avec une année d'installation exacte inconnue), dans les GAEC ne sont comptabilisées comme "installées depuis 2010" que si elles ont moins de 35 ans en 2020. Or les femmes sont très majoritaires dans les installations parmi les coexploitant·e·s de plus de 40 ans.

La place relative des installations Hors cadre familial (HCF) est très variable entre secteurs et types d'installation. Globalement l'élevage de ruminants a moins bénéficié de ces apports extérieurs puisque la progression y est moindre et que l'écart, très faible avant 2010, s'est accru : 28% de HCF en élevage contre 37% sans élevage pour les installations depuis 2010 à comparer à 19% de HCF en élevage avant 2010 contre 21% sans élevage. Ici encore les secteurs bovins se distinguent des ovins caprins, avec des différences amplifiées par le type d'installation (tableau 4, limité aux installations à moins de 40 ans pour neutraliser l'effet des transferts entre époux et l'intégration de conjoints dans les GAEC).

Type d'élevage % d'installations HCF	BV	BL	OL	OV	CA
• en individuel	33%	36%	47%	53%	72%
• en GAEC	17%	23%	23%	28%	37%
% d'installations en GAEC	*37%*	*74%*	*67%*	*29%*	*46%*
% d'installations HCF (toutes formes juridiques)	25%	24%	29%	44%	52%

Tableau 4. Pourcentage d'installations hors cadre familial par type d'élevage et forme juridique (installations à moins de 40 ans)
Sources : Agreste - Recensement agricole 2020, traitement Institut de l'Élevage

Dans chaque type d'élevage, le pourcentage d'installations HCF est près de deux fois plus faible dans les GAEC (plutôt d'un tiers en VL). Les installations Hors Cadre Familial (HCF) sont majoritaires pour les installations en individuel en Ovins viande (53%) et Caprins (72%). Elles sont beaucoup plus rares dans les GAEC Bovins viande (17%), bovins lait (23%) ou ovins lait (23%).

La double activité parmi les installés depuis 2010 est fréquente parmi les éleveurs installés en individuel (elle est réglementairement très limitée dans le cadre des GAEC) : 37% en bovins viande et 35% en ovins viande, des taux proches de la double activité pour les installations sans élevage (42%). Ces valeurs, qui ne concernent que les installations en individuel, diffèrent de celles du tableau 3 qui tient compte de toutes les installations.

En élevage laitier, la double activité est très rare en bovin ou ovin lait et à peine mesurable en caprin. Cette question sur la pluriactivité fait partie des questions posées uniquement à un échantillon (environ ⅕) des exploitations recensées au RA. Les analyses basées sur des MSA & BDNI (Institut de l'Élevage, 2021) indiquent, de façon exhaustive, des taux de double activité sensiblement plus élevés (45%) pour les éleveurs installés à moins de 40 ans revendiquant une activité Bovins viande (donc plutôt spécialisée).

La distribution des tailles d'exploitation (appréciée à l'aide la Production Brute Standard) est assez large dans chaque filière, sauf en bovins lait où les micro exploitations n'existent pas tandis que les grandes dominent (59%) et en ovins (lait ou viande) où les grandes sont rares (8 et 10%, *cf*. tableau 4). Le pourcentage de micro-exploitations est à relier avec celui d'installations HCF pour les Ovins Viande et à la fréquence de la double activité pour les Engraisseurs de gros bovins (EN) ou Ovins viande.

La commercialisation en circuits courts (au moins pour partie) est un choix fréquent des installés HCF, en particulier en ovins-caprins. Ainsi 44% des installés HCF avec élevage depuis 2010 ont fait ce choix contre 24% des éleveurs installés dans le cadre familial depuis la même date. Soit une moyenne de 29% au total (+9 points par rapport aux installés avant 2010), proche des exploitations sans élevage (33%, +8 points). Ce choix de commercialisation est majoritaire pour les éleveurs HCF installés en ovins caprins depuis 2010 : 81% en caprins, 70% en ovins lait (avec des installations dynamiques en dehors des grands bassins de production et sans possibilité de livrer du lait), 56% en ovins viande, contre 38% en bovin viande et seulement 21% en bovins lait (toujours hors cadre familial).

Parmi les éleveurs installés depuis 2010, 15% ont choisi l'agriculture biologique (+5 points par rapport à la situation 2020 de ceux installés avant 2010), une valeur inférieure aux installés sans élevage (21%, +9 points). Une fois encore, ce choix est plus fréquent en caprins (26%) ou ovins (23% en OL, 21% en OV) qu'en bovins (13% en VL, 12% en VA, 9% en engraissement de bovins).

3.2. Des parcours de formation différents selon les générations et les filières.

Si le niveau de formation des agriculteurs progresse de façon continue (figure 3, il reste inférieur à celui de la population générale française (Mahé *et al.*, 2019). En 2017, 73% des actifs agricoles avaient atteint un niveau d'études secondaires, contre 84% de la population totale.

Au final, 55% des exploitants en activité en 2020 avaient au moins atteint le niveau du baccalauréat (figure 4. Si, pris dans leur ensemble les éleveurs de ruminants sont proches de ce niveau, de nettes différences ressortent selon les orientations. Ainsi, dans les trois orientations laitières ce taux dépasse 60%, alors qu'il est inférieur à la moyenne générale dans les orientations viande. Les agriculteurs installés depuis 2010 ont plus souvent atteint au moins le baccalauréat (74,4%), et ce taux est encore supérieur chez les installés HCF (79,5%). Le différentiel de formation observé entre les filières est reproduit par les installations.

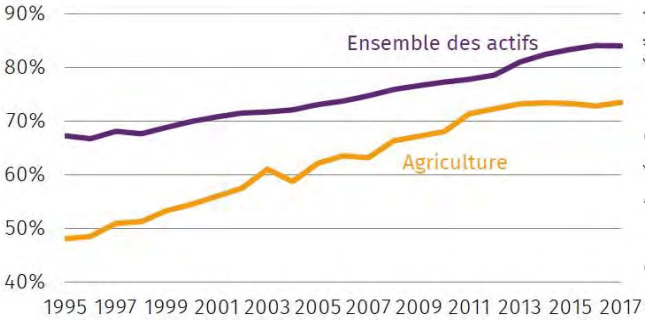


Figure 3 Proportion d'actifs ayant poursuivi une scolarité dans le secondaire (niveau lycée) en France
Source :Mahé et al., 2019, données Eurostat, traitements CEP

Les exploitants installés depuis 2010 ont en effet plus souvent atteint le baccalauréat que la moyenne en productions laitières, et moins souvent en ovins viande. Les trois filières laitières se caractérisent par un taux de formations agricoles supérieures particulièrement élevé, différence accrue par les installations récentes, et encore plus lorsque ces installations se font hors cadre familial, contrairement aux idées reçues. Dans la filière caprine, le taux d'installés depuis 2010 sans aucune formation agricole (23%; 21,6% pour les HCF) reste néanmoins trop important, comme en ovins viande ou bovins viande (de 26 à 33%).

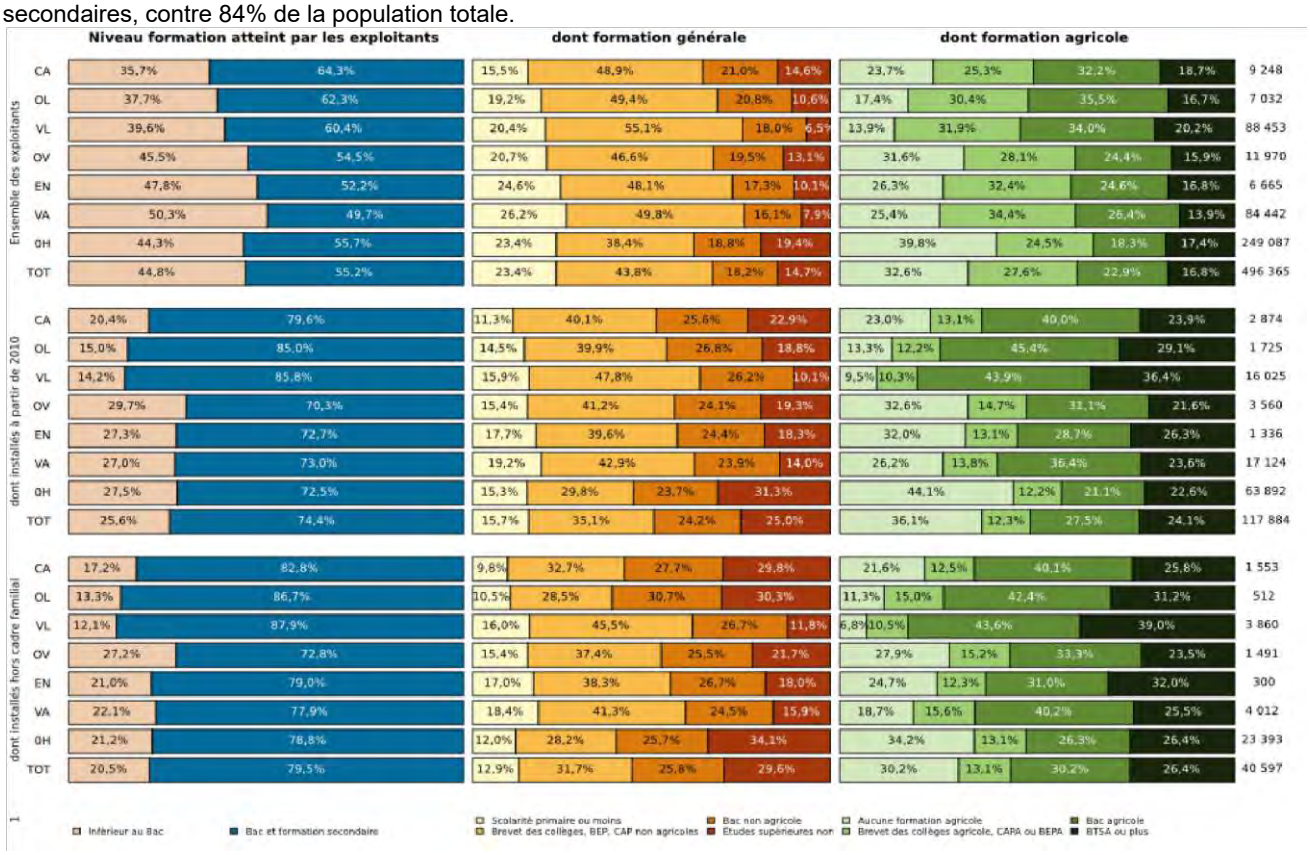


Figure 4 Niveau de formation des agriculteurs selon l'orientation de leur exploitation, leur période et leur mode d'installation ;
Sources : Agreste - Recensements agricoles, traitements CEP

On peut relever que près de la moitié (44%) des agriculteurs installés depuis 2010 dans des exploitations sans herbivores n'ont aucune formation initiale agricole. En revanche plus de 30% ont un diplôme d'études supérieures non agricoles. Sachant que, comme pour les autres actifs, les exploitants déjà les plus diplômés sont ceux qui ont le plus recours à la formation continue (Mahé et al., 2019), ce point est d'autant plus stratégique quant à la capacité des exploitants à s'adapter à un contexte économique, écologique et sanitaire exigeant.

3.3. En bovins viande, la moitié des installations individuelles se fait en double activité

Au niveau de la MSA, le secteur bovins viande est le deuxième secteur le plus concerné par la double activité au moment de l'installation, après celui des grandes cultures. Cette particularité est retrouvée au niveau du RA 2020. Parmi les 17 550 chefs et coexploitants installés depuis 2010 en exploitations non laitières avec des vaches allaitantes (au moins 5), 49% se sont installés en individuel et parmi ceux-ci 43% en double activité avec des troupeaux de taille modérée (médiane inférieure à 20 vaches, *cf.* figure 5. La situation est désormais relativement duale puisque l'alternative principale à ce type d'installation individuelle est l'insertion dans un GAEC mobilisant au total près de 3 ETP pour gérer un troupeau important (médiane supérieure à 80).

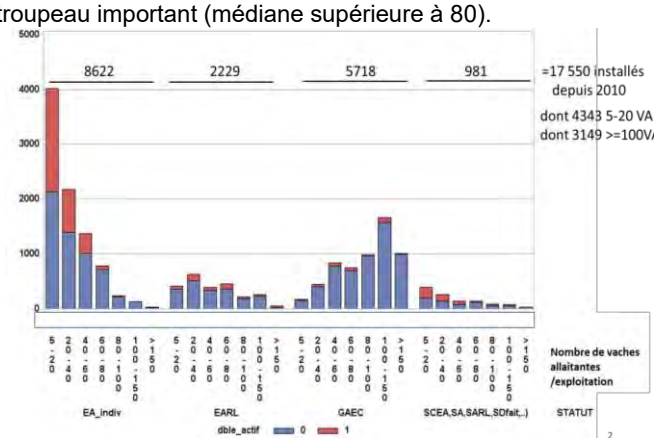


Figure 5 Répartition des installations depuis 2010 en bovins allaitants
Sources : données MSA et SPIE/BDNI, traitement Institut de l'Élevage.

Les caractéristiques de trois types d'installation sont décrites dans le tableau 5. Les éleveurs bovins allaitants qui s'installent en GAEC le font à un âge nettement plus jeune que les autres, le plus souvent dans un cadre familial (dans plus de 80% des cas, cf. tab. 4) après leur formation initiale alors que des parcours plus variés (dont des reconversions professionnelles) mènent aux autres types décrits dans le tableau 4. La productivité apparente du travail n'est finalement pas très différente entre les doubles actifs installés avec 35 vaches et les GAEC à 128 vaches. Bien que la proportion d'éleveurs âgés soit plus élevée dans les élevages bovins viande de petite taille et le renouvellement des actifs moins important, ce dernier est loin d'être négligeable et repose sur un nombre d'entrants très conséquent (figure 6) même s'ils élèvent globalement assez peu de vaches allaitantes. La dualisation apparaît car à l'autre bout de la distribution, la taille des élevages sous forme sociétaire (GAEC) qui accueille un nouvel installé a continué à augmenter.

Statut	**Individuel**	**Individuel**	**GAEC**
Activité	**double actif**	**double actif**	**agricole exclusif**
Taille du troupeau	5-20 VA	20-60 VA	>60 VA*
Nombre d'installés depuis 2010 encore présents en 2020	1 889	1 160	3 125
âge en 2020 (ans)	43	38	31
âge à l'installation (ans)	38	34	26
% Hors Cadre Familial	33%	32%	15%
SAU (ha)	**33**	**70**	**211**
SFP (ha)	29	59	188
ETP totales	**0,56**	**0,99**	**2,79**
dont salariés permanents	0	0,04	0,09
dont salariés occasionnels	0,03	0,08	0,04
Vaches allaitantes	**11**	**35**	**128**
% avec commercialisation en circuits courts	35%	24%	25%
PBS / exploitation (€)	23 699	61 441	204 032
PBS/ETP (€)	**42 320**	**62 062**	**73 130**
% PBS Herbivores	65%	78%	90%

Tableau 5. Diversité des installations. Exemple à partir de trois modalités avec vaches allaitantes
Source Agreste Recensement Agricole 2020, traitement Institut de l'Élevage
*Orientation herbivore dominante

4. Le salariat et ses évolutions en élevage de ruminants

4.1. Développement du recours au salariat

Dans ce contexte, parmi les 144 000 exploitations avec élevage ruminant de taille significative du RA 2020 (-24,3%), 42 000 (+19,2%) emploient directement des salariés (apparentés aux exploitants ou pas). On est ainsi passé en dix ans de 18,5% d'employeurs en 2010 dans les exploitations avec élevage de ruminants à 29,1% en 2020, signe d'un important développement du recours au salariat. Cette montée en puissance concerne à la fois le salariat permanent et occasionnel. En effet, 25 800 exploitations emploient directement des salariés permanents, alors qu'elles n'étaient que 19 800 en 2010 (+30,5%). Et 28 000 (+19,1%) emploient directement des salariés occasionnels en 2020.

Cette diffusion du salariat concerne 122 500 actifs salariés par les exploitations avec élevage de ruminants (+7,7%), sur un total de 780 000 salariés des exploitations.

Enfin, le volume de travail salarié dans ces exploitations a progressé, selon les données de la MSA, de 3,6%, atteignant 46 900 ETP (+1 600 ETP, voir tableau 6), même si la contribution du salariat à l'emploi dans ces exploitations avec élevage de ruminants reste faible (13,9%, +2,6 points) comparativement aux exploitations sans élevage. C'est sur le salariat permanent (au moins 8 mois sur l'exploitation) que porte la majeure partie ce cette hausse (+4,0%, +1 320 ETP), l'amenant à 33 900 ETP, que les salariés soient apparentés ou pas aux exploitants. Le croisement avec les données du RA permet de préciser ce dernier point. En effet, dans ces exploitations, le volume de travail des familiaux à statut de salariés (3 600 ETP en 2020 pour 14 900 personnes, un peu moins de 8% des ETP salariés mais tout de même une personne salariée sur huit) a diminué de 2200 ETP en 10 ans. La progression du volume de travail salarié permanent concerne donc de la main-d'œuvre non familiale, qu'on l'estime à partir du RA (tableau 1, +15,2%, 27 300 ETP) ou en croisant avec la MSA (+13,2%, 30 300 ETP). La différence entre les deux semble venir d'une relative sous-estimation, dans le déclaratif du RA, de la quotité d'emploi des salariés (*cf.* 1.2).

Équivalents temps plein (x 1000)	2010	2020	Evol. %
ETP au RA (extrait du tableau 1)			
Salarié permanent non familial	23,7	27,3	+15,2%
Saisonnier ou occasionnel	12,4	8,1	-34,7%
Total salariés non familiaux et occasionnels	**36,1**	**35,4**	**-1,9%**
Familiaux permanents à statut salarié	*5,8*	*3,6*	*-38,0%*
ETP à la MSA			
Salarié permanent (familial ou non)	32,6	33,9	+4,0%
Saisonnier ou occasionnel	12,6	13,0	+2,4%
Total salariés permanents et occasionnels	**45,2**	**46,9**	**+3,6%**

Tableau 6 : Évolution du volume de travail salarié en France métropolitaine entre 2010 et 2020 : exploitations avec atelier d'élevage de ruminants de taille significative
Source : Agreste-Recensements agricoles 2010 et 2020, MSA 2010 et 2020, traitements CEP

La main-d'œuvre permanente hors exploitants, mais non salariés (conjoints, aides familiaux, etc.), s'est donc fortement réduite en dix ans, remplacée pour partie par des salariés non familiaux. La diminution des salariés familiaux pourrait être liée à l'évolution de la réglementation, devenue plus favorable à l'installation des conjoints en GAEC par rapport au statut de salarié dans une EARL précédemment parfois utilisé.

Concernant le travail occasionnel, de toute nature, le RA conclut à une diminution de 47% des exploitations qui y ont recours (28 660), et d'un recul de 34,7% du volume de travail. Mais parmi elles, d'après la MSA, les exploitations employant directement des salariés occasionnels (au sens du RA, *ie* moins de 8 mois) sont 19% plus nombreuses (27 960), pour un volume de travail en hausse de 2,4% (12 955 ETP). Si le nombre d'exploitation est parfaitement convergent entre les deux sources, il semble que, là tout particulièrement, la quotité d'emploi de ces travailleurs occasionnels soit sous-estimée dans les enquêtes.

Les deux sources mobilisées convergent donc pour mettre en évidence une diffusion et une progression du travail salarié permanent, concernant des travailleurs non familiaux. Elles convergent aussi pour une diffusion du travail salarié occasionnel, que la nature des données de la MSA nous semble plus précise à chiffrer en volume.

4.2. Evolution des modalités du recours au salariat

Les données de la MSA permettent de préciser les modalités de développement de ce salariat, et notamment le statut des salariés.

Le croisement RA-MSA montre que 22 300 exploitations avec élevage ruminant significatif 17% emploient des travailleurs en CDI (18 900 en 2010). Presque un tiers des salariés de ce type d'exploitations ont accès à un CDI, ce qui représente plus de la moitié du volume de travail salarié (50,6%). Dans les exploitations sans herbivores, les salariés ne sont que 18% à y avoir accès, et sont beaucoup plus souvent en contrats saisonniers. Les activités saisonnières les plus ponctuelles telles que les vendanges et les récoltes de fruits expliquent en effet des taux de précarité plus élevés.

Si les CDI sont majoritaires en volume, la croissance du salariat en volume a reposé sur l'usage de CDD (saisonniers ou non). Par ailleurs, les CDI se sont multipliés (+5,1%) mais représentent un volume de travail réduit (-12,5%), étant de plus en plus souvent à temps partiel. Un CDI moyen porte ainsi en 2020 sur 60% d'un temps plein, contre 73% en 2010 (et 70% en 2020 dans les exploitations sans atelier herbivores).

En 2020, parmi les salariés permanents, près de 15 000 apprentis sont employés dans ces exploitations avec élevage, en particulier dans les exploitations laitières bovines (24% des salariés). Ce nombre a peu augmenté par rapport à 2010 alors que le nombre d'apprentis a beaucoup progressé en agriculture (comme dans les autres secteurs) suite à la réforme de 2018 avec plus de 45 000 personnes en 2020/2021. La place relative des exploitations avec élevage de ruminants qui était très forte en 2010 aurait donc plutôt régressé. Les données de la MSA, en l'état, ne nous ont pas permis d'identifier ces nouveaux apprentis, inclus dans les CDD non saisonniers dont ils participent à la progression, des traitements complémentaires seraient nécessaires pour préciser ce point.

Le travail saisonnier s'est aussi largement développé, dans toutes les catégories d'exploitations pratiquant l'élevage de ruminants, avec de nets écarts selon les orientations (figure 6). La part du travail saisonnier reste ainsi particulièrement limitée en VL (10,4% des ETP salariés en 2020). A l'inverse, c'est en OV que le travail saisonnier a le plus d'importance (27,3% des ETP salariés), restant à un niveau nettement inférieur aux exploitations sans élevage herbivore (35,9%).

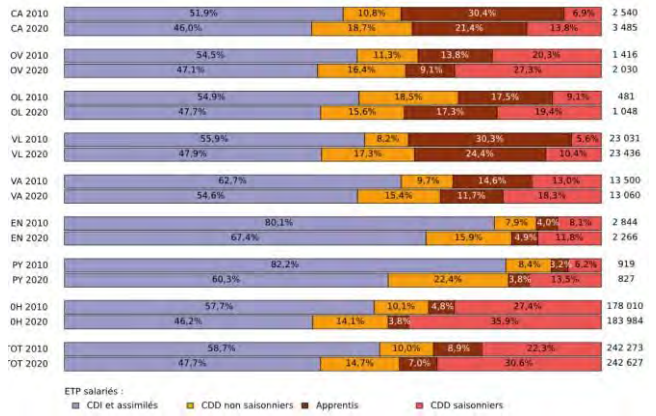


Figure 6. Statut de la main-d'oeuvre salariée dans les exploitations en 2010 et 2020
Source : données MSA et Agreste Recensements agricoles, traitements CEP
Note de lecture : le nombre d'ETP salariés est indiqué en regard du diagramme sur la droite.

4.3. Des salariés particulièrement jeunes

A rebours du vieillissement de la population des exploitants, les salariés se révèlent particulièrement jeunes. En effet, sur l'ensemble des exploitations agricoles de 2020, 43% des salariés ont 30 ans ou moins (hors apprentis, quasiment tous dans cette tranche d'âge), contre 6,7% des exploitants et coexploitants. Dans les élevages herbivores, si on a un peu plus de jeunes exploitants (7,8% contre 5,7% dans les exploitations sans herbivores), la jeunesse des salariés est encore plus marquée avec plus de la moitié qui ont 30 ans ou moins. Le contraste entre les deux populations d'actifs est particulièrement marqué (figure 7.

Dans l'ensemble de la production agricole, compte tenu de la place du travail saisonnier et des temps partiels, la plupart des salariés ne cumulent, au final, même sur plusieurs contrats, qu'un temps de travail limité (Depeyrot *et al.*, 2019). En 2020, sur l'ensemble des exploitations, les salariés, tous statuts confondus, ne sont ainsi employés qu'à 31% d'un temps plein, un taux quasi fixe depuis 2010 (tableau 7). Ce taux d'emploi est toutefois supérieur dans les filières laitières (43% d'un temps plein en bovins lait ou caprins en 2020). Le salariat s'est en effet développé récemment en lait de vache, en particulier dans les années précédant la sortie des quotas (Depeyrot et Perrot, 2021), pour gérer l'accroissement des volumes de lait. Les salariés y sont ainsi plus souvent mobilisés tout au long de l'année sur des tâches régulières (traite) que sur des

pointes de travail ponctuelles. Pour le secteur caprin, cette valeur est tirée à la hausse par les fromagers fermiers dont l'importance absolue et relative a progressé et qui sont de gros employeurs de MO salariée (24% des ETP de ces exploitations) par rapport aux autres éleveurs en raison de la demande en travail de ces systèmes de production-transformation souvent en vente directe.

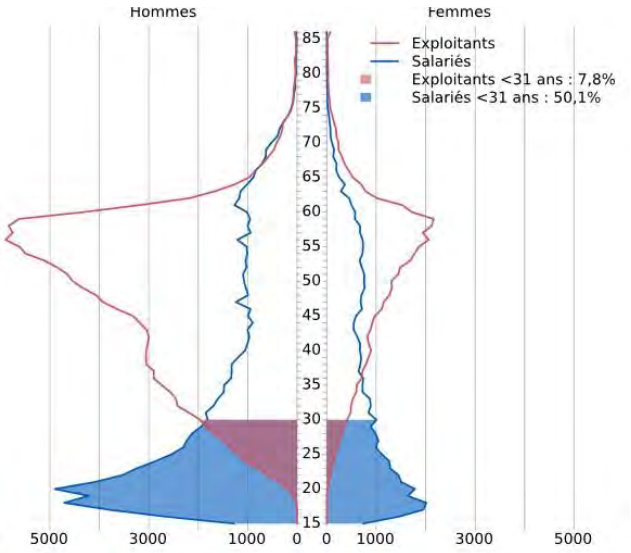


Figure 7 Age et sexe des actifs (hors stagiaires et apprentis) dans les exploitations d'élevage de ruminants en 2020 Sources : données MSA 2020 et Agreste Recensement Agricole 2020, traitements CEP.

4.4 Des niveaux de rémunération peu attractifs

Sur l'ensemble de la production agricole, le niveau des rémunérations salariées reste bas : en 2020, la majorité de la masse salariale correspondait à des rémunérations inférieures à 1,3 SMIC (pour une moyenne à 1,32 ; Daou, 2022). Les rémunérations horaires brutes des salariés ont progressé de 4% en Euros constants sur 10 ans pour l'ensemble du secteur (tableau 7). Elles sont légèrement supérieures dans les exploitations sans ateliers herbivores (incluant le secteur viticole), et l'écart a tendance à s'accroître. Dans les deux secteurs bovins, le niveau de rémunération a diminué en dix ans (-4 points en VL, -3 points en VA), il a en revanche progressé plus que la moyenne dans les secteurs des petits ruminants (+12 points en CA, +7 en OL et +18 en OV). Dans ces trois secteurs, entre cette hausse et au moins un maintien des quotités de travail, les salariés ont vu leurs rémunérations cumulées progresser.

Les rémunérations horaires restent toutefois plus faibles dans les exploitations de ruminants que dans le reste du secteur agricole, rendant ce secteur peu attractif, surtout dans un contexte de tensions sur le marché du travail. Les exploitations EN combinent presque toujours un atelier d'engraissement de gros bovins avec une exploitation céréalière, ce qui peut expliquer le niveau de rémunération supérieur. Cette explication joue également dans une moindre mesure pour le secteur OV (exploitations céréalières avec ovins viande).

	Taux d'emploi moyen d'un salarié		Rémunération horaire moyenne				Rémunération totale	
	en % d'ETP dans la catégorie		*€uros courants*		€ constants 2020, base 100 = TOT 2010		€ constants 2020, base 100 = TOT 2010	
	2010	2020	*2010*	*2020*	2010	2020	2010	2020
VL	46	43	*11,5*	*10,9*	90	86	138	124
PY	45	38	*11,3*	*14,7*	88	115	134	146
CA	45	43	*9,4*	*10,9*	74	85	110	124
EN	42	34	*16,0*	*15,3*	125	120	174	137
OL	36	37	*9,5*	*10,4*	74	82	89	102
VA	30	29	*12,0*	*11,7*	94	91	94	89
OV	24	28	*10,3*	*12,6*	81	99	65	93
0H	26	28	*13,0*	*13,7*	102	107	90	101
TOT	**30**	**31**	***12,8***	***13,3***	**100**	**104**	**100**	**108**

Tableau 7. Taux d'emploi (en équivalent temps plein par personne ou par contrat) et rémunération des salariés par type d'élevage

Sources : données MSA 2020 et Agreste Recensement Agricole 2020, traitements CEP.

Note de lecture : Rémunérations : "rémunérations brutes totales", incluant certaines charges patronales, elles ne peuvent pas être comparées à d'autre secteurs, et ne représentent pas exactement les montants perçus par les salariés.€ 2020 : euros constants de 2020, base 100 moyenne toutes exploitations en 2010.

4.5 Salarié agricole: une étape plutôt qu'un métier ?

Une analyse des trajectoires individuelles des actifs entre 2010 et 2020 a été menée en détaillant la position de chacun, salarié ou non salarié sur ces deux exercices. Il en ressort que sur l'ensemble des 772 226 salariés présents dans les exploitations en 2010 (hors ceux étant exploitants par ailleurs), 19,2% (148 900) sont encore salariés par une exploitation agricole en 2020 (au moins une heure dans l'année), une grande majorité (77,9%, 601 569 personnes) a quitté le secteur des exploitations agricoles et 2,8% (21 687) sont devenus des exploitants agricoles. Le tableau 8 détaille ces résultats en distinguant l'orientation des exploitations sur les deux exercices.

Tableau 8. Trajectoires des actifs agricoles de 2010 à 2020 selon leurs statuts et le type d'exploitations

Source : données MSA et Recensements agricoles, traitements CEP

Note méthodologique : Exploitations avec atelier ruminants de taille significative, hors dominante équins (voir 1.2), orientations calculées en 2010 et 2020. Les actifs sont décomptés de manière unique, même s'ils interviennent à plusieurs titres dans les exploitations. Dans ce cas l'ordre de priorité retenu est le suivant : non salarié > salarié > apprenti. De même, en cas de salariat dans deux types d'exploitations, les exploitations de type herbivores sont retenues en premier; à titre de test de robustesse, la priorisation inverse a été testée, et ne modifie en rien les conclusions.

		Actifs présents en 2010	Exploitations avec ruminants 2020			Exploitations sans ruminants 2020			*Absents en 2020*
			Non salariés	Salariés	Apprentis	Non salariés	Salariés	Apprentis	
Exploitations avec ruminants en 2010	Non salariés	**238 683**	55,61%	1,92%	0,00%	6,31%	0,79%	0,00%	35,37%
	Salariés	**97 377**	6,91%	13,35%	0,01%	1,83%	7,89%	0,00%	70,00%
	Apprentis	**11 419**	15,01%	8,81%	0,20%	3,39%	5,41%	0,05%	67,12%
Exploitations sans ruminants en 2010	Non salariés	**208 382**	1,59%	0,25%	0,00%	48,69%	3,88%	0,00%	45,59%
	Salariés	**674 849**	0,34%	0,72%	0,00%	1,61%	18,28%	0,01%	79,04%
	Apprentis	**14 382**	1,02%	1,42%	0,03%	4,33%	10,77%	0,15%	82,28%

Le taux de départ du secteur (actifs présents en 2010 mais absents en 2020), s'il reste élevé, est ainsi nettement inférieur pour les actifs des exploitations herbivores, que ce soit pour les non salariés (35,4% de taux de sortie contre 45,6%), les salariés (70% contre 79%) et les apprentis (67,1% contre 82,3%). Les flux sont particulièrement limités et asymétriques entre les deux types d'exploitation : quasiment aucun actif d'une exploitation non herbivore en 2010 ne passe en 2020 dans une exploitation herbivore. Dans l'autre sens, 6,3% des éleveurs de ruminants ont abandonné ces ateliers (7,9% des salariés).

Cette analyse de trajectoire confirme que la population des salariés et apprentis constitue, en élevage ruminants, un vivier pour l'installation des chefs d'exploitation : 6,9% des salariés de 2010 et 15,0% des apprentis se sont installés dix ans plus tard dans de tels élevages. Ce taux d'installation est bien supérieur à celui observé dans les autres exploitations. Lorsqu'on y ajoute les taux d'installations en exploitation sans ruminants, il apparaît que l'apprentissage en exploitation d'élevage mène plus souvent au métier d'agriculteur (18,4%) qu'au statut de salarié agricole (14,2%). L'équilibre est à peine différent pour les salariés en élevage de 2010 encore présents dans l'agriculture en 2020: près d'un sur trois a choisi le statut de non salarié (dont de probables salariés "familiaux").

CONCLUSION

Entre 2010 et 2020, la main-d'œuvre des exploitations avec ruminants s'est réduite plus vite que pour les exploitations sans herbivores (-20% vs -9% d'après le RA) mais avec une stabilité individuelle des actifs plus élevé (MSA) aussi bien pour les non-salariés (35% de départs vs 46%) que salariés (70% de départs vs 79%).

Les écarts entre types d'élevage sont importants. D'une quasi stabilité de la main-d'œuvre dans les exploitations caprines (avec même une hausse pour les fromagers fermiers) à une forte baisse pour les exploitations avec vaches laitières. Pour ce dernier secteur, les données annuelles, plus régulières de la MSA, permettent de montrer une hausse de l'emploi salarié avant la fin des quotas (2010-2015) suivi d'une stagnation provoquée par la crise laitière de 2015-2016 et une rentabilité insuffisante. Des appariements annuels complémentaires entre les données MSA et d'autres sources administratives devront permettre de préciser ces tendances, selon les bassins et les systèmes de production.

Le recours au salariat s'est largement développé si l'on se base sur les données MSA, il concerne aujourd'hui 31% des exploitations avec ruminants (contre 20% en 2010). Néanmoins, la contribution de cette force de travail salariée reste faible (13,8% des ETP totaux en 2020 selon le RA). Les comparaisons entre RA et MSA seront poursuivies pour mieux comprendre les différences entre ces sources et la place occupée par la main-d'œuvre familiale déclarée comme salariée à la MSA (un salarié sur huit pour 8% seulement des ETP salariées).

Le débat autour du "renouvellement" est désormais systématiquement présent dans les réflexions et plans d'orientation de l'agriculture (EGA, Plans de filières, PSN, Pacte d'orientation et d'avenir, *etc.*). Il est souvent encore posé en termes de renouvellement "des générations" alors que si une génération, classe pleine installée dans les années 1990, est bien sur le départ, elle est remplacée par une diversité d'actifs non salariés et salariés, aux carrières et objectifs variés qui ne souhaitent plus s'engager pour une "génération" (installations tardives, départs précoces, carrières courtes subies ou choisies; Perrot *et al.*, 2022). Le débat sur le renouvellement est protéiforme car il masque souvent aussi une interrogation sur le renouvellement de la production, du volume de production, voire des modèles de production. Car c'est assez logiquement un sujet de préoccupation central pour les filières. Y compris pour la filière ovins viande par exemple qui remplace mieux ses actifs (94% des départs remplacés) que ses agneaux (Perrot, 2022) puisque les choix productifs des nouveaux entrants, de plus en plus installés hors cadre familial, voire non issus du milieu agricole ne tendent pas vers un approvisionnement en masse des filières longues. Face à la décapitalisation qui s'accélère dans les secteurs bovins (Institut de l'Elevage, 2021 et 2022), les interrogations portent d'autant plus sur une réduction de la diminution du nombre d'actifs que le comportement des éleveurs pérennes a changé. En se détournant de la croissance des cheptels au niveau individuel (Chatellier ***et al.***, 2021), ils ne compensent plus, en termes de production totale, la réduction du nombre d'actifs, qui s'est, de plus, accélérée du fait du vieillissement. La crainte d'une pénurie de production est parfois traduite un peu vite en risque de pénurie de main-d'œuvre alors que les liens sont plus complexes. Tandis que le risque d'une forte contraction de la main d'oeuvre qui n'est clairement identifié que pour les secteurs bovins pourrait être contrôlé en améliorant l'attractivité mais aussi l'accessibilité du métier d'éleveur pour des publics identifiés dans cet article (hors cadre familiaux, double actifs, salariés et apprentis), mais aussi pour les jeunes femmes fortement sous représentées parmi les coexploitants des exploitations bovines par rapport à la population active française ou aux éleveurs de petits ruminants (moins d'une femme pour cinq hommes pour les installations à moins de 40 ans en bovins lait *vs* parité parfaite pour les nouveaux installés en production fromagère caprine).

Les auteurs tiennent à remercier les services de la MSA pour la mise à disposition des données, et leur coopération dans leur analyse et compréhension.

Pour l'Institut de l'Elevage, l'accès aux données du RA et de la MSA a été réalisé au sein des environnements sécurisés du Centre d'accès sécurisé aux données – CASD (Réf. ANR10-EQPX-17

Bermond M., Labarthe P., Parmentier M., Piet L., Rémy J., Ridier A., 2017, Structures d'exploitation et exercice de l'activité agricole: continuités, changements ou ruptures ?. Introduction, Économie rurale. Agricultures, alimentations, territoires, n°357-358, p. 5-6.

Courleux F., Dedieu M.-S., Grandjean A., Wepierre A.-S., 2017, Agriculture familiale en France métropolitaine. Éléments de définition et de quantification, Économie rurale. Agricultures, alimentations, territoires, n°357-358, p. 87-99.

Chatellier, V., Perrot, C., Beguin, E., Moraine, M., & Veysset, P. 2021. Compétitivité et emplois à la production dans les secteurs bovins français. INRAE Productions Animales, 33(4), 261–282

Confédération Nationale de l'Elevage, 2019. Livre blanc. Le renouvellement des générations en élevage bovin, ovin, caprin. 62 pages.

Daou M., 2022, L'emploi 2020 des salariés agricoles affecté par la pandémie, Synthèse, Les statistiques de la MSA, Mutualité Sociale Agricole.

Depeyrot J.-N., Magnan A., Michel D.-A., Laurent C., 2019, Emplois précaires en agriculture, Notes et études socio-économiques, n°45.

Depeyrot J.-N., Perrot C., 2021, La filière laitière : un concentré des mutations agricoles contemporaines, Notes et études socio-économiques, n°48.

Detang-Dessendre C., Depeyrot J.-N., Piet L., 2022, PAC et emploi agricole : un regard européen, Note et Etudes Socio-Economiques, n°50, p. 6-32.

Duplomb L., Louaults P., Mérillou S., 2022, Compétitivité de la ferme France, Rapport d'information, Rapport au nom de la commission des affaires économiques, n°905, Sénat, 225p..

Forget V., Depeyrot J.-N., Mahé M., Midler E., Hugonnet M., Beaujeu R., Grandjean A., Hérault B. 2019 Actif'Agri. Transformation des emplois et des activités en agriculture, Paris, Centre d'études et de prospective, ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation, Éditions la Documentation française, 242 p.

Frécenon B., Marx J.-M., Petit N., 2021, Nouvelles formes de travail en agricuture, Rapport du CGAAER, n°20090, Conseil général de l'alimentation, de l'agriculture et des espaces ruraux, ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation, Paris.

Givois S., 2022, Recensement agricole 2020. Main-d'oeuvre et externalisation des travaux : le volume de travail des salariés permanents non familiaux augmente de 8 % en dix ans, Agreste - Primeur, n°11, Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire, SSP, Paris.

Institut de l'Elevage, 2013. L'élevage d'herbivores au recensement agricole 2010. Dossier Economie de l'élevage, 440-441, 90 p. + annexes

Institut de l'Élevage, 2022, Dossier annuel bovins viande, 2021 : pénurie de viande et inflation des coûts., Coll. Dossiers Économie de l'Élevage, n°526, Institut de l'élevage, 41 p..

Institut de l'Elevage, 2021. Où vont les vaches allaitantes: évolutions démographiques des éleveurs, trajectoires d'exploitations et dynamiques territoriales. Synthèse de l'étude pour INTERBEV, 5 p.

Magnan A., 2022, Le développement du salariat précaire dans l'agriculture française: une approche d'économie institutionnelle, Thèse de doctorat, Université Paris-Saclay.

Mahé M., Forget V., Depeyrot J.-N., Dedieu B., Gloker O., 2019, « Politiques de formation du capital humain en agriculture », dans Actif'Agri. Transformation des emplois et des activités en agriculture, Éditions la documentation française, Paris, Centre d'études et de prospective, ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation.

Ministère de l'Agriculture, 2021, Diagnostic en vue du Plan Stratégique National de la PAC 2023-2027, ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation, Paris, 278 p.

Nguyen G., Purseigle F., Brailly J., Marre M., 2022, Agricultural Outsourcing in France: A Statistical Perspective on an Emerging Phenomenon, Economie et Statistique / Economics and Statistics, n°532-33, p. 89-110.

Perrot C. Chouteau A., Guyet R., 2022. Dynamiques territoriales, renouvellement des actifs et attractivité du métier de producteur de lait en France et en Europe. Communication à la journée Grand Angle Lait IDELE 2022.

Perrot C. 2022. Le secteur ovins viande remplace mieux ses actifs que ses agneaux.Caractérisation statistique des installations récentes et diversité des carrières des éleveurs. Journées Techniques Ovines, Gramat, 5p..

Perrot D., Dockes A.-C., Doutart E., 2021. La place des femmes dans l'élevage. idele.fr

Purseigle F., Hervieu B., 2022. Une agriculture sans agriculteurs. Presses de Sciences Po, Paris.

Visions croisées du salariat dans les élevages de bovins en zone transfrontalière franco-belge - résultats d'enquêtes du projet INTERREG CowForme

BOULET L. (1), BEGUIN E. (2), FOURDIN S. (2), RONDIA P. (1), ELLUIN G. (3), DEJONGHE L. (4), LOUWAGIE I. (4), FIVET C. (1)
(1) CRA-W – Productions animales, rue de Liroux 8, 5030 GEMBLOUX - BELGIQUE
(2) IDELE - Les Instituts Techniques Agricoles, 19 bis Rue Alexandre Dumas 80 096 AMIENS cedex 3, FRANCE
(3) Chambre agriculture Nord-Pas de Calais (CA), 2 rue de l'Epau 59230 SARS ET ROSIERES, FRANCE
(4) INAGRO VZW (INAGRO), Ieperseweg 87 8800 RUMBEKE-BEITEM - BELGIQUE

RESUME - Les éleveurs de bovins souffrent d'une dégradation de leur qualité de vie au travail (agrandissement des troupeaux, forte productivité du travail sur les exploitations). Ce constat a été posé dans la zone transfrontalière franco-belge (Hauts-de-France, Wallonie, Flandre), où le projet INTERREG FR-WL-FL CowForme s'est donné pour objectif d'explorer la voie du salariat comme réponse au besoin de main d'œuvre des exploitations. Pour ce faire, des enquêtes ont été menées auprès d'éleveurs et de demandeurs d'emploi afin d'identifier tous les tenants et aboutissants de la thématique travail dans les exploitations agricoles. Si l'embauche de salarié est souvent considérée par les exploitants comme une des solutions permettant de résoudre leur problématique de main d'œuvre, elle est relativement peu appliquée du fait notamment du coût ou encore de la difficulté à trouver le « bon candidat ». De nombreux freins sont également identifiés par les demandeurs d'emploi, liés à l'image de ces métiers (pénibilité, astreinte) même s'ils présentent à contrario de nombreux avantages (liens avec la nature, sens de ces métiers).

Cross-views of wage employment on cattle farms in the Franco-Belgian cross-border area - results of surveys from the INTERREG project CowForme

BOULET L. (1), BEGUIN E. (2), FOURDIN S. (2), RONDIA P. (1), ELLUIN G. (3), DEJONGHE L. (4), LOUWAGIE I. (4), FIVET C. (1)

SUMMARY - Cattle farmers are suffering from a deterioration in their quality of life at work (larger herds, high labour productivity on farms). This observation has been made in the Franco-Belgian cross-border area (Hauts-de-France, Wallonia, Flanders), where the INTERREG FR-WL-FL CowForme project aimed to explore the use of salaried workers as a response to the labour needs of farms. To do so, surveys were conducted among farmers and job seekers in order to identify all the ins and outs of the issue of work on farms. Although hiring employees is often considered by farmers as one of the solutions to their labour problems, it is relatively little used because of its cost or the difficulty of finding the "right candidate". Many obstacles are also identified by jobseekers, linked to the image of these jobs (arduousness, workload) even though they offer many advantages (links with nature, meaning of these jobs).

INTRODUCTION

Depuis de nombreuses années, les élevages de bovins tendent à augmenter en taille de troupeaux et ce, sans évolution subséquente de la main d'œuvre présente sur la ferme. Au contraire, le secteur agricole connait depuis plusieurs décennies une diminution du bénévolat familial et un vieillissement des chefs d'exploitation puisque 59% des exploitants belges et 48% des éleveurs français ont plus de 50 ans (d'après STATBEL. 2020 et Perrot et al, 2022). Ce mouvement s'accompagne d'une augmentation de la productivité du travail (Depeyrot et Perrot, 2019). La qualité de vie au travail des éleveurs s'en retrouve impactée, notamment dans la zone transfrontalière franco-belge (Hauts de France, Wallonie, Province de Flandre Occidentale). Selon Kolstrup et al. (2013), les éleveurs laitiers sont soumis à diverses sources de tensions liées notamment à la charge de travail, pouvant mener à des niveaux de stress et de charge mentale important. Or les éleveurs sont en attente de conditions de travail correctes et aspirent à une « vie comme les autres » (Servière et al., 2019). Pour ce faire, il existe un panel de solutions qui s'offrent à eux permettant de réduire la charge de travail : automatisation, embauche de main d'œuvre supplémentaire, regroupement (CUMA, association, groupement d'employeurs, …), modification et/ou réduction de l'activité, etc.

En parallèle, la zone franco-belge connait un taux de chômage plus important que les moyennes nationales (+1.6% en France et +0.6% en Belgique ; d'après BNB et Dreets Hauts-de-France / Semas 2022), soit de la main d'œuvre potentiellement disponible pour travailler dans les exploitations. Pourtant la problématique de main d'œuvre reste prégnante dans les élevages bovins. Il existe une relative inadéquation entre l'offre et la demande qui soulève deux questions primordiales : quelle est l'attractivité du métier de salariés en élevages bovins ? quels sont les freins des éleveurs à l'embauche de travailleurs ?

Pour améliorer la durabilité des élevages bovins, les partenaires du projet **INTERREG FR-WL-FL CowForme** ont décidé d'étudier la pertinence du salariat comme levier à actionner pour répondre au besoin de main-d'œuvre des exploitations de la zone transfrontalière franco-belge. Eleveurs et demandeurs d'emploi ont été respectivement questionnés pour connaître leurs ressentis sur la thématique et ce, afin d'adapter en conséquence les actions du projet CowForme et leur mise en œuvre.

1. MATERIEL ET METHODES

Dans un premier temps, la technique des entretiens semi-directifs a été mobilisée afin de questionner 24 éleveurs et 27

demandeurs d'emploi de la zone FR-WL-FL. Dans un second temps, une enquête quantitative a été menée à plus grande échelle. 250 exploitants agricoles toutes productions confondues y ont répondu. Ces différentes enquêtes ont été réalisées en 2020.

1.1. ENQUETE QUALITATIVE DES ELEVEURS

Une enquête qualitative a été menée auprès de 24 éleveurs laitiers de la zone (7 Flandre – 7 Wallonie – 10 Hauts-de-France) afin d'identifier leur vision et leurs besoins liés au travail dans leur exploitation. Le guide d'entretien utilisé abordait 5 thèmes : la présentation de l'exploitation, la vision du travail en élevage, les freins et motivations à l'embauche, la place du salarié et son profil idéal, les compétences et besoins de formation en management de l'éleveur.

Les éleveurs enquêtés ont été sélectionnés sur base de leur localisation (dans la zone FR-WL-FL), du profil de leur exploitation (nombre et type de travailleurs, présence ou non de salariés, taille du troupeau) et de leur intérêt pour la problématique travail ; l'objectif étant d'avoir un échantillon diversifié. Pour ce faire, les réseaux des structures partenaires du projet CowForme ont été mobilisés. La catégorisation des profils d'exploitations a été réalisée sur base des références établies dans le cadre du projet CasDar ORGUE (Béguin et al., 2020). 3 types de collectif ont ainsi été utilisés : on parle de ***« petit collectif »*** pour les exploitations de 1 à 2 associés avec ou sans salariés. Les collectifs dits ***« basés sur le salariat »*** sont des exploitations où le nombre d'unité de main-d'œuvre (UMO) salariée est supérieur à celui des associés. Enfin les ***« collectifs associatifs »*** sont des exploitations avec au moins 3 associés et éventuellement des salariés. En raison de la situation sanitaire, ces enquêtes ont été réalisées à distance (téléphone ou visioconférence) et dans la langue de l'éleveur. Plusieurs enquêteurs furent donc mobilisés (l'Institut de l'Elevage pour les enquêtes en France et en Wallonie (en français) et INAGRO pour les enquêtes en Flandre (en néerlandais)). Ces conditions de réalisation particulières et les éventuels biais induits ont été considérés pour le traitement des résultats. Les enquêtes ont duré en moyenne 45 minutes. Les échanges étaient enregistrés et une prise de notes a été réalisée en simultanée (avec retranscription des verbatim). Un document partagé a ensuite été créé pour le traitement transversal des enquêtes. Pour ce faire, l'ensemble des enquêtes en néerlandais ont été traduites en français pour le dépouillement. Les informations récoltées furent donc compilées de façon exhaustive dans une grille de dépouillement (tableur Excel). Des recoupements furent réalisés et des verbatim identifiés.

1.2. ENQUETE QUANTITATIVE DES ELEVEURS

Afin de mieux identifier les facteurs structurant la problématique « travail » dans les exploitations agricoles, une deuxième enquête a été menée de manière quantitative (en ligne via LimeSurvey). 250 agriculteurs y ont répondu dont 164 éleveurs de bovins (allaitants & laitiers). Les questions portaient sur le ressenti, les besoins et les attentes en termes de conditions de travail. La vision des répondants sur le salariat a également été questionnée. L'enquête durait entre 10 et 15 minutes. Avant diffusion, le formulaire avait été préalablement testé afin de vérifier le bon cheminement du questionnaire et la compréhension des questions. Cette enquête menée en partenariat avec le projet INTERREG Agreen-Job a été construite puis partagée par les différentes structures partenaires des deux projets (réseaux, presse, web). Des relances ont également été réalisées afin d'atteindre un nombre satisfaisant de répondants (>1 % des exploitants de la zone). Le dépouillement des résultats a été effectué par l'Institut de l'Elevage. Les réponses obtenues ont été distinguées selon le type d'exploitations – la typologie utilisée faisant référence aux différents systèmes identifiés en France (bovins laitiers, bovins viandeux, autre élevage, grande culture, maraichage/arboriculture, autre système). Des analyses statistiques descriptives furent réalisées par la suite.

1.3. ENQUETE QUALITATIVE DES DEMANDEURS D'EMPLOI

L'attractivité des métiers de salariés en élevage a également été questionnée du point de vue des demandeurs d'emploi. Des entretiens semi-directifs ont ainsi été réalisés auprès de demandeurs d'emploi en Hauts-de-France (11), Flandre (11) et Wallonie (5) afin d'identifier leurs parcours et attentes professionnelles. Des questions plus spécifiques ont porté sur les freins et motivations aux métiers de l'agriculture et plus particulièrement aux métiers de salariés en élevage de bovins. Identifier les demandeurs d'emploi fut une étape particulièrement complexe en raison de la barrière de la langue, de la situation sanitaire (COVID19) mais aussi de la réglementation concernant le partage de données personnelles (RGPD). De fait, trois structures enquêtrices ont réalisées les entretiens : Idele pour la France, le FOREM pour la Wallonie et INAGRO pour la Flandre. Peu de demandeurs d'emploi ont pu être contactés pour les raisons précitées. Malgré ce nombre limité, des critères d'échantillonnage ont été identifiés, tels que la parité, l'âge et le niveau d'études. Une sous-population spécifique a été interviewée, il s'agit de détenus de la prison du Centre Agricole Pénitentiaire (CAP) de Ruisele en Flandre (Belgique). Les enquêtes ont duré en moyenne 30 minutes. Les échanges étaient enregistrés et une prise de notes était réalisée en simultanée (avec retranscription des verbatim). La méthodologie employée fut la même que pour les enquêtes qualitatives des éleveurs : avec la création d'une grille de dépouillement reprenant l'ensemble des enquêtes (les enquêtes en néerlandais ayant été préalablement traduites en français) puis analyse de la grille de dépouillement (identification de thématiques communes, et des verbatim).

2. RESULTATS

2.1. ELEVEURS

Dans le cadre de l'enquête qualitative, on retrouve une majorité d'exploitations de type « petit collectif » (11 exploitations), comparativement aux exploitations « basées sur le salariat » (6) ou de type « associatif » (7). Le Tableau 1 reprend les caractéristiques moyennes de ces fermes. On constate ainsi qu'elles sont de taille plus importante que les moyennes régionales puisque le nombre de vaches laitières s'élevait en 2019 à 60 en Wallonie, 72 en Flandre et 57 en Hauts-de-France (SPW., 2022 et Agreste :, 2020). En outre sur les 24 exploitations enquêtées, 5 disposaient de robots de traite, 3 avaient recours aux CUMA et 21 aux entreprises agricoles. Ces exploitations présentent donc des situations diverses face à la problématique « travail ». Au cours de cette enquête, les éleveurs ont été questionnés sur le type de solutions envisagés pour faire face à leurs problématiques de travail. Si la moitié des éleveurs mettent en avant l'embauche de salariés, les réponses obtenues varient selon le type de collectifs (Figure 1). L'automatisation est également citée de même que le recours aux entreprises (ETA). Les motivations à l'embauche concernent le plus souvent la diminution de la charge de travail quotidienne, le remplacement d'un membre du collectif de travail ou la possibilité de se dégager plus de temps libre. De nombreux freins à l'embauche de salariés sont relevés tels que **le coût** et la difficulté à trouver le **« bon candidat ».**

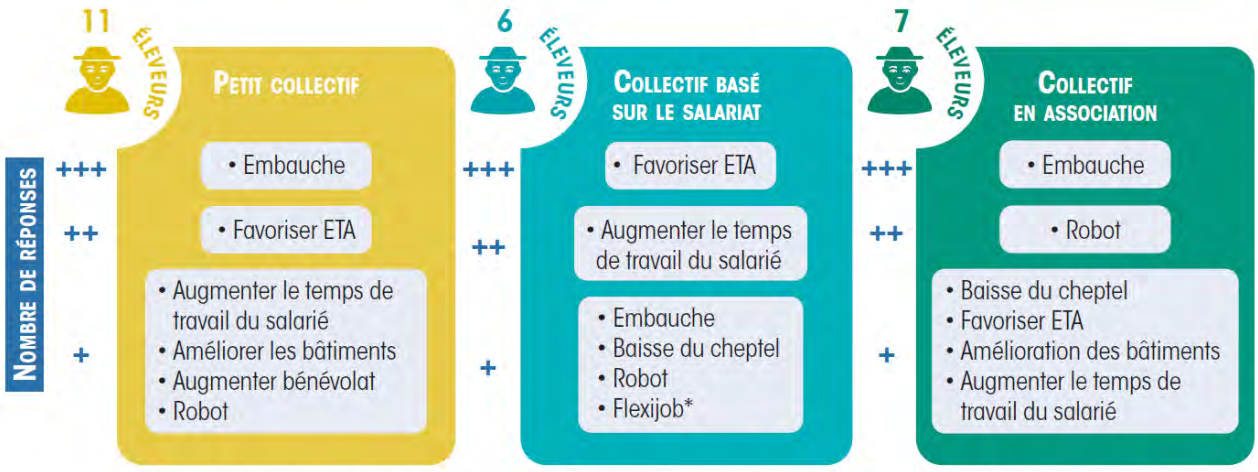
Type de collectif	*Nombre de vaches laitières*	*Quantité de lait produit (1000 litres)*	*SAU (ha)*	*Nombre d' associés (UMO)*	*Nombre de salariés (UMO)*
Petit collectif (11)	93 *(55 ; 140)*	941	117	1,5 *(1 ; 2)*	0,6 *(0 ; 1,5)*
Basé sur le salariat (6)	158 *(60 ; 220)*	1 500	183	3 *(2 ; 5)*	3,8 *(2 ; 7)*
En association (7)	123 *(60 ; 220)*	1 360	126	2 *(3 ; 3)*	0,6 *(0 ; 2)*

Tableau 1 : Caractéristiques moyennes des exploitations enquêtées qualitativement reprises selon le type de collectif

En effet, le métier de salarié en élevage est pointé par les éleveurs comme étant spécifique et complexe, ce qui nécessiterait d'avoir des profils adaptés. Les temps de formation et d'accompagnement des nouveaux salariés sont d'ailleurs souvent perçus négativement et constituent notamment un frein à l'embauche de néophytes. Outre les aptitudes techniques, les éleveurs citent comme attentes fortes la **motivation** (14/24), la rigueur et le respect dans le travail (9/24) et la passion des animaux (8/24). On note également une attention particulière portée par les petits collectifs qui recherchent davantage des salariés autonomes et polyvalents (6/11). La recherche du salarié idéal soulève la question de la capacité des éleveurs à déléguer. Pour la moitié d'entre eux, le salarié ne peut pas travailler « aussi bien qu'eux » et ce, en termes de volumes horaires, de qualité de travail ou encore de planning à fixer. Questionnés sur le management, les éleveurs citent la **communication** avec le salarié comme premier facteur d'importance (15/24). Certains éleveurs pointent également la fidélisation des salariés (7/24). Une spécificité régionale se marque sur la question du management. En Flandre, les éleveurs interrogés fixent les tâches à réaliser par le salarié en fonction de ces souhaits et de ces capacités, alors que les éleveurs francophones cherchent le salarié qui sera le plus à même de réaliser les tâches que les éleveurs souhaitent déléguer.

Pour enrichir ces premiers résultats, une enquête quantitative a ensuite été déployée à plus large échelle sur la zone. Sur les 250 répondants, 109 sont éleveurs de bovins laitiers (BL) et 55 éleveurs de bovins allaitants (BA). Seuls les résultats obtenus pour les élevages de bovins sont présentés. Ainsi le collectif de travail des répondants est majoritairement composé par les chefs d'exploitation qui représentent 69 % des UMO de l'exploitation en BL et 65 % en BA (Tableau 2). Le salariat reste relativement peu développé (<10 % UMO de l'exploitation) à l'exception des plus grands troupeaux (27 % des UMO dans les exploitations BL à plus de 100 VL) tandis que le bénévolat est important, notamment dans les exploitations de bovins allaitants où il équivaut à 31 % de la main d'œuvre de l'exploitation. Les répondants étaient questionnés sur leur ressenti face à leur travail au moyen d'une échelle allant de 1 à 4 selon un niveau croissant de satisfaction. D'une manière générale, les éleveurs de bovins laitiers sont peu satisfaits avec une moyenne de l'ordre de 2,3. Les éleveurs de bovins viandeux se placent à un niveau intermédiaire (2,5). Parmi les principales sources d'insatisfaction, les éleveurs pointent majoritairement **le manque de temps libre** (74 % des interrogés), la **charge mentale** (64 %) ou encore la **pénibilité physique** (56 %). Les éleveurs expliquent ce manque de temps libre par une charge de travail trop élevée et des amplitudes horaires trop importantes. 65 % des éleveurs BL souhaitent ainsi se dégager du temps pour la famille ou le loisir (44 % en BA). Le travail administratif est également cité par les éleveurs comme étant une charge supplémentaire.

Pour améliorer leurs conditions de travail, 39 % des éleveurs laitiers et 47 % des éleveurs allaitants sont encore en cours de réflexion. Les principales pistes envisagées par les répondants diffèrent selon la spéculation. Les BL s'orientent davantage vers l'équipement et la modernisation de leur structure (55 % des répondants), la simplification des pratiques (29 %) et la réorganisation de la main-d'œuvre (25 %). A l'inverse, les BA placent ex-aequo la modification de leur activité et la simplification des pratiques (29 %). **Seuls 6 % des répondants** (8 % BL – 3 % BA) envisagent clairement l'embauche d'un salarié sur le court ou le moyen terme. On notera toutefois que 39 % des BL et 22 % des BA s'interrogent sur la pertinence d'embaucher un salarié dans leur exploitation sur le moyen terme. Aussi, si les intérêts à embaucher sont bien réels, **de nombreux freins persistent** puisqu'il s'agit d'une solution relativement peu envisagée par les répondants.



** Un flexi-job est une forme d'emploi permettant à un travailleur d'exercer un emploi complémentaire à des conditions avantageuses (en Belgique).*

Figure 1 : Solutions de main d'œuvre envisagées par les exploitations reprises par type de collectif de travail

	Unité	*BOVINS LAITIERS*	*BOVINS ALLAITANTS*
Nombre d'enquêtes		109	55
Nombre UMO total	UMO	3,03	2,53
Nombre de chefs d'exploitation	UMO	1,91	1,31
	%	69	65
Nombre de salariés	UMO	0,6	0,33
	%	9	3
Nombre d'apprentis & étudiants	UMO	0,31	0,16
	%	3	2
Main d'œuvre bénévole	%	19	31

Tableau 2 : Caractéristiques des collectifs de travail au sein des élevages de bovins ayant répondu à l'enquête quantitative

En France comme en Belgique, les **coûts** constituent un frein à l'embauche (pour 27 % des répondants français et 29 % des répondants belges) de même que la **difficulté à trouver des candidats** (24 % FR – 30 % BE). L'accent est également mis sur les réglementations en vigueur (19 % en FR) ou les démarches administratives à respecter lors de l'embauche d'un salarié (17 % en BE). Questionnés sur les canaux mobilisés pour recruter, la majeure partie des répondants privilégient les connaissances (78 %) et seulement 12 % les structures de l'emploi (par exemple : Pôle Emploi (FR), ou le FOREM (BE)). De même, peu de répondants sollicitent un accompagnement dans leurs démarches de recrutement (< 4 % des éleveurs), en cohérence avec les résultats des enquêtes réalisées auprès d'éleveurs bovins lait dans le cadre du programme « gestion des ressources humaines, salariat et association » commandité par le CNIEL (Le Doaré et al., 2018).

2.2. DEMANDEURS D'EMPLOI

27 demandeurs d'emploi de la zone transfrontalière France-Wallonie-Flandre ont été enquêtés. Un tiers d'entre eux était des femmes, et les deux tiers restant des hommes. Toutes les catégories d'âges étaient présentes avec néanmoins une sous-représentation de la classe 30-39 ans. A noter que 3 des 11 personnes enquêtées en Flandre étaient des détenus. Cet échantillonnage hétérogène nous a permis d'explorer sans parti pris la question de l'attractivité du métier de salariés en élevage. **L'épanouissement au travail -** qui fait référence au plaisir au travail et au « travail passion » - est le critère le plus fréquemment cité (12/27) quand on questionne les demandeurs d'emploi sur leurs aspirations en termes de travail. A cela s'ajoutent d'autres points tels que la reconnaissance dans le travail, les conditions de travail, la prise de responsabilités et le type de tâches (entre 7 et 9 occurrences /27). Dans la suite des entretiens, les demandeurs d'emploi étaient questionnés sur leurs motivations à travailler dans le secteur agricole de prime abord puis plus spécifiquement en élevage. On observe que sur les 27 personnes enquêtées, 25 ont montré un intérêt pour le secteur agricole mais seulement 18 pour l'élevage. Si le côté **« nature »** des métiers de l'agriculture ressort fréquemment des entretiens (24/27), d'autres motivations sont également citées comme la variété des tâches (9/27), ou encore la liberté dans le travail (4/27). Certains enquêtés font référence à des motivations plutôt d'ordre « social » comme le fait d'exercer un travail qui a du sens : « c'est un beau métier qui permet de nourrir beaucoup de monde ». Parmi les motivations relatives aux métiers de l'élevage, on retrouve des critères déjà énoncés auparavant mais également quelques spécificités comme le **« contact avec les animaux »** (14/18), la connaissance du milieu et la fierté d'y travailler (2/18) ou encore certaines pratiques rencontrées en exploitation (écologie, vente directe, …) (2/18). Malgré ces nombreux avantages cités par les demandeurs d'emploi, on relève en parallèle un certain nombre de contraintes liées aux métier qui rebutent les candidats (Figure 2). La **pénibilité des tâches** (physique ou psychique) est un frein important associé au travail en élevage laitier (17/27). Il en va de même pour les **astreintes** (10/27). D'autres freins sont exposés comme le manque de rémunération dans la profession (6/27) et l'image négative du secteur (4/27), terme qui renvoie à une certaine vision de la société sur l'agriculture mais aussi au taux de suicide dans les exploitations. On note également une méconnaissance du réel travail en élevage, certains demandeurs d'emploi faisant part de leurs préoccupations concernant l'odeur, la saleté ou même le fait de devoir traire à la main, ce qui illustre le décalage croissant entre la société et l'élevage, identifié par les travaux du GIS Avenirs Elevage sur l'attractivité des métiers des filières **d'élevage (Gélin et Chouteau, 2021)**



Figure 2 : Freins pour le travail en agriculture et en élevage cités par les demandeurs d'emploi.

3. DISCUSSION

Les enquêtes réalisées auprès des éleveurs de bovins mettent en avant une tension forte sur leur travail quotidien du fait notamment du manque de main-d'œuvre dans leurs exploitations. A la recherche d'un meilleur équilibre vie privée – vie professionnelle, de plus de flexibilité, les éleveurs sont aujourd'hui en quête de solutions qui correspondent à la fois à leurs besoins, leurs attentes mais aussi à leur stratégie d'exploitation.

Dans la zone transfrontalière France-Wallonie-Flandre, nous avons pu constater que l'approche du salariat varie selon la localité. En Belgique, le salariat est relativement peu développé et peu dans les mœurs comparativement à la France où les éleveurs ont davantage de structures de travail collectif (CUMA, GAEC, etc.). Pourtant, la demande d'évolution est également bien prégnante. Tout le défi repose donc dans la capacité des éleveurs à ouvrir leurs portes à de la main-d'œuvre extérieure. Hormis ces réticences, se pose la question du coût en lien avec la rémunération des productions agricoles. La difficulté à trouver « le bon candidat » a également été soulevée. Si les attentes des éleveurs sont très fortes sur le salarié idéal, on remarque que celles des demandeurs d'emploi le sont tout autant. Diversité des tâches, autonomie, contact avec la nature, sont autant de points relevés par les demandeurs d'emploi comme critères de motivations dans leur travail. A ce niveau les métiers de l'agriculture et de l'élevage offrent un panel d'avantages qui permettraient de répondre à leurs attentes. Malheureusement, ils présentent également un certain nombre d'inconvénients qui rebutent le public-cible : pénibilité physique, pénibilité psychique, astreinte, etc. En outre, on relève de nombreux *a priori* et méconnaissances sur ces métiers qui souffrent d'une mauvaise image (saleté, odeur, etc.).

Un **double « accompagnement »** parait nécessaire pour 1. Améliorer l'attractivité des métiers de l'élevage bovins afin de toucher les personnes en quête d'emploi ou en reconversion professionnelle, et 2. Aider les éleveurs dans leurs projets d'amélioration de qualité de vie au travail (identification des solutions adéquates, aide éventuelle pour le recrutement – une approche peu usuelle à l'heure actuelle). En effet, s'il est vrai que les éleveurs mettent en évidence leurs difficultés à recruter de la main-d'œuvre puis à la fidéliser, peu envisagent de se faire accompagner ou même de se former en management, enjeu pourtant majeur pour la durabilité d'une part croissante des exploitations bovins lait de demain (Nettle et al. 2012). Dans ce cadre, les résultats précédemment obtenus concernant les points de vue des deux parties ont ainsi été analysés, confrontés, puis mutuellement considérés pour établir les différentes activités du projet CowForme. Des formations ont été créées dans les trois régions pour les demandeurs d'emploi au métier de salariés en élevage mais aussi pour les éleveurs en management. De plus, des accompagnements de groupes d'éleveurs ont été mis en place. Ainsi, des **Focus Farms** (groupe d'éleveurs de bovins) ont été créés en France, Flandre et Wallonie pour que les éleveurs puissent échanger sur leurs problématiques travail (organisation, conditions de travail, relationnel). De fait, chaque exploitation a fait l'objet d'un audit travail par des conseillers afin de mettre en évidence des pistes d'amélioration en lien avec les attentes propres des exploitants (sur base de l'expression de leurs ressentis et des calculs de temps de travail d'astreinte). Puis, une visite de la ferme par les autres membres du Focus Farm était organisée afin de recueillir leurs avis et expériences sur les points préalablement soulevés. Du fait de cette approche personnalisée et l'échange entre pairs, les éleveurs ont pu améliorer leur système et leurs conditions de travail.

CONCLUSION & PERSPECTIVES

La thématique travail reste un problème crucial dans les exploitations agricoles et ce, d'autant plus en élevages bovins. Si la question est débattue dans les structures d'accompagnement et les organismes de recherche, cette thématique percole encore relativement peu au niveau des agriculteurs. L'enjeu actuel réside donc dans l'amélioration de l'image des métiers de l'agriculture et ce, pour intéresser davantage les demandeurs d'emplois aux métiers de salariés en élevage, mais aussi, dans l'accompagnement des éleveurs depuis leur installation jusqu'à leur retraite pour une meilleure prise en compte du travail dans leurs projets et stratégie d'exploitation.

Agreste 2020. Productions Animales : En Hauts-de-France, un élevage bovin avant tout laitier – Novembre 2020 n°10.
BNB. Banque nationale de Belgique. Taux de chômage dans les provinces de Belgique en 2021. Disponible sur https://www.nbb.be/fr/publications-et-recherche/evolutions-statistiques-de-lemploi/marche-du-travail/taux-de-chomage-dans
Béguin E., Hostiou N., Jacquot A.-L., Madelrieux S., Fagon J. Conditions de travail dans les grandes exploitations laitières françaises. Renc. Rech. Ruminants, **2020**, 25, 560-564.
Depeyrot, J.N., Perrot, C. 2019. In Forget V., Depeyrot J.-N., Mahé M. et al. (eds), Actif'Agri. Transformations des emplois et des activités en agriculture. Centre d'études et de prospective, Ministère de l'agriculture et de l'alimentation, la Documentation française, Paris, France, pp49-63.
Dreets Hauts-de-France / Semas 2022. Taux de chômage localisés au 1er trimestre 2022. 2 p. Disponible sur

https://hauts-de-france.dreets.gouv.fr/sites/hauts-de-france.dreets.gouv.fr/IMG/pdf/suivi_du_taux_de_chomage_2022_t1.pdf
Le Doaré C., Sellier H., Chouteau A., Chauvat, S., Béguin E., 2018. Améliorer la gestion des ressources humaines, un enjeu majeur pour la filière laitière française. Des éleveurs laitiers témoignent de leurs pratique d'employeurs. 12 p.
Gélin M., Chouteau A., 2021(b). Attractivité des métiers des filières d'élevage. Synthèse des études menées par le GIS Avenir Elevages. 4 p.
Forget V., Depeyrot J.-N., Mahé M., Midler E., Hugonnet M., Beaujeu R., Grandjean A., Hérault B., 2019, Actif'Agri. Transformations des emplois et des activités en agriculture, Centre d'études et de prospective, Ministère de l'agriculture et de l'alimentation, la Documentation française, Paris.
Kolstrup, C.L., Kallioniemi, M., et al. 2013. Journal of Agromedicine, 18, 244-255.
Nettle R., 2012. Farmers growing farmers: The role of employment practices in reproducing dairy farming in Australia, Rural Innovation Research Group, Melbourne School of Land and Environment, University of Melbourne, Melbourne (Australia)
Perrot C., Chouteau A., Guyet R. 2022, Dynamiques territoriales, renouvellement des actifs et attractivité du métier en France et en Europe. Conférence Grand Angle Lait 2022.
Serviere, G., Chauvat, S., et al. 2019. INRA Productions Animales, 32, 13-24.
STATBEL., Chiffres agricoles de 2020 (Tab A). Disponible sur https://statbel.fgov.be/fr/themes/agriculture-peche/exploitations-agricoles-et-horticoles#figures
SPW - Direction de l'Analyse Economique Agricole., 2022. Etat de l'Agriculture Wallonne 2019 - Rapport personnalisé. Disponible en ligne sur (https://etat-agriculture.wallonie.be/files/Etudes/Rapport%202021_donn%c3%a9es%202019.pdf)

Comment améliorer l'attractivité des métiers des filières d'élevage ? Etat des lieux et prospective

DELANOUE E. (1), GELIN M. (2), CHOUTEAU A. (2), DOCKES A.-C. (2)
(1) Institut de l'élevage - IFIP Institut du porc - Itavi, rue de Monvoisin, BP 85225, 35652 Le Rheu Cedex
(2) Institut de l'Elevage, 149 rue de Bercy, 75012 Paris

RESUME
Les métiers des filières d'élevage souffrent d'un manque d'attractivité. Un groupe de travail du GIS Avenir Elevages s'est donné pour objectif d'analyser les facteurs d'attractivité des métiers des filières d'élevage d'aujourd'hui et de demain, afin de réfléchir aux manières de les améliorer. Dans un premier temps, un état des lieux des métiers en tension et de leurs facteurs d'attractivité a été réalisé à partir de la bibliographie et d'entretiens auprès d'acteurs des filières d'élevage. Des freins à l'attractivité, communs aux différents métiers, ont été mis en évidence : leur image est mitigée, les conditions de travail sont perçues comme difficiles, et les formations pour y accéder mal connues. Toutefois, certaines spécificités de ces métiers attirent les jeunes, comme le contact avec les animaux inhérent au secteur de l'élevage, la diversité des tâches et le sentiment d'être utile à la société. Dans un second temps, un travail prospectif à moyen terme a été réalisé avec un groupe d'experts et de professionnels de l'élevage. Les métiers de l'élevage ont été décrits dans quatre scénarios prospectifs : un scénario « anti-élevage » dans lequel l'élevage se marginalise ; un scénario « alternatif » dans lequel les citoyens exigeants sont très sensibles à la qualité et aux conditions d'élevage dans un esprit « moins mais mieux » ; un scénario « libéral » dans lequel l'agriculture est productive et confrontée aux marchés mondiaux ; un scénario « diversification » dans lequel les modes de production se diversifient et les produits montent en gamme. À la suite de ces études, des pistes pour améliorer l'attractivité de ces métiers dans différents contextes ont été proposées.

How to improve the attractiveness of professions in the livestock sectors?

DELANOUE E. (1), GELIN M. (2), CHOUTEAU A. (2), DOCKES A.-C. (2)
(1) Institut de l'élevage - IFIP Institut du porc - Itavi, rue de Monvoisin, BP 85225, 35652 Le Rheu Cedex

SUMMARY
Jobs in the livestock sectors suffer from a lack of attractiveness. A working group from "GIS Avenir Elevages" has set itself the objective of analysing the attractiveness factors of jobs within the livestock sector, today and tomorrow, to think about ways to make them more attractive. Firstly, an inventory of the shortage jobs and their attractiveness factors was carried out. Attractiveness factors and obstacles, common to the various professions, emerged: the image of these professions is mixed, working conditions may appear difficult, and ways to access to these professions not well known. However, certain specificities like contact with animals, versatility, being useful to society… are well perceived by professionals and candidates to these jobs. In a second step, a prospective work in the medium term was carried out. The jobs have been described in 4 scenarios: an "anti-breeding" scenario, in which breeding is marginalized; an "alternative" scenario, with citizens sensitive to the quality and conditions of breeding in a "less but better" spirit; a "liberal" scenario, where agriculture is productive and confronted with world markets; a synthetic "diversification" scenario, production methods diversify and products move upmarket. Following these studies, pathways for improving the attractiveness of these professions have been proposed.

INTRODUCTION

La France a perdu 18% de ses exploitants entre 2010 et 2020. Un quart d'entre eux ont aujourd'hui 60 ans ou plus, contre un sur cinq en 2010 (MAA, 2021). Ce vieillissement des chefs d'exploitation se traduit par un nombre important de départs en retraite et d'exploitations à reprendre, et donc un besoin de renouveler les actifs. Or, les éleveurs rencontrent actuellement des difficultés à transmettre leurs exploitations. Les nombreux emplois et activités qui dépendent de la présence des élevages (abattoirs, transport, alimentation animale…) sont impactés par ces changements (Lang et al., 2015). Les filières d'élevage rencontrent des difficultés à recruter, quelle que soit l'espèce (bovine, porcine, ovine, caprine, avicole, équine), et à tous les échelons de l'amont à l'aval. Pour comprendre ces difficultés et y apporter des solutions, le GIS Avenir Elevages a créé en 2019 un groupe de travail sur l'attractivité des métiers des filières de l'élevage. Ce groupe a conduit de nombreuses études qualitatives et quantitatives, dans l'objectif de répondre à trois interrogations : Quels sont, aujourd'hui, les métiers de l'élevage en tension et quels sont leurs facteurs d'attractivité ? Quelles sont les attentes des personnes susceptibles de les exercer ? Comment pourront évoluer les métiers des filières de l'élevage, et leur attractivité, d'ici 10 à 15 ans ?

Cette synthèse dresse, après la présentation de la méthodologie employée, un état des lieux des difficultés de recrutement auxquelles les métiers des filières d'élevage sont confrontés. La troisième partie analyse l'adéquation (ou non) entre les attentes des jeunes en termes d'emploi et ce qu'offrent les métiers des filières d'élevage. Pour finir, la quatrième partie présente la prospective menée par le groupe de travail, sur l'évolution des métiers de l'élevage et son impact sur leur attractivité en 2035.

1. MATERIEL ET METHODES

Pour réaliser l'état des lieux des métiers ayant des difficultés de recrutement, en plus d'une large synthèse bibliographique ont été conduits une soixantaine d'entretiens auprès de professionnels de l'élevage en activité (éleveurs, salariés agricoles, professionnels du conseil, tondeurs de moutons, chauffeurs, commerçants-transporteurs, directeurs d'abattoirs, directeurs de laiteries, responsables des recrutements, ergonomes, salariés d'agence d'intérim), pour comprendre comment ils vivent leur métier, quelles ont été leurs motivations dans leur orientation et identifier leurs sources de satisfaction ou d'insatisfaction dans l'exercice de leur métier (Gelin et al., 2021a ; Gelin et al., 2021b).

Par ailleurs, plusieurs enquêtes qualitatives et quantitatives ont été réalisées auprès des élèves de l'enseignement agricole et général de juin 2020 à juin 2021. Trois focus groups ont été organisés auprès de 6 élèves de troisième, 5 élèves de terminale et 6 jeunes actifs, la plupart n'ayant pas de lien avec le milieu agricole. Deux enquêtes ont été réalisées auprès d'élèves en écoles d'ingénieurs agronomes, la première quantitative auprès de 188 élèves, la seconde qualitative auprès de 19 élèves. En s'appuyant sur les impressions « à chaud » des étudiants de retour de stage en exploitation agricole, l'objectif était d'identifier les éventuels décalages entre la perception que s'en faisaient à priori les élèves et la réalité des expériences qu'ils ont vécues sur le terrain. Enfin, un sondage a été diffusé auprès de 308 élèves en lycée agricole afin de tester leur attrait pour les métiers de l'élevage, comprendre leurs motivations et identifier leurs attentes vis-à-vis de leur futur métier (Gelin et al., 2021c).
Enfin, un travail de prospective a permis de mieux comprendre de quelle façon ces métiers et leurs facteurs d'attractivité allaient évoluer. Ce travail a été réalisé avec un groupe d'experts et de professionnels de l'élevage. Les métiers de l'élevage ont été décrits dans quatre scénarios prospectifs à horizon 2035. Ce travail s'est appuyé sur des scénarios préexistants (Jez et al., 2012 ; Delanoue et al., 2018 ; et un travail non publié conduit par l'Ifip, l'Idele et l'ITAVI), qui ont été retravaillés et éclairés au regard de l'évolution des métiers.

2. DES FILIERES D'ELEVAGE EN DIFFICULTE POUR RENOUVELER LEURS ELEVEURS ET RECRUTER DES SALARIES

2.1. UNE POPULATION D'ELEVEURS QUI VIEILLIT

Entre 2010 et 2020, le nombre d'exploitations spécialisées en élevage a diminué de 5,4% (MAA, 2021) et, à l'image de la population générale des agriculteurs, les éleveurs vieillissent.
Plusieurs facteurs expliquent ce vieillissement de la population des éleveurs français. La politique de préretraite-installation instaurée dans le cadre de la PAC de 1992, par exemple, a eu tendance à synchroniser le cycle de vie d'un grand nombre de chefs d'exploitations, qui aujourd'hui ont plus de 50 ans. En outre, en secteur bovin et ovin viande, le montant des aides de la PAC (dont ICHN), lorsqu'il dépasse celui de la retraite agricole, contribue au maintien en activité de chefs d'exploitation au-delà de 62 ans. Ces derniers représentent aujourd'hui près de 10% du total des chefs d'exploitation et plus de 40% du cheptel sont détenus par des éleveurs de plus de 50 ans (Perrot, 2020). Le secteur caprin échappe quant à lui à cette tendance au vieillissement, étant plutôt confronté à des difficultés de stabilisation des effectifs des chefs d'exploitation à cause d'une augmentation des carrières courtes. Cette filière reste attractive, notamment grâce à son secteur fromager fermier (Ibid.).

2.2. LE SALARIAT ET LES METIERS ANNEXES EN DIFFICULTE

Avec l'augmentation des tailles d'exploitation et la volonté des éleveurs de se dégager plus de temps libre, le salariat se développe, que ce soit en recrutement par l'exploitant, par des groupements d'employeurs ou par des CUMA (Coopérative d'Utilisation de Matériel Agricole) (Forget et al., 2019). Le salariat constitue souvent une étape avant l'installation, ou bien il représente un moyen pour travailler en élevage sans pour autant avoir à assumer les responsabilités d'une exploitation agricole (Madelrieux et al., 2010). Mais les employeurs peinent à recruter et à fidéliser des salariés agricoles. Pour l'ensemble des filières des ruminants, une enquête en ligne a été réalisée en 2020 par les professionnels du secteur auprès de 257 éleveurs ayant cherché à recruter depuis 2015. Elle a révélé que la plus grande difficulté de recrutement qu'ils rencontrent est d'abord liée à un manque de compétence du candidat, puis à l'absence de candidats (Boullu, 2020).
Le métier de salarié agricole présente des caractéristiques qui peuvent constituer des freins à son attractivité : il est exercé majoritairement par des hommes, plus jeunes que la moyenne des salariés français, peu qualifiés, et relativement plus souvent en CDD et moins bien rémunérés que l'ensemble des salariés français (Bellit et Détang-Dessendre, 2014).
De nombreux autres métiers de l'amont et de l'aval des filières d'élevage rencontrent aujourd'hui des difficultés à recruter : ramasseur de volaille, agent de pesée, technicien d'insémination, conseiller, animateur, métiers de la valorisation des chevaux (soigneur, débourrage/pré-entraînement, préparateur aux ventes de yearling), chauffeur pour le transport d'animaux et pour la collecte du lait, accrocheur de volaille, opérateur d'abattage, opérateur de transformation, métiers de la maintenance, etc.

2.3. UNE JEUNESSE EN RECHERCHE D'EXPERIENCES PROFESSIONNELLES EPANOUISSANTES

Un sondage mené en 2020 par l'Ifop pour le Cniel auprès de jeunes âgés de 15 à 25 ans montre des évolutions dans le rapport des jeunes au monde du travail : ils recherchent une grande souplesse, manifestent une certaine impatience et ont des difficultés à se projeter dans l'avenir. La rémunération, l'autonomie, l'intérêt et les conditions de travail sont primordiales dans le choix de leur futur métier (Gomant et Legrand, 2020). Les jeunes générations sont donc exigeantes vis-à-vis de la qualité de vie au travail. Cela peut créer un décalage avec les métiers des filières d'élevage et notamment avec les générations précédentes, pour lesquelles le travail est souvent associé au « dur labeur » et d'engagement « à vie ».
En cela, la perception qu'ont les jeunes des métiers de l'élevage et des formations qui y conduisent doit être prise en compte pour comprendre et guider leurs choix d'orientation. Pour être attractifs auprès de ces jeunes populations, les métiers des filières d'élevage doivent répondre à leurs attentes : proposer une bonne qualité de vie à travers notamment de bonnes conditions de travail et un bon équilibre entre vie privée et vie professionnelle, avoir du sens et être utile à la société, et permettre une évolution tout au long de la carrière.

3. DES METIERS DE L'ELEVAGE PLUTOT EN PHASE AVEC LES ATTENTES DES JEUNES MAIS AVEC DES FAIBLESSES

3.1. L'ELEVAGE, UN METIER DE PASSION QUI ATTIRE…

Notre enquête auprès des professionnels en activité montre l'importance de la connaissance préalable du milieu agricole lors de leur choix de métier. La plupart d'entre eux ont des proches travaillant dans le milieu agricole, ou déclarent avoir un lien avec le milieu rural, comme être partis en vacances à la montagne lors de leur enfance et avoir pu rencontrer des bergers. Ainsi, pour les professionnels de l'amont des filières d'élevage, ces métiers sont souvent considérés comme une vocation qu'ils ont depuis l'enfance.
La passion pour l'élevage depuis l'enfance ou l'adolescence est une des principales motivations pour les métiers des filières d'élevage (Depoudent et al., 2012). Cette passion et l'attrait pour le contact avec les animaux sont apparus dans nos entretiens comme les deux principaux facteurs d'attractivité pour les métiers de l'amont des filières d'élevage. Viennent ensuite la diversité des tâches, l'autonomie, et enfin la liberté d'action. Ce sont des métiers qui font sens et qui sont utiles. L'aspect relationnel entre professionnels et auprès du grand public, et la participation à la chaîne de production constituent également des facteurs d'attractivité.
Par ailleurs, tous les professionnels enquêtés, qu'ils soient salariés ou éleveurs, sont satisfaits de leur vie sur leur territoire : vivre à la campagne, au calme, dans une maison avec un jardin, etc.
Les lycéens de l'enseignement agricole enquêtés souhaitent travailler dans un secteur d'activité pour lequel ils ont de l'intérêt voire qui les passionne, et qui soit utile à la société. À

leurs yeux, les métiers de l'élevage possèdent ces caractéristiques et répondent donc à leurs attentes, ce qui les rend attractifs. Ils souhaitent également pouvoir évoluer dans leur carrière et la flexibilité des horaires est un réel avantage pour eux. Des enquêtes réalisées auprès d'étudiants en école d'ingénieur ont permis de préciser les éléments qui leur ont plu ou déplu lors de leur stage en exploitation agricole concernant le métier d'éleveur. Ils ont apprécié travailler à l'extérieur (à l'air libre), la relation avec les animaux, l'autonomie, la diversité des tâches, les relations entre pairs, et la transformation-vente directe le cas échéant.

Les éleveurs et salariés enquêtés identifient la rémunération et les conditions de travail comme les principaux freins à l'exercice des métiers de l'amont. Souvent, la rémunération ne leur paraît pas en cohérence avec la charge de travail exigée. En outre, ce sont des métiers qui peuvent être difficiles physiquement et provoquer des troubles musculosquelettiques (TMS), des affections respiratoires ou des souffrances psychiques, liées à la charge mentale induite par les tâches administratives ou au sentiment de dévalorisation du métier.
Les enquêtes réalisées auprès des étudiants en école d'ingénieur confirment ces résultats et montrent qu'ils déplorent en particulier l'astreinte horaire dans ces métiers, la

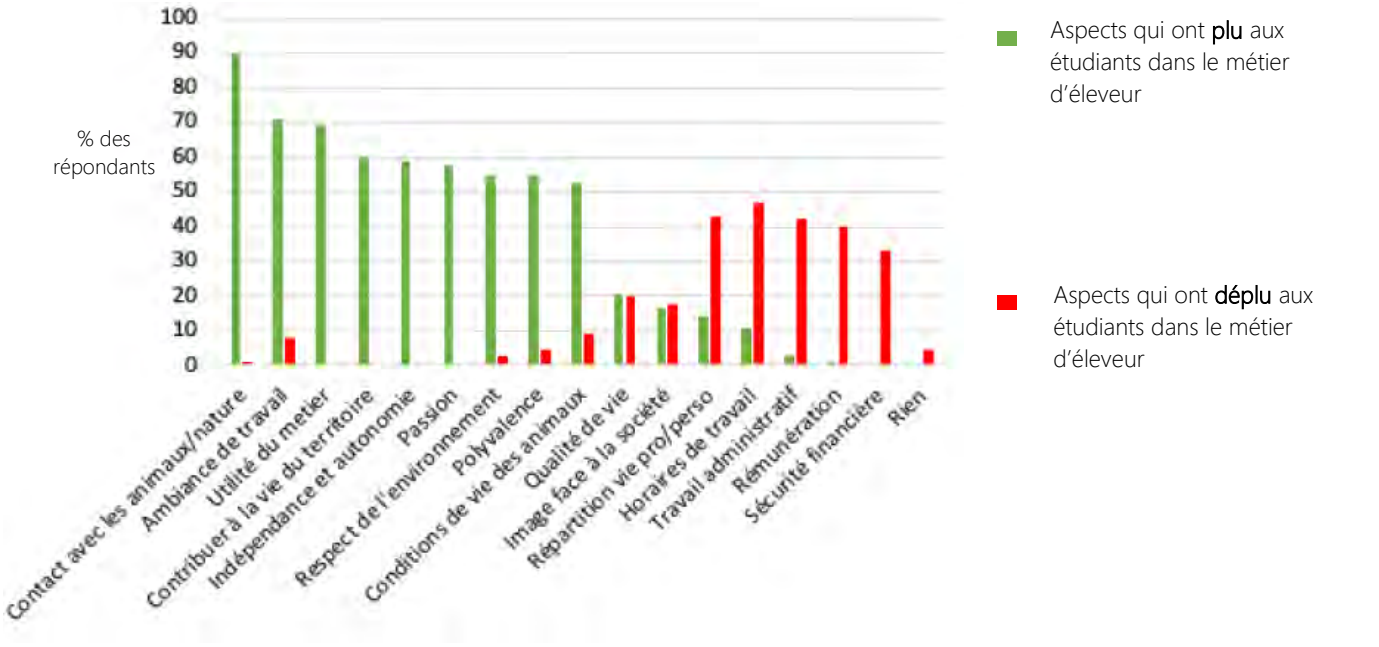


Figure 1 Enquête auprès de 188 étudiants en 1ère année d'école d'ingénieur en agronomie après leur stage en exploitation d'élevage (Beyer et al. 2021)

3.2. …MAIS INSUFFISAMMENT VALORISE ET AUX CONDITIONS D'EXERCICE DIFFICILES

Pour les étudiants, la qualité de vie (notamment la séparation entre vie privée et vie professionnelle qui leur semble difficile), des perspectives d'évolution jugées trop limitées – le métier d'éleveur étant parfois perçu comme « un engagement pour la vie » – et l'image des métiers de l'élevage dans la société représentent également des freins à leur attractivité.
En ce qui concerne spécifiquement le salariat, les relations humaines sont déterminantes au sein des exploitations. Dans nos enquêtes, les salariés soulignent l'importance de bonnes relations de travail sur la ferme pour leur donner envie de rester. Les conflits relationnels entre employeur et salarié, qui peuvent être liés à un manque de formation des employeurs au management ou à une incompréhension entre ces deux statuts, peuvent pousser certains salariés à changer de poste. La localisation peut aussi être un frein lorsque la ferme est située dans des zones rurales avec peu de développement d'activités culturelles ou de services, comme l'enseignement supérieur pour les enfants par exemple. En outre, en zone de plein-emploi, la concurrence avec les autres secteurs d'activité est un frein important. Dans les zones très rurales avec une faible densité de population, les candidats peuvent être rares.

3.3. LE CAS PARTICULIER DES METIERS DE LA TRANSFORMATION

Les métiers de la première et de la deuxième transformation, que ce soit dans les abattoirs ou dans les industries laitières, ont des spécificités qui les différencient des métiers liés aux exploitations agricoles. Ces métiers peuvent permettre à des personnes sans diplôme ou sans expérience d'avoir un emploi et un salaire. Mais plusieurs éléments pénalisent l'attractivité de ces métiers. Dans le secteur de l'abattage, les opérateurs travaillent à la chaîne ; l'atmosphère et les horaires de travail peuvent rebuter. Ensuite, la sensibilité de la population de plus en plus forte vis-à-vis du bien-être animal et l'image des abattoirs soumet les salariés des abattoirs, de la bouverie ou de la tuerie, à une pression morale et de contrôle, et engendre un problème de reconnaissance et d'image de soi. Afin de rendre ces métiers plus attractifs, des améliorations techniques (aménagement des bouveries, affûtage des couteaux...), organisationnelles (polyvalence, rotation de poste...) et humaines sont mises en place. La commission paritaire « Bétail et Viande » travaille avec la MSA sur la prévention des risques professionnels, notamment des troubles musculosquelettiques. Former les salariés aux bons gestes en intégrant des outils technologiques (réalité virtuelle, capture motion) est un enjeu pour réduire les TMS et renforcer la sécurité au travail.
Concernant les opérateurs de la transformation du lait, les conditions de travail rendent également les métiers difficiles : travail au froid dans les caves, au chaud dans les fromageries, port de charges, cadence à tenir, horaires de travail décalés, etc. La méconnaissance et le manque de formation pour certains métiers comme ceux de l'affinage sont également des freins. Fromager et affineur sont des métiers de tradition et la perpétuation de ces savoir-faire peut donner du sens aux métiers et renforcer en cela leur attractivité.

3.4. LES METIERS DE L'AMONT ET LES SYSTEMES DE PRODUCTION ALTERNATIFS PLUS ATTRAYANTS

Les résultats de nos enquêtes ont montré que les différents métiers des filières d'élevage ne sont pas perçus de la même façon selon leur position en amont ou en aval de la chaine de production, ou selon les systèmes de production.

Les métiers d'éleveur et de conseiller jouissent de la meilleure image auprès des étudiants en école d'ingénieur d'agronomie, les métiers d'équarisseur, de négociant et de transporteur d'animaux de la moins bonne. Les conditions de travail des conseillers et des vendeurs sont considérées comme les meilleures, alors que celles des éleveurs, des équarrisseurs et des salariés agricoles sont désignées comme les moins bonnes.

Par ailleurs, les élèves se projettent différemment selon les métiers. A la question « Pourriez-vous exercer ce métier ? », plus de 50% des élèves en lycée agricole ayant participé à notre enquête répondent par l'affirmative pour les métiers d'éleveur, de salarié agricole, de conseiller en production animale ou de technicien d'insémination. En revanche, ce taux est inférieur à 30% pour les métiers de la transformation de la viande, de chauffeur ou de salarié d'abattoir.

En outre, certains systèmes de production se révèlent plus attractifs. Plus de 70% des exploitations dans lesquelles les étudiants en école d'ingénieur ont choisi de réaliser leur stage ont des ateliers de vente directe, de vente à la ferme, des gîtes ou des fermes pédagogiques. Parmi les élevages, 63% étaient sous signe de qualité et près de 5% étaient en cours de conversion en agriculture biologique. Cela peut traduire un surplus d'attractivité de ces exploitations ou un manque d'attractivité des élevages plus conventionnels.

4. LES METIERS DE L'ELEVAGE A L'HORIZON 2035

Ce travail prospectif vise à imaginer les conséquences qu'auront les grandes questions auxquelles l'élevage fait face actuellement sur les métiers des filières et leur attractivité à l'horizon 2035.

4.1. SCENARIO « ANTI-ELEVAGE » : MARGINALISATION DE L'ELEVAGE

Dans ce scénario, à cause des remises en question sociétales de l'élevage, la consommation individuelle de viande diminue fortement. Les élevages disparaissent progressivement. En 2035, il reste des élevages de petites tailles et en plein air, dont la priorité est portée au bien-être des animaux, et de rares grands élevages en bâtiment. Les rares élevages restants se centralisent autour des abattoirs afin de diminuer les temps de transport des animaux. Les abattages sont en forte baisse. Au niveau de la transformation du lait, il y reste de petites structures pour le marché local en production fermière. L'éco-pâturage est favorisé pour l'entretien des espaces, y compris en milieu urbain. Les petits ruminants et les équidés y trouvent leur place. Dans ce scénario, le nombre d'éleveurs et de salariés agricoles diminue fortement dans toutes les filières animales. Les salariés sont employés dans les quelques exploitations restantes ou par des collectivités territoriales pour faire pâturer des animaux dans des parcs ou des zones naturelles. La majorité des élevages n'étant pas en recherche de productivité, les métiers de technicien d'insémination et d'agents de pesée disparaissent quasiment. Il y a toujours quelques vendeurs et conseillers en aliments, des professionnels en lien avec le bien-être des animaux, et quelques conseillers en environnement, bâtiment, aménagement de l'espace. La consommation d'œufs et de lait étant mieux acceptée que celle de viande, les métiers qui y sont liés continuent d'exister, même si le nombre de professionnels diminue fortement.

Dans ce scénario, l'élevage a une mauvaise image dans la société. Il faut être très motivé et passionné pour y travailler, ou que les petits élevages alternatifs qui subsistent soient une cause dans laquelle on a envie de s'investir. Les perspectives d'emploi et d'évolution de carrière sont très faibles, toutes filières confondues et tous métiers confondus. Le secteur de l'élevage dans sa globalité n'est plus du tout attractif.

4.2. SCENARIO « ALTERNATIF » : MOINS MAIS MIEUX

Dans ce scénario, les citoyens sont de plus en plus sensibles à l'environnement, à leur santé et au bien-être des animaux. Ils favorisent les produits locaux, préservant l'environnement et valorisant le métier des agriculteurs. Les citoyens sont prêts à payer plus cher pour manger des produits animaux de qualité, quitte à en manger significativement moins. Les modèles d'élevage alternatifs, à forte valeur ajoutée, sous signes de qualité et en circuits courts se développent. Les abattoirs de proximité et l'abattage à la ferme également.

Dans ce scénario, les éleveurs s'organisent davantage en modèle collaboratif. On trouve une grande diversité de collectifs de travail et une diversité de structures. Les tâches de l'éleveur se diversifient et cela permet de créer de l'emploi familial ou salarié. Du fait de ce travail collaboratif, les animateurs de groupes sont très recherchés. Les éleveurs sont plus autonomes dans leur travail, les systèmes en polyculture-élevage étant favorisés. Le besoin en conseil technique et commercial s'amoindrit donc. En revanche, il y a un besoin plus important en conseils relatifs au marketing, aux circuits courts et à la communication, métiers qui ne sont pas forcément spécifiquement agricoles. Les métiers orientés vers les démarches qualité, les certifications, la réalisation d'audits se développent. Les peseurs, les techniciens d'insémination, les vendeurs d'aliments sont de moins en moins sollicités. Les dispositifs d'abattage mobile à la ferme se développent. Dans les industries laitières, il y a un grand besoin de techniciens de transformation mais aussi de conseillers auprès des éleveurs-transformateurs. Il y a un besoin croissant de salariés pour la transformation locale et pour des petits collectifs de production.

Les métiers en lien avec l'élevage offrent l'autonomie, la polyvalence et le contact humain. Le travail des éleveurs est reconnu par la population : l'image de l'élevage auprès des citoyens est très bonne. Les conditions de travail s'améliorent pour les éleveurs, notamment grâce à une plus grande flexibilité dans l'organisation du travail. Les métiers de l'élevage, en accord avec les attentes de la société, sont utiles et font sens, permettant de s'épanouir dans le travail. Les perspectives d'emploi sont bonnes. Le revenu des éleveurs est valorisé car les produits sont à haute valeur ajoutée, bien que les volumes de production soient faibles.

4.3. SCENARIO « LIBERAL » : UNE AGRICULTURE PRODUCTIVE CONFRONTEE AUX MARCHES MONDIAUX

Dans un contexte de libéralisation et d'accords de libre-échange, sans protection des marchés, la concurrence économique devient exacerbée et les grandes exploitations agricoles pilotées par l'aval des filières prédominent. La production de masse pour la consommation nationale et internationale se développe. Il y a moins de contraintes pour améliorer le bien-être animal.

Les éleveurs sont donc principalement des chefs d'entreprises de très grandes dimensions, très compétitives et spécialisées. On observe une concentration territoriale des exploitations. Les grands abattoirs se multiplient, les circuits-courts et les petites entreprises sont marginaux. La production laitière se développe, notamment pour l'exportation. La collecte de lait est plus massive avec des citernes plus importantes, et le développement de camions pilotés à distance. Les éleveurs sont très technophiles, les robots, les automates et les nouvelles technologies leur apportant plus-value et efficacité. Dans ce scénario, deux profils d'éleveurs coexistent : les entrepreneurs et les « intégrés » par des entreprises de l'aval. Les éleveurs pilotent les fermes et les salariés effectuent le travail avec les animaux et les cultures. La grande automatisation a supprimé certaines tâches : en production laitière, par exemple, la pesée est réalisée directement par les robots de traite. Les salariés sont formés aux nouvelles technologies et le nombre d'emploi diminue. Les conseillers sont des salariés d'entreprises, avec un consentement des

éleveurs entrepreneurs à payer chers des services de conseils privés. Le conseil technique se maintient, le conseil d'entreprise et « stratégique » se développe. Au niveau de la première et de la deuxième transformation de la viande, l'automatisation facilite certaines tâches et diminue la pénibilité du travail. Dans les industries laitières aussi, la technologie est à la pointe et tournée vers une production de masse. Les perspectives d'emploi et d'évolution sont bonnes, surtout pour les métiers à responsabilités. La technologie et les robots permettent d'améliorer les conditions de travail des éleveurs et des salariés agricoles, mais réduisent le besoin en main d'œuvre malgré la grande taille des exploitations. Pour les salariés exécutants, l'intérêt porté au travail et l'épanouissement sont faibles. La technicité et la performance sont les principaux facteurs d'attractivité des métiers des filières d'élevage, qui séduisent un certain type de candidats attirés par les technologies et la productivité.

4.4. SCENARIO « SYNTHESE » : DIVERSIFICATION ET MONTEE EN GAMME DE L'ELEVAGE

Ce quatrième scénario est une « synthèse » des trois précédents : leurs tendances caractéristiques coexistent, de façon moins marquée mais plus probable. Dans ce scénario, les citoyens-consommateurs, les ONG et les décideurs politiques sont préoccupés par l'environnement, la santé, le bien-être animal mais aussi par l'économie des filières. Aucune de ces préoccupations ne prend vraiment le dessus. Les modes de production se diversifient et le marché se segmente encore davantage pour répondre aux différentes attentes des consommateurs en termes de qualité et de prix.

Cela se traduit par une dichotomie dans les élevages entre les grandes structures spécialisées avec beaucoup d'automatisation et les plus petites exploitations plus diversifiées produisant avec une forte valeur ajoutée. La montée en gamme globale de l'élevage se traduit par une augmentation des exigences environnementales, sanitaires et de bien-être animal soutenue par une protection du marché européen. En outre, cette montée en gamme entraîne un développement de la transformation à la ferme. Au niveau des industries agro-alimentaires, ce scénario se traduit d'un côté par une poursuite de la concentration des grandes structures et, de l'autre, par le maintien de petites structures parfois pilotées par les collectivités territoriales.

Deux profils d'éleveurs ont tendance à se différencier : i) les éleveurs en recherche de défi en termes de productivité, de rentabilité et de technicité, et ii) les éleveurs qui souhaitent produire des produits à haute valeur ajoutée. Les grandes exploitations ont besoin de salariés, les aides du cercle familial disparaissant. Les petites exploitations, avec moins de moyens pour embaucher, font plutôt appel à des salariés « partagés » en groupement d'employeurs ou en CUMA.

Les métiers se « technologisent » et se diversifient. Certains métiers, comme ceux de la pesée, se marginalisent voire disparaissent, l'automatisation les remplaçant peu à peu. L'analyse des données et la production d'outils d'aide à la décision se développent. Le conseil est plus pointu techniquement, suivant la montée en compétences des éleveurs. Pour s'adapter à la montée en gamme, les métiers orientés vers les démarches qualité, la certification et l'audit se développent. La dichotomie s'accentue donc : les conseillers des grandes exploitations spécialisées, productives et en filières longues sont salariés des entreprises de l'aval et de l'amont, et les conseillers des exploitations diversifiées et en circuits courts sont salariés des collectivités. Les profils des opérateurs de la production laitière sont diversifiés, allant de l'artisan à l'industriel.

Des différences se creusent entre les filières basées sur des systèmes de production très productifs qui offrent de très bonnes perspectives d'emploi mais des rémunérations des salariés et des conditions de travail pouvant être moins bonnes, et les filières basées sur des systèmes de production alternatifs qui offrent de bonnes conditions de travail, des métiers qui font sens et dans lesquels les personnes s'épanouissent malgré des rémunérations variables. Cette offre d'emploi très diversifiée cible des profils très variés, chacun pouvant trouver satisfaction dans les différents modèles et emplois.

CONCLUSION

Cette étude a permis d'identifier les métiers de l'élevage en tension et leurs facteurs d'attractivité et freins, du point de vue des professionnels en activité et des jeunes susceptibles de les exercer dans le futur. Trois problématiques semblent déterminantes pour traiter l'enjeu de l'attractivité des métiers de l'élevage : (1) la question de leur valorisation, en particulier par le revenu des éleveurs et des salariés, est essentielle pour attirer de nouveaux actifs dans les filières d'élevage, (2) les conditions de travail souvent difficiles de ces métiers ont tendance à les éloigner des aspirations sociétales actuelles et futures, notamment en termes de qualité de vie, (3) ces métiers sont mal connus de la population, et en particulier des jeunes en formation. Pour être attractifs, les métiers de l'élevage doivent donc répondre aux attentes des jeunes, aujourd'hui et demain : proposer une bonne qualité de vie grâce à de bonnes conditions de travail, une rémunération convenable et un équilibre entre vie privée et vie professionnelle ; avoir du sens et être utile à la société ; et permettre une évolution tout au long de la carrière. La perception que les jeunes ont des métiers de l'élevage et des formations qui y conduisent doit également être prise en compte pour comprendre et guider leurs choix d'orientation. Communiquer de façon positive sur l'élevage et ses métiers, en expliquant les pratiques et en faisant connaître les parcours de formation pour y accéder, semble indispensable.

Les auteur.rice.s tiennent à remercier les personnes qui ont accepté de témoigner en entretien, le GIS Avenir Elevages pour son soutien financier ainsi que les membres du groupe de travail « Attractivité des métiers de l'élevage » pour leur contribution et leur implication dans ce projet.

Bellit S., Détang-Dessendre C., 2014. Éco. Ru., 342
Beyer E. et al., 2020. Mémoire AgroCampus Ouest
Boullu E., 2020. L'emploi en filières de ruminants : conditions de travail et difficultés de recrutement. Synthèse FNB, FNEC, FNO, FNPL, 4p
Delanoue E. et al., 2018. Renc. Rech. Ruminants, 24, 510-519.
Depoudent C. et al., 2012. Le salariat féminin en élevage porcin. CRAB, 12p
Forget C. et al., 2019. Analyse CEP, 145
Gelin M. et al., 2021a. GIS Avenir Elevages, 21p
Gelin M. et al., 2021b. Fiches métiers. GIS Avenir Elevages, 16p
Gelin M. et al., 2021c. Idele. (à paraitre)
Gomant F. et Legrand F., 2020. Sondage Ifop pour le CNIEL
Lang A. et al., 2015. Rapport du GIS Elevages Demain, 7p
Jez C. et al., 2012. La filière équine française à l'horizon 2030. Inra-Ifce, 98p
MAA, 2021. Dossier de presse, 26p
Madelrieux S. et al., 2010. Agriculture, 19, 5
Perrot C., 2020. Aca. d'Agric. de Fr., 18p
Servière G. et al., 2019. INRA Prod. Anim., 32, 13-24

Organisations collectives et délégation en élevage ovin pour un travail plus confortable et un métier plus attractif

CHAUVAT S. (1), PURSEIGLE F. (2), ANDRE J. (3), JOUSSEINS C. (4), BELLET V. (5)
(1) Institut de l'Elevage, Campus Institut Agro Montpellier-Inrae, 2 Place Pierre Viala, 34060 Montpellier cedex 1
(2) INP-Ensat, UMR INRA AGIR, Chaire GERMEA, Avenue de l'Agrobiopole, 31326 Auzeville-Tolosane
(3) LPP Castelnouvel, Avenue de Castelnouvel, 31490 Léguevin
(4) Institut de l'Elevage, 24 chemin de Borde Rouge, 31320 Auzeville-Tolosane
(5) Institut de l'Elevage, 2133 Route de Chauvigny, 86550 Mignaloux-Beauvoir

RESUME - Les mutations du travail en élevage ovin sont structurelles avec un accroissement de la productivité physique dans des exploitations qui s'agrandissent et/ou se diversifient alors que le recours à la main-d'œuvre familiale diminue (Servière *et al.,* 2019). Les conjoints travaillent majoritairement à l'extérieur et le salariat individuel, notamment en production de viande, peine à trouver sa place. Certains éleveurs, pour une meilleure articulation entre leur vie privée et leur vie professionnelle, s'équipent (bâtiments, matériels, numérisation) et simplifient leurs pratiques (diminution du rythme d'agnelage, de la fréquence de distribution de l'alimentation, etc.). D'autres cherchent à recomposer la main-d'œuvre au-delà du cercle familial, en recourant à des prestataires de service ou à des organisations collectives de partage de salariés, ces leviers étant essentiels à la vivabilité des exploitations et à l'attractivité du métier (Gasselin *et al.*, 2015). Si la délégation est déjà relativement présente pour certains chantiers de saison (moisson, tonte, etc.), son recours tend à s'étendre à de nouvelles tâches, y compris au travail d'astreinte (agnelages). Adossé à des monographies reposant sur des entretiens semi-directifs, le projet AmTrav'Ovin montre comment des dispositifs de mobilisation d'une main-d'œuvre d'appoint non familiale remodèlent le travail des éleveurs, leur prise de décision et les formes d'apprentissage du métier. Sont débattus à partir de 3 cas d'études la proximité géographique, la place des savoir-faire experts et les modes de coordination (Nguyen *et al.*, 2022).

Collective organisations and delegation in sheep farming for more comfortable work and a more attractive profession.

CHAUVAT S. (1), PURSEIGLE F. (2), ANDRE J. (3), JOUSSEINS C. (4), BELLET V. (5)
(1) Institut de l'Elevage, Campus Institut Agro Montpellier-Inrae, 2 Place Pierre Viala, 34060 Montpellier cedex 1

SUMMARY - Changes in sheep farming work are structural, with an increase in physical productivity on farms that are expanding and/or diversifying, while the use of family labour is decreasing (Servière et al., 2019). The majority of spouses work outside the farm and individual employees, particularly in meat production, are struggling to find their place. Some farmers, in order to improve the balance between their private and professional lives, are equipping themselves (buildings, equipment, digitisation) and simplifying their practices (reduction in the lambing rhythm, frequency of feed distribution, etc.). Others are seeking to recompose the workforce beyond the family circle, by using service providers or collective organisations to share employees, as these levers are essential to the sustainability of farms and the attractiveness of the profession (Gasselin et al., 2015). While delegation is already relatively present for certain seasonal tasks (harvesting, shearing, etc.), its use is tending to extend to new tasks, including on-call work (lambing). The AmTrav'Ovin project, which is based on monographs using semi-directive interviews, shows how the mobilisation of additional non-family labour reshapes the work of farmers, their decision-making and the ways in which they learn their trade. Three case studies are used to discuss geographical proximity, the place of expert know-how and coordination methods (Nguyen et al., 2022).

INTRODUCTION

Depuis plusieurs décennies, le cheptel ovin diminue, notamment la production ovine allaitante qui accuse une baisse de 15,6% depuis 2010 (Agreste, 2021). Par ailleurs, plus de 60% du cheptel ovin viande et 40% des brebis laitières sont détenus par des éleveurs de plus de 50 ans (Institut de l'Elevage, 2019). Le renouvellement des actifs est donc une priorité de la filière. Face à ce constat, le projet AmTrav'Ovin (https://idele.fr/amtravovin/) avait pour ambition de contribuer à améliorer les conditions d'exercice du travail en production ovine afin de rendre le métier plus attractif. Des travaux menés dans le cadre du Réseau Mixte Technologique (RMT) Travail en agriculture montrent qu'en plus d'activer plusieurs leviers comme la simplification des pratiques, la modernisation des bâtiments et des équipements, certains éleveurs optent pour la réorganisation de la main-d'œuvre (Dedieu et Servière, 2012). Le recours au salariat permanent, largement mobilisé en production porcine, est moins développé en ovin notamment en raison de résultats d'exploitation modestes qui compliquent les recrutements. Aussi, certains éleveurs choisissent-ils de déléguer une partie de leur travail auprès de tiers-employeurs (Cuma, services de remplacement, groupements d'employeurs, etc.) ou d'entreprises de travaux agricoles (Frécenon *et al.*, 2021). Si la délégation est déjà relativement présente pour certains chantiers de saison (moisson, tonte, etc.), son recours tend à s'étendre à de nouvelles tâches, y compris au travail d'astreinte (agnelages). Dans des configurations très diverses, ponctuellement pour des chantiers spécifiques (échographies), de façon pérenne afin de répondre à un déficit structurel de main-d'œuvre ou bien encore régulièrement par rapport à des compétences particulières, de nouvelles modalités d'intervention de la main-d'œuvre se déploient. Trois de ces situations ont été étudiées dans le projet AmTrav'Ovin (André, 2019) : un groupement d'employeurs (GE) d'éleveurs laitiers en Aveyron ; une société de prestation de service dans le Nord-Est de la France ; un groupement d'employeurs (GE) dans le Lot qui propose un suivi administratif. A partir de la compréhension de ces trois cas d'études, nous discuterons de l'importance de la proximité géographique et de la densité des élevages, des modes de coordination et de gouvernance, de l'autonomie.

1. METHODE

Le projet s'est appuyé sur des études de cas qui rendent compte des relations entre la situation étudiée et son environnement (Hamel, 1998).
Les modalités de coordination des acteurs ont été étudiées selon trois niveaux d'analyse : (i) le rôle des entités engagées dans le fonctionnement du dispositif (Thévenot, 1986), (ii) l'adéquation entre le sens investi dans l'action collective et le rapport au métier d'éleveur, (iii) les proximités géographique, organisationnelle ou sociale entre les parties prenantes (André, 2019).
Des entretiens semi-directifs ont été conduits pour renseigner l'émergence et le fonctionnement de l'action collective puis pour saisir l'engagement des acteurs dans le dispositif. Des éleveurs bénéficiaires, des salariés de la structure (GE, entreprise agricole, Cuma) et des responsables de dispositifs d'action collective ont été interviewés pour chaque cas.
3 types contrastés de dispositifs organisationnels ont été sélectionnés par les partenaires du projet. Ils devaient représenter la diversité des types d'élevages et des bassins de production (producteurs ovins lait en Aveyron, producteurs ovins allaitants dans le Lot, émergence d'ateliers ovins viande en céréaliculture du Grand-Est). L'amélioration des conditions et de l'organisation du travail de l'atelier ovin sont au centre des services offerts par ces dispositifs.

2. RESULTATS

2.1 L'ANCRAGE TERRITORIAL

Le **GE laitier de l'Aveyron** a été créé en 1994, avec l'appui d'un conseiller de la Chambre d'agriculture, par 7 éleveurs d'une même commune. Un des éléments contribuant à sa pérennité est la présence d'un adhérent, ayant succédé à son père dans cette fonction, qui en assure le pilotage administratif et l'animation, notamment en raison de sa maîtrise des logiciels de gestion.
Le **GE Administratif du Lot** concernait 19 éleveurs au moment de sa création en 2008, lors de la mise en place par l'Etat français de la Prime Herbagère Agro-Environnementale (PHAE2) et de son cortège d'obligations administratives. A mi-chemin entre un système autogéré et une prestation de service, ce GE, formellement gouverné par les éleveurs, est animé par la Chambre d'agriculture. Le salaire et l'adhésion aux logiciels sont à la charge des 55 éleveurs adhérents pour un coût modique.
La **société de prestation de service** située dans le quart Nord-Est de la France (Nguyen *et al.*, 2020), reposait, en 2003, sur la réalisation d'échographies et d'inséminations chez les petits ruminants. Cette gamme de service s'est largement étendue à de nouvelles prestations (tonte, parage des onglons, manipulation des animaux, aide à l'agnelage). La société a ainsi bénéficié de l'apparition de troupeaux ovins dans les exploitations céréalières de cette zone dans un contexte de faible développement des structures de conseil dédiées et de diminution des collectifs de travail.

2.2 DE L'UTILITE DE LA REORGANISATION DES COLLECTIFS DE TRAVAIL

Pour le **GE laitier en Aveyron**, les proximités géographique et sociale ont constitué un point de départ nécessaire à l'autogestion du dispositif et à la circulation du salarié entre exploitations. Il a été institué afin de réguler les pics de travaux de saison sur le troupeau (l'insémination par exemple) et les cultures (ensilage ou fenaison), mais désormais les salariés sont également requis pour les travaux d'astreinte liés à l'agnelage. Ils pallient ainsi un déficit structurel de main-d'œuvre dans les exploitations en raison notamment de leur agrandissement et du désengagement progressif de la main-d'œuvre familiale. Les éleveurs s'organisent pour disposer des salariés au moment des pics de travail et décalent leurs périodes d'insémination pour que les agnelages ne se chevauchent pas entre élevages. "*J'ai de la chance parce que j'ai les mises-bas décalées des autres, donc je prends un salarié deux semaines en janvier*" soulignait un des éleveurs rencontrés. Le travail n'est, dans ce cas, pas externalisé mais partagé avec les salariés.
Le **GE administratif du Lot** offre aux éleveurs les services d'une opératrice de saisie pour élaborer leur plan prévisionnel de fumure, tenir leur cahier d'épandage et mettre à jour leur carnet sanitaire. La Chambre d'agriculture met à disposition des infrastructures bureautiques et un peu de temps d'une conseillère pour les aspects techniques. Ce cas d'étude porte donc sur la délégation d'une tâche à forte technicité que les éleveurs considèrent comme éloignée de leur cœur de métier. *"Pour le prévisionnel de fumure, ils ne sont pas autonomes, c'est très technique ; d'un point de vue logiciel, d'un point de vue réglementaire et pour comprendre le principe agronomique."* précise l'opératrice de saisie. En assurant le respect des attentes face à la conditionnalité des aides PAC, cette activité diminue en outre le stress lié aux contrôles.
La **société de prestation de service** du Nord-Est de la France officie dans un rayon de 200 km autour de son siège social et propose des services spécialisés "clé en main" comme les échographies, la tonte, le parage des onglons ou l'insémination, dans une zone déficitaire en structures d'accompagnement technique ovin. Hormis le parage, traditionnellement réalisé par les éleveurs eux-mêmes, la tonte est souvent déléguée ; l'insémination et les échographies, qui requièrent des compétences techniques spécialisées, sont généralement externalisées et effectuées par les techniciens des organisations professionnelles agricoles. Les salariés de la société interviennent aussi au moment des agnelages et des manipulations du troupeau. Il est rare qu'une entreprise de service supplée un éleveur dans des tâches de travail d'astreinte. C'est l'occasion pour l'éleveur d'accéder à des savoirs et des pratiques innovants. En cela, ces prestations ont pour effet induit la montée en compétences des exploitants peu expérimentés. Pour cette entreprise de service, les prestations pour le travail d'astreinte demeurent ponctuelles. *"J'ai des éleveurs qui ne prennent plus une main-d'œuvre quotidienne mais ils prennent une main-d'œuvre spécialisée en fonction des pics de travail*" souligne le dirigeant de cette entreprise. Les deux salariés sont en permanence en déplacement et dotés des équipements indispensables à l'exercice de leur métier.

2.3 LES ENJEUX DE PROXIMITE GEOGRAPHIQUE ET DE DENSITE D'ELEVAGES

La proximité géographique joue un rôle prépondérant dans le fonctionnement des dispositifs.
Dans le cas du **GE laitier aveyronnais**, la densité d'élevage est suffisante pour l'embauche de salariés en soutien à l'agnelage. Ils acquièrent des compétences en rapport avec cette activité et parfois même s'identifient à des chefs d'exploitation : "*Pour moi le travail bien fait, c'est un travail qui ne dépend pas du temps. Même si on doit mettre un peu plus longtemps, il faut le faire pour tout faire bien nickel. Moi je fais les choses comme si je travaillais pour moi.*" Les éleveurs sont en interaction entre eux et grâce aux salariés qui travaillent dans les différentes exploitations. Le dispositif est "auto-suffisant" et très auto-centré. La proximité géographique constitue ici un atout dans le recrutement des salariés : "*Je connaissais sa cousine. Je lui avais demandé si elle viendrait m'aider pour l'agnelage. Elle m'a dit qu'il valait mieux embaucher son cousin qui cherchait du travail.*"
La densité apparaît moins cruciale pour le **GE administratif** car l'opératrice de saisie ne se déplace qu'une fois par an sur les exploitations, les échanges d'information sont dématérialisés et les éleveurs ovins ne sont pas les seuls adhérents. La salariée est ici considérée comme une référente concernant la réglementation agricole.
Le périmètre de la **société de prestation de services** du Nord-Est de la France est défini par l'étendue du portefeuille "clients" qui peut amener les techniciens à opérer au-delà des

frontières françaises. Les grandes distances qui séparent les éleveurs rendent impossibles les interactions en face à face et la mise en place de systèmes autoorganisés entre éleveurs. Cette absence de proximité est vécue comme une contrainte : "*Pour trouver un salarié en élevage c'est compliqué parce qu'on n'est pas dans une région d'élevage.*" Au-delà de la prestation en elle-même, le recours à cette entreprise de services permet aux éleveurs d'accéder à un réseau d'échanges de ressources, notamment à des informations concernant les pratiques d'élevage que les techniciens de la société de prestation déploient grâce à leur savoir-faire et leur connaissance des autres exploitations dans lesquelles ils interviennent *"Ils nous apportent un peu d'ouverture d'esprit par le fait du nombre d'exploitations dans lesquelles ils vont."* Ainsi, les techniciens font tout à la fois office de maître d'œuvre et d'assistance à maîtrise d'ouvrage.

2.4 LES FORMES DE COORDINATION DE L'ACTION COLLECTIVE

La coordination entre éleveurs, salariés et prestataires repose sur des arrangements informels et tacites. A ce jour, des protocoles qui objectivent l'organisation du travail n'ont pas cours dans ces élevages. Dans les trois dispositifs étudiés, l'échange oral est la modalité privilégiée par les différents acteurs. Les compétences en gestion des ressources humaines des éleveurs ne s'accroissent pas.

Dans le **GE aveyronnais**, le travail effectué est complexe et ne s'apparente pas à une succession de tâches susceptibles d'être procéduralisées. Les salariés travaillent la plupart du temps avec les éleveurs à la réalisation conjointe d'une tâche. *"Je ne les prends pas comme des salariés. On travaille ensemble. L'ouvrier fait le patron, le patron fait l'ouvrier.*" Les salariés du GE font face à une grande variabilité de situations de travail et de sites de production. L'adaptabilité aux routines de l'éleveur est primordiale. "*Le travail avec les tracteurs dans les champs c'est pour tout le monde pareil, donc il n'y a pas besoin de s'adapter à moi. Avec les animaux c'est plus compliqué.*"

Le travail administratif, à l'inverse, est très standardisé et contraint par la réglementation. L'opératrice de saisie du **GE lotois** propose un mode de fonctionnement interactif et lors de sa visite annuelle sur site, recueille les données nécessaires afin de compléter les formulaires. Il est crucial de créer un climat de confiance avec l'éleveur tout en adaptant le service proposé aux besoins individuels. *"Il faut s'adapter à l'exploitant. C'est compliqué de proposer du clé en main qui concerne toutes les exploitations. Surtout dans des zones particulières, dans des zones vulnérables, les grosses exploitations avec des choses compliquées, des obligations et réglementations spécifiques".* L'animation du GE est assurée par une technicienne de la Chambre d'agriculture. Le fonctionnement est proche de celui d'une entreprise de service.

La coordination entre les salariés de la **société de service** du Nord-Est de la France est minimale. Chacun gère son portefeuille "clients" et établit le planning de ses interventions par zone géographique. Comprendre les particularités des exploitations, des territoires et des systèmes est une de leur préoccupation majeure. "*Ils n'ont pas la même race, ils n'ont pas la même ration pour brebis. Il y en a qui veulent des lots de 10 bêtes, d'autres de 15.*" Les éleveurs adaptent leurs pratiques pour faciliter le travail des intervenants et diminuer les coûts d'intervention. "*Il faut trier les bêtes, celles qui doivent passer et celles qui ne doivent pas passer à l'échographie. Après, il faut préparer la contention."*

3. DISCUSSION

3.1 FORMALISATION DE LA GOUVERNANCE

Dans les systèmes auto-gérés par les agriculteurs, se pose la question de la formalisation des règles de fonctionnement. Dans le GE aveyronnais, la prise de décision est distribuée entre les éleveurs ce qui suppose que des règles aient été instituées permettant la gouvernance du dispositif, car autant un GE est une entité juridique clairement établie, autant l'opérationnalité des prises de décision repose sur la capacité de ses membres à agir en interdépendance, à faire émerger des objectifs communs prioritaires tout en régulant les comportements opportunistes. Même si ces règles ne sont pas consignées par écrit, les éleveurs ont souvent la capacité de les faire respecter. Par exemple, si un salarié est régulièrement engagé dans des tâches dégradantes, il peut exercer un droit de retrait. *"Il y a un éleveur chez qui Yves ne veut pas aller parce qu'il ne s'y plaît pas. Le type lui a dit 'chez moi tu ne conduiras pas, tu ne feras que de la main-d'œuvre'. D'entrée ça refroidit."*

Des règles informelles bien intériorisées peuvent donc être efficaces et répondre à la variabilité des situations et à l'hétérogénéité des exploitations.

La question de la gouvernance dans le cas d'une relation éleveurs/prestataires interroge la capacité des éleveurs à gérer les situations d'interdépendance qui les lient à l'ensemble des entreprises auxquelles ils font appel.

3.2 EXTERNALISATION ET PERTE D'AUTONOMIE

Dans certains cas, les éleveurs externalisent la main-d'œuvre, le matériel comme le savoir-faire. C'est par exemple le cas pour les échographies qui nécessitent un équipement et une technicité spécifique. La dépendance est ici totale, l'exploitant ne peut pas internaliser ces tâches.

Dans d'autres situations, la délégation concerne des activités que l'éleveur ne souhaite plus réaliser parce qu'elles sont jugées pénibles ou chronophages, comme la tonte ou le parage. La délégation d'activité ne s'explique pas seulement par une incapacité à faire. Elle peut renvoyer à des logiques stratégiques de recentrage sur d'autres activités. Avec le temps, si certains savoir-faire afférents au métier s'érodent, d'autres semblent en passe d'être acquis : il ne s'agit plus simplement de savoir "faire ensemble" mais également de savoir "faire-faire".

Si les éleveurs conservent le plus souvent la maîtrise technique de l'agnelage dans une logique de "faire avec" et si les compétences "cœur de métier" sont rarement totalement externalisées, elles peuvent l'être partiellement dans des régions où l'élevage est réintroduit. La maîtrise de la conduite du troupeau passe ici par la capacité à "faire-faire" par un salarié ou un prestataire comme dans le cas de la société de services du Nord-Est.

Décider ne signifie pas toujours "savoir faire", comme dans le cas de la gestion administrative. "*Ils sont dépendants bien sûr. La plupart, si je n'étais pas là, ils ne feraient rien. Il existe une réelle perte d'autonomie 'technique' mais pas décisionnelle. Ce sont toujours eux qui décident."*

CONCLUSION

La réallocation des tâches entre main-d'œuvre familiale et non familiale éclaire sur ce qui fait sens dans le métier d'éleveur ovin et que l'on conserve pour soi, ce qui est coûteux en termes de charges physique et mentale et que l'on accepte de confier à d'autres, ainsi que la capacité du chef d'entreprise à s'inscrire dans une configuration multi-acteurs.

En procurant de la main-d'œuvre à temps partiel, du matériel partagé, des services clés en main, ces dispositifs collectifs diminuent la charge de travail des éleveurs, rendent possible la prise de jours de repos, améliorent leur savoir-faire notamment lorsqu'ils sont non issus du monde agricole et de tisser un réseau social. La question qui se pose au développement aujourd'hui réside dans les conditions d'accès à ces dispositifs pour une production géographiquement atomisée et souvent diversifiée (Charbonnier, 2022).

Le projet AmTrav'Ovin montre comment des dispositifs de mobilisation d'une main-d'œuvre d'appoint non familiale,

remodèlent leur prise de décision, les formes d'apprentissage du métier et le travail d'éleveur-employeur.

Nous remercions les éleveurs et acteurs qui se sont prêtés à nos enquêtes et interviews ainsi que les partenaires du projet AmTrav'Ovin pour leur collaboration.

Agreste, 2021. Synthèses conjoncturelles. N°387.
André J., 2019. Mémoire de master. 106 p.
Charbonnier M., 2022. Mémoire de fin d'étude – Institut Agro Dijon – Projet "Systèmes d'élevages émergents en filières ovines viande et lait. Les connaître pour mieux les accompagner demain".
Dedieu B., Servière G., 2012. Inra Prod. Anim, 25 (2), 85-100.
Frécenon B., Marx J.-M., Petit N., 2021. Nouvelles formes de travail en agriculture. Rapport 20090. 69 p.
Gasselin P., Choisis J.-P., Petit S., Purseigle F., 2015. In "l'agriculture en famille : travailler, réinventer, transmettre." 11-21.
Hamel J., 2018. Cahiers Internationaux de Sociologie. Vol 4. 121-138.
Institut de l'Elevage, 2019. Les chiffres clés du GEB. Réf 0019 501 025. 12 p.
Nguyen G., Purseigle P., Brailly J., Legagneux B., 2020. CEP. Notes d'études socio-économiques. N°47.
Nguyen G., Purseigle F., Brailly J., Marre M., 2022. Economie et statistique, INSEE, n°532-33, 91-113.
Servière G., Chauvat S., Hostiou N., Cournut S., 2019. Inra Prod. Anim., 2019, 32 (1), 13-24.
Thévenot L., 1986. In Thévenot L. (ed.) Conventions économiques, Paris, Presses Universitaires de France. 21-71.

L'attractivité de l'élevage ovin s'amenuise, cela questionne sur le devenir du métier de berger dans les steppes algériennes

KANOUN M. (1), HUGUENIN J. (2), KANOUN-MEGUELLATI A. (1), BELLAHRACHE A. (1)
(1) INRAA**,** 2 rue les frères OUADEK-BP N 200 Hassen Badi -16200-El-Harrach Alger., El Harrach, Alger 16200
(2) Unité de Recherche sur les Systèmes d'Elevage Méditerranéens et Tropicaux Campus international de Baillarguet - TA C-112 / A - Bât. A, Bur. 117 - 34398 Montpellier Cedex 5

RESUME
L'objet de cette recherche interdisciplinaire est de reconsidérer les fonctions de l'élevage ovin pour contribuer pleinement au soutien à l'employabilité. Cette étude s'intéresse aux impacts des changements récents sur les emplois des bergers en abordant les questions suivantes : Comment ce contexte pèse-il sur le métier de bergers ? Quelles sont les stratégies des bergers pour s'adapter ? Les informations sont issues d'enquêtes menées en 2017 et 2020. Les résultats illustrent les différents statuts des employeurs. La proportion des pseudo-éleveurs s'élève à 44 %. Les modèles naisseurs et les engraisseurs représentent respectivement 12% et 48 % en 2020 contre 41 % et 17 % en 2017. L'analyse typologique a révélé que 86 % des exploitations employaient des bergers en 2017 contre 60 % en 2020, soit 26 % de perte d'emplois. Les stratégies de décapitalisation volontaire et de renonciation au travail des bergers expliquent la tendance à la baisse des emplois de bergers. Toutefois, les modèles basés sur la diversification des productions sont à encourager car Ils peuvent être sources d'emplois de bergers. Néanmoins, le besoin d'une concertation de tous les acteurs de la filière pour le développement et le maintien de ce métier s'impose pour assurer le développement durable des activités d'élevage.

The attractiveness of sheep farming is diminishing, which raises questions about the future of the shepherd's profession in the Algerian steppes

KANOUN M. (1), HUGUENIN J. (2), KANOUN-MEGUELLATI A. (1), BELLAHRACHE A. (1)
(1) INRAA**,** 2 rue les frères OUADEK-BP N 200 Hassen Badi -16200-El-Harrach Alger., El Harrach, Alger 16200

SUMMARY
The objective of this interdisciplinary research was to reconsider the functions of sheep farming in order to contribute fully to the support of employability This study interested in impacts of recent changes on shepherds' employments by addressing the following questions: How do these changes affect the shepherding profession? What are the strategies of shepherds to adapt? The information was obtained from surveys conducted in 2017 and 2020. The results illustrate the different status of employers. The proportion of pseudo-breeders amounts to 44%. Breeders and feeders models represent 12% and 48% respectively in 2020 compared to 41% and 17% in 2017. The typology analysis revealed that 86% of farms employed shepherds in 2017 as compared to 60% in 2020, representing a 26% loss of employment. Strategies of voluntary decapitalization and renunciation of service to herders are the main causes. However, models based on diversification of production are to be encouraged as they can be a source of employment for shepherds. However, there is a need for all stakeholders to work together to develop and maintain this profession in order to ensure the sustainable development of livestock activities.

INTRODUCTION

L'élevage ovin steppique est l'un des secteurs économiques le plus vital pour les communautés pastorales. Il constitue l'une des principales sources de revenus et d'emplois dont dépendent les bergers et les populations pour leur existence et leur bien-être (Bencherif, 2011 et Belhouadjeb, 2017). La forte valeur ajoutée, la notoriété des produits d'élevage ovin et la gratuité des pâturages ont rendu les territoires steppiques très attractifs (Hadeid et al. 2015 et Bessaoud et *al.,* 2019). Toutefois, cette attractivité étant très peu contrôlée (surexploitation des ressources naturelles et absence de gestion durable), les espaces pastoraux, conjuguée à une conjonction de perturbations climatiques, foncières et sociétales (mise en cultures des steppes, aléas météorologiques, désertification, gouvernance foncière confuse, forte croissance démographique, faible encadrement des acteurs locaux, etc.) ont connu une dégradation des biens communs (Le Houérau, 2001, Nedjimi et al. 2006; Kanoun et al. 2015; Salemkour et al. 2016). Cette évolution négative a contribué à l'émergence d'un environnement moins attractif aux investissements générateurs de revenus et créateurs d'emplois. La question de l'impact de l'attractivité sur les métiers d'élevage se pose donc. Cette étude propose une analyse de ces changements récents en abordant les questions suivantes : Comment ces réalités pèsent-elles sur le métier de bergers ? Quelles sont les stratégies développées par les bergers pour s'adapter ? Nous abordons conjointement les transformations des systèmes d'élevage, les stratégies des employeurs et les dynamiques évolutives des contrats de gardiennages des troupeaux ovins. Nos informations sont issues d'entretiens avec des personnes ressources, de la documentation scientifique et des données d'enquêtes menées en 2017 et 2020 auprès de certains acteurs de la filière ovine (éleveurs, bergers et employeurs). Cette communication vise à rassembler les connaissances disponibles sur l'évolution du métier de berger et à en dégager des réflexions pour le développement et le renforcement de la capacité d'adaptation des bergers au contexte de production changeant. Pour cela, nous présenterons dans un premier temps des éléments caractéristiques de cette population de bergers et des systèmes d'élevage. En second lieu, nous nous intéressons à l'évolution de l'attractivité des territoires steppiques et l'impact des statuts des employeurs sur l'avenir du métier de berger. Nous discuterons également de perspectives pour favoriser une réflexion sur les enjeux des éleveurs et des bergers face aux mutations des territoires steppiques et pourquoi le métier de berger est moins attractif. Toutefois, il

est important de souligner que cette problématique est très peu documentée: rareté d'informations voir inexistante sur le métier de bergers de moutons de la steppe en Algérie.

1. MATERIEL ET METHODE

1.1 LA ZONE D'ETUDE

Un espace marqué par un contexte changeant et incertain
La région d'El-Guedid-Djelfa offre un terrain d'étude intéressant et apparait comme approprié pour observer et comprendre les processus de la baisse de l'attractivité des territoires sur les emplois. En effet, le site est classé parmi les régions de la Wilaya de Djelfa où les activités l'élevage ovin jouent un rôle crucial pour la sécurité alimentaire et représente une source de revenus et de services dont dépendent les populations pour leur subsistance et leur bien-être (Figure 1). Toutefois, le contexte local est marqué par des conditions climatiques particulièrement défavorables, la désertification et la dégradation des terres menacent les activités d'élevage (Aidoud et al. 2011 et Hourizi et al.2017). La production locale des ressources fourragères (pastorales, naturelles et cultivées) n'est plus en mesure de couvrir les besoins alimentaires du cheptel ruminant. Selon les conditions climatiques, ces ressources alimentaires n'assurent qu'entre 13 et 57 % des besoins des animaux entrainant du même coup une hausse des dépenses monétaires liées à l'alimentation du cheptel ovin avec des conséquences négatives sur les investissements des éleveurs et des acteurs de la filière (Kanoun, 2016). En effet, les investissements (engraissement des antenais pour l'Aid et production d'agneaux et d'agnelles de renouvellement, etc.) procuraient des bénéfices importants durant les dernières décennies.

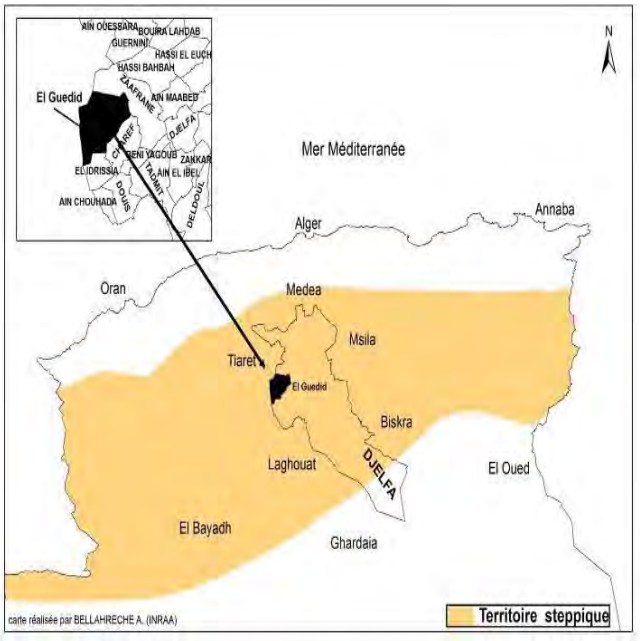


Figure 1 : Localisation du site d'étude

1.2 DEMARCHE ET COLLECTE DE DONNEES

Pour répondre à nos questions et saisir au mieux les trajectoires des éleveurs et des employeurs de bergers, l'étude a privilégié une approche qualitative et quantitative en adoptant une démarche systémique-participative. Cette méthode est basée sur des échanges et entretiens qui s'inspirent des champs disciplinaires de la socio-anthropologie et de l'ethnologie (Darré et al. 2004 ; Cialdella et al. 2010). Notre échantillonnage raisonné à l'aide de personnes ressources est composé de 100 exploitations situées sur les zones éparses. Le protocole de collecte de données est destiné essentiellement à construire une typologie pour caractériser les impacts et les conséquences des stratégies d'adaptation des employeurs sur le métier de berger.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

2.1 SYSTEMES D'ELEVAGE ET INSTABILITE DES EMPLOIS DE BERGERS

Trois systèmes d'élevage sont pratiqués au niveau de notre site d'étude. Les transhumants et semi-transhumants représentent respectivement 28 % et 31 % de notre échantillon. Ce qui différencie les termes transhumant, semi-transhumant et sédentaire est la mobilisation des troupeaux, l'amplitude des déplacements et les sites d'accueils des éleveurs. Selon Kanoun et al(2018) la mobilité représente un pilier de l'élevage pastoral et sa pratique constitue une stratégie d'adaptation aux changements climatiques et aux nouvelles règles d'accès aux ressources fourragères. Le reste des enquêtés, soit 41 % des propriétaires de troupeaux est composé de sédentaires. Les mutations sociétales (scolarisation des enfants et conflits de génération) et territoriale (développement de l'agriculture et forte urbanisation) sont les principaux facteurs qui ont conduit certains propriétaires d'animaux de recourir aux services des bergers pour assurer plusieurs fonctions: surveillance des animaux aux pâturages, distribution des aliments de bétail et eau d'abreuvement, surveillance de nuit contre les vols de moutons, etc. (Kanoun et al.2021). C'est pourquoi les bergers à forte dotation en capitaux humain et social sont très sollicités par les propriétaires de troupeaux (Kanoun et al. 2013). Le capital humain correspond au nombre d'actif, c'est-à-dire au nombre d'enfants de bergers aptes à travailler. Quant au capital social, il s'agit surtout la maitrise des savoir-faire en matière de conduite de troupeaux. Nos résultats ont montré que tous les systèmes recrutent des bergers notamment de cette catégorie. Les propriétaires sédentaires et semi-transhumants sont les principaux employeurs respectivement 41% et 31%. L'analyse du Tableau 1 révèle l'existence de trois types de bergers: saisonniers, annuel et pluriannuel. Il est important de souligner que le saisonnier correspond à un actif engagé seulement durant une saison de l'année. Dans le cas de la steppe, il s'agit surtout des saisons de printemps et été. Ces périodes sont marquées par des déplacements de troupeaux. Toutefois, l'analyse des données d'enquêtes souligne l'instabilité des emplois. En effet, les bergers saisonniers et annuels sont les plus recrutés respectivement 42 % et 36 %. Alors que les bergers pluriannuels ne représentent que 22%. La pénibilité des travaux, l'absence d'une législation sociale et les faibles salaires attribués aux bergers sont les principaux facteurs d'instabilité des emplois en milieu rural (Couderc, 1979, Bessaoud et al.2019 et Depoudent et al. 2021). Selon Kanoun et al (2021) ces conditions actuelles ont rendu le métier de berger une profession moins attractive pour les jeunes.

Types de bergers	Annuel	Pluriannuel	Saisonnier	Total
S/Transhumant	5	8	19	31
Sédentaire	20	6	15	41
Transhumant	12	8	8	28
Total (%)	36	22	42	100

Tableau 1. Types de bergers selon les systèmes d'élevage
Source. Enquêtes 2017-2020

2.2 ORIGINES DES EMPLOYEURS DE BERGERS

Les résultats de l'étude ont permis de distinguer différentes catégories d'employeurs de bergers. Les éleveurs purs sont

les premiers à recruter les bergers, ils représentent 49 % de notre échantillon (Figure 2). Le reste correspond à des commerçants (11%), entrepreneurs (16%), fonctionnaires (15%) et enfin les retraités (9%).

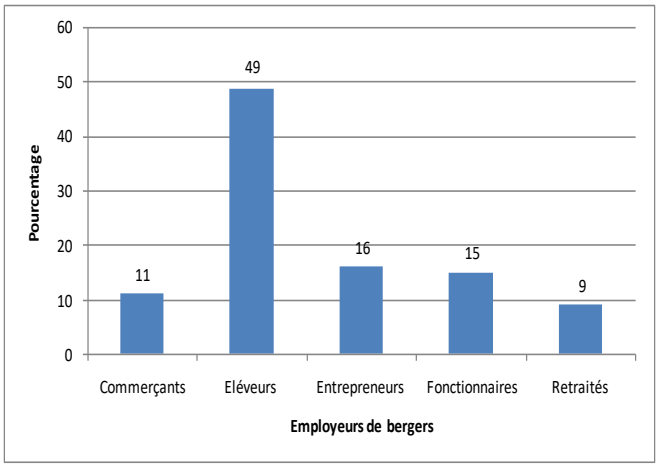


Figure 2. Les catégories d'employeurs de bergers

Ces indicateurs démontrent que ces territoires étaient plus attractifs à cause de la forte valeur ajoutée des produits d'élevage notamment les antenais de L'Aid (Belhouadjeb et al. 2018). En plus, il existe plusieurs articulations de profits entre les acteurs (propriétaire de troupeaux et bergers). En premier lieu, la prise en charge par l'employeur des animaux des bergers, et en second lieu, le pâturage des troupeaux des propriétaires sur les terres appartenant aux bergers, etc. Toutefois, la gouvernance confuse et l'absence de contrôle de l'attractivité des espaces steppiques ont entrainé la dégradation des ressources pastorales, qui s'est traduite par une hausse des dépenses de production, ce qui explique l'émergence d'un climat défavorable aux investissements dans le domaine de l'élevage ovin (Kanoun et al. 2007 et Belhouadjeb, 2013). Il s'agit des investissements qui concernent surtout les achats de : cheptel, matériel d'abreuvement de troupeaux, matériel de motorisation, aliment de bétail, et également le payement des salaires de bergers et la location des terres de pâturages, etc.

2.3 EMPLOIS DE BERGERS EN DIMINUTION

L'analyse des résultats a montré que 86 % des exploitations emploient des bergers en 2017. Elles sont seulement 60 % en 2020. Les effets des changements climatiques et les processus de désertification agroécologiques et socio-économiques dans les territoires steppiques ont affecté la viabilité et l'équilibre économique des exploitations d'élevage (et Kanoun et al. 2013). Cette dynamique des espaces pastoraux a conduit à la raréfaction des offres d'emplois de bergers. En effet, l'analyse des entretiens et enquêtes sur la trajectoire des exploitations a mis en évidence que la diminution de la valeur ajoutée et l'augmentation des déficits financiers enregistrés durant ces dernières années par certains employeurs sont à l'origine de cette situation (Kanoun, 1997 et Benidir, 2015). Celle-ci a entrainé la perte d'emplois de l'ordre de 26 % en 2020 dont 48 % concernent des propriétaires composés de fonctionnaires, retraités et entrepreneurs qui ont opté pour une décapitalisation volontaire de leurs effectifs d'animaux pour préserver leur capital d'investissement et plus de 50 % sont constitués d'éleveurs purs. Ces derniers ont choisi explicitement de renoncer aux services des bergers (Figure 3). Selon Madelrieux et al(2021), l'attractivité et l'amélioration des offres d'emploi vont souvent de pair avec l'investissement. Toutefois, les systèmes agropastoraux étant situés dans des territoires incertains et contraignants, demandent de lourds investissements que seuls quelques investisseurs sont susceptibles de supporter (Bessaoud et al. 2019).

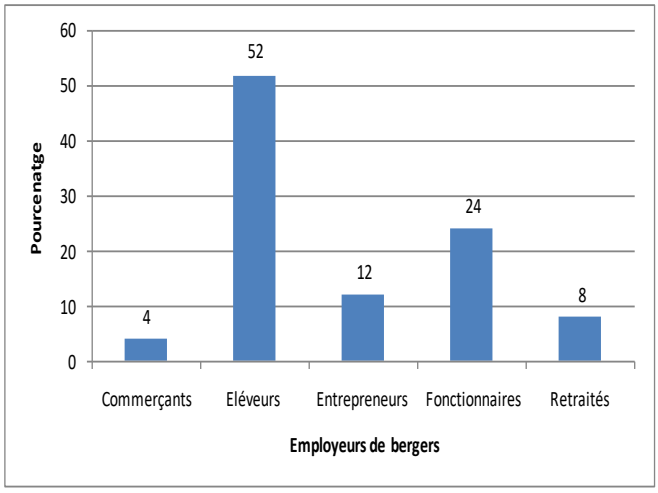


Figure 3 Relation entre perte d'emplois de bergers et employeurs

2.4 CHANGER DE MODELE DE PRODUCTION POUR S'ADAPTER. Une source d'emploi pour les bergers

L'analyse des trajectoires et de la typologie liée aux modèles de production a montré que le modèle engraisseur a connu une augmentation en comparaison de l'année 2017. En effet, les employeurs engraisseurs représentent 17 % des enquêtés, contre 48 % en 2020. Par contre, le modèle naisseurs a enregistré une diminution, ils sont passés de 41 % à 12 % entre 2017 et 2020 et ce au profit des engraisseurs (Figure 4). Quant aux naisseurs-engraisseurs, ils sont relativement plus stables. Cela démontre que les stratégies basées sur les changements des trajectoires et la diversification des productions sont plus rentables et semblent rendre ces modèles plus résilients et adaptés aux contextes d'incertitudes climatiques et financières (Kanoun, 2016 et Djermoun et al.2017). Car, en plus de la production des agneaux et agnelles de renouvellement, les éleveurs de la steppe s'orientent vers des systèmes mixtes (naisseur et engraisseurs). Cela leur permet de diversifier les sources de revenus. Ces changements de modèles de production appariaient comme étant des facteurs pouvant contribuer à l'amélioration des offres d'emploi pour les bergers. Selon les données d'enquêtes, il existe une relation avérée entre ces productions et emploi de bergers.

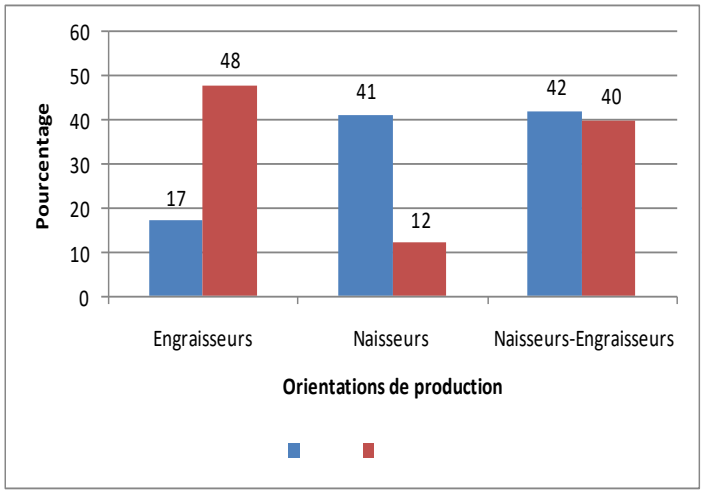


Figure 4 Comparaison des modèles de production entre 2017 et 2020

En effet, les modèles engraisseurs et naisseurs-engraisseurs sont les principaux employeurs des bergers (Tableau 2). Ils totalisent plus de 85 % des emplois en 2020. Contrairement aux résultats de recherche de Couderc (1979) sur les contrats des bergers, nos travaux montrent une prédominance des contrats en salaires, ils représentent, en valeur, près de 69 % de l'ensemble des contrats (Figure 5). Sans doute, ces modèles doivent accorder des avantages rendant le métier de berger plus attractif. Le développement de ces modèles de production dans les régions steppiques serait à encourager. Ils sont une source d'emplois, et de stabilité sociale et économique (Boukhobza, 1989 et Meguellati-Kanoun et al.2021).

Tableau 2 Relations entre modèles de production et emploi de bergers (%)

Types de bergers	Annuel	Pluriannuel	Saisonnier	Total
Engraisseurs	16	9	24	50
Naisseurs	4	6	5	15
Naisseurs-Engraisseurs	12	11	12	35

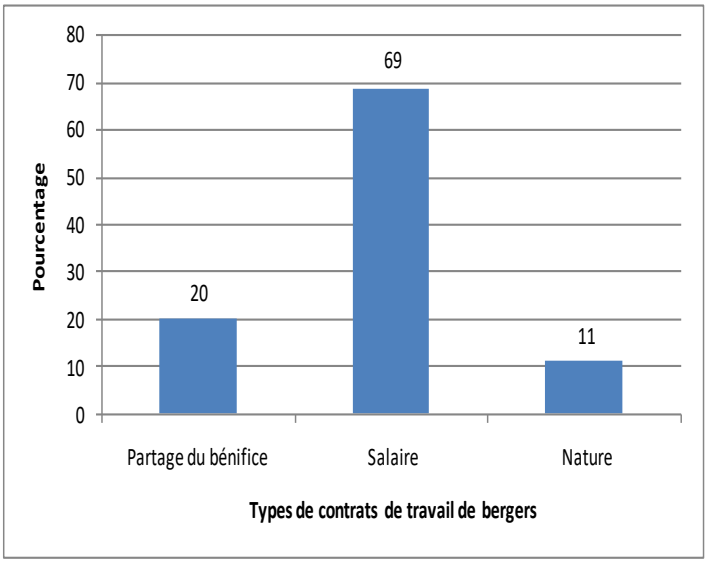


Figure 5 Dominance des contrats de travail en salaire (%)

Source. Enquêtes 2017-2020

CONCLUSION

La sécurité des emplois est le garant de la sécurité alimentaire et ce, particulièrement dans les régions pastorales et agropastorales. Les résultats de l'étude ont montré que les évolutions négatives des territoires steppiques ont entrainé une tendance à la baisse de l'attractivité des activités d'élevage ovin. La gouvernance confuse et l'absence de mesures de contrôle de l'attractivité ont induit une forte dégradation des ressources fourragères naturelles. Les impacts ont eu des conséquences sur l'augmentation des coûts de production des exploitations d'élevage obligeant les pseudo-éleveurs (fonctionnaires, retraités, entrepreneurs, commerçants) et certains éleveurs à sauvegarder leurs capitaux d'investissement et productif par des actions de décapitalisations volontaires et de renonciations au travail de bergers entrainant ainsi une perte d'emploi de l'ordre de 26 % en 2020. Toutefois, les résultats ont démontré que les modèles de production (naisseurs-engraisseurs et engraisseurs) sont résilients et constituent les principaux employeurs des bergers. Il semble bien que ces modèles basés sur la diversification des produits d'élevage pourraient offrir des opportunités d'emploi. A cette fin, pour répondre aux enjeux d'employabilité dans les territoires d'élevage, le développement favorisant ces modèles de production doit être encouragé et ce, pour permettre une stabilité sociale et économique des populations des régions steppiques.

Aidoud, A., Slimani, H., Rozé, F., 2011. Eco. Med, 37, 2, 685-691.
Belhouadjeb, F.A., Chahat, F., 2013**.** Les cahiers du CREAD, 104, 91-110.
Belhouadjeb,. 2017. Th.Doc.ENSA.Alger, 200p
Bencherif, S., 2011. Th. Doc**.** *AgroParisTech***,** 294p.
Benidir, M., 2015. Th. Doc.ENSA. Algérie, 207p.
Bensouiah, R., 2003. Thèse de doctorat, Université Paris X- Nanterre, 220p.
Bessaoud, O., Pellissier, J.P., Rolland, J.P., Khechimiet ., 2019. Rap. Syn.Agr, 82,p.
Boukhobza, M., 1989. Pol. Afr., 34, 7-18.
Ciadella N., Hostiou N., Girard N., 2010. *In Nature Sciences Sociétés,* 18, 24-35.
Couderc, R., 1979. Thèse d'État, Montpellier III, 655 p.
Darré J.P., Mathieu A., Lasseur J., 2004. (Ed).INRA, 320.
Depoudent, C., Hostiou, N., Le Clerc., 2021. *INRAE Prod. Anim.,* 34 *(2), 97-110*.
Djermoun, A., Chehat, F., Bencharif, A., 2017. New. Medit, 3, 19-27.
Hadeid M., Bendjelid A., Fontaine J., Ormaux S., 2015. *Cahiers de géographie du Québec,* 59 (168): 469-496.
Hourizi, R., Hirche, A., Djellouli, Y., Nadjraoui, D., 2017. *Rev.Eco (Terre et Vie.* Vol.72,1, 33-47
Le Houérau, H.N., 2001. *J. Arid Environ.*, 48: 103-128.
Madelrieux, S., Rapey, H.,Corniaux, C-H., Nozières, M-O., Choisis, J-Ph., Gedouin, M., Dubeuf, J-P., Cournut, S., 2021. In *L'agriculture en famille: travailler, réinventer, transmettre*, 259-284.
Meguellati-Kanoun, A., Kanoun, M., Huguenin, J., Baiera, M., Bellahrach, A,. Abdellaoui, B., 2021. Opt. Med.Série A, 125,673-678.
Kanoun, M., 1997. Th. Magister. ENSA. pp., 135.
Kanoun, M., Kanoun, A., Yakhlef, H., Cherfaoui, M.L., 2007. 3R, 131-134.
Kanoun, M., Huguenin, J., Kanoun-Meguellati, A., Zaki, B., 2013. 3R, 20, 257-260.
Kanoun, M., Meguellati-Kanoun, A., Huguenin, J., 2013. Op. Med. Série. A, 108, 121-127.
Kanoun, M., Huguenin, j., Kanoun, A., Bellahrache, A., Martini, M., Cherfaoui, M.L., 2015. Op. Med. Serie. B, 75, 217-228.
Kanoun, M., 2016. Th.Doc.ENSA.Alger, 209, pp.
Kanoun, M., Huguenin, J., Kanoun-Meguellati, A., 2018. *Algerian journal of arid environment* vol. 8, (2), 68-78
Nedjimi, B., Homida, M., 2006. *Revue du Chercheur,* 4, 13-19.
Salemkour, N., Aidoud, A., Chalabi, K., Chefrour, A., 2016. *Rev.Eco (Terre et Vie).* Vol; 71 (2),178-191**.**

25 ans de travaux partenariaux de R&D sur le travail en élevage : récit d'impact et conséquences sur l'évolution des métiers

MOULIN C. (1), COMPAORE, N. (1,2), CHAUVAT S. (1), CAYON M. (3), ZANCHI E. (4), DUBREUIL M.-L. (5)
(1) Institut de l'Elevage Campus Institut Agro Montpellier-INRAE - 2 Place Pierre Viala - 34060 Montpellier cedex 1,
(2) Institut Agro Montpellier (étudiante Master2) 2 Place Pierre Viala - 34060 Montpellier cedex 1,
(3) CCMSA, 19, rue de Paris – CS 50070 - 93 013 Bobigny Cedex
(4) MASA DGER - EPLEFPA de Fayl Billot - 5 ruelle aux Loups - 52500 Fayl Billot,
(5) Chambre d'agriculture de Normandie, 21 Rue de Briouze - 61450 La Ferrière-aux-Étangs

RESUME - Les membres du RMT « Travail en agriculture » (partenaires R&D de l'Institut de l'Elevage et acteurs principaux sur la thématique « travail ») : Instituts techniques agricoles, INRAE, Ecoles supérieurs d'Agronomie, Chambres d'agricultures, ONVAR, MSA, par la mise au point de méthodes de références, ont produit (i) des connaissances opérationnelles, sous la forme de bases de données de références sur le travail dans les différentes filières d'herbivores et dans les différents grands types de systèmes ; (ii) mais aussi d'outils de diagnostic ou de conseil. Ces différentes productions, diffusés par l'intermédiaire de conseillers (chambres d'agriculture, etc.) formés, sous forme d'appui technique individuel, de formations, de journées techniques ou portes ouvertes et de publications dans des revues agricoles spécialisées ; ont conduit aux principales transformations suivantes. 1- Une très large sensibilisation des conseillers. 2- La montée en compétence et la spécialisation de certains de ces conseillers sur le travail. 3- L'organisation, par les organismes de formation des éleveurs (VIVEA, etc.) et par la MSA, de formations à destination des éleveurs de toutes les filières. 4- La mise en place, dans les élevages ayant bénéficié d'un conseil spécifique sur le travail, de solutions travail leur permettant d'améliorer leurs conditions d'exercice de leur métier d'éleveur. Ces changements ont engendré comme principal impact une reconnaissance explicite et systématique par les éleveurs et leurs filières de l'importance à accorder au facteur travail en élevage. Les mandants – et notamment les Professionnels des filières de ruminants – ainsi que les financeurs – et notamment les fonds CasDar - ont contribués à ces impacts par leurs actions de soutien à la R&D, mais aussi de transformation et de déploiement auprès des éleveurs.

25 years of R&D partnership involvment on Work in Agriculture: impact analysis and consequences on the evolution of the business lines

MOULIN C. (1), COMPAORE, N. (1,2), CHAUVAT S. (1), CAYON M. (3), ZANCHI E. (4), DUBREUIL M.-L. (5)
(1) Institut de l'Elevage Campus Institut Agro Montpellier-INRAE - 2 Place Pierre Viala - 34060 Montpellier cedex 1,

SUMMARY - The members of the "Work in agriculture" network (R&D partners of the Livestock Institute and main actors on the "work" theme): Agricultural Technical Institutes (« ITA »), INRAE, Universities, Chambers of Agriculture, ONVAR, MSA, through the development of reference methods, have been producing (i) operational knowledge, in the form of reference databases on the theme of « work in agriculture » in all herbivore sectors and in the different major types of systems; (ii) but also diagnostic tools or advisory tools; which, disseminated through trained advisers (chambers of agriculture, etc.), in the form of individual technical support, training, technical or open days and publications in specialized agricultural journals; led to the following main transformations. 1- A very wide awareness of advisers on the theme of « work in agriculture ». 2- The rise in skills and the specialization of some of these advisers on this theme. 3- The organisation, by breeder training organizations (VIVEA, etc.) and by the MSA, of training courses for breeders in all sectors. 4- The implementation, in farms that have benefited from specific advice on work, of work solutions allowing them to improve their conditions of exercise of their profession as breeder. The main impact of these changes has been an explicit and systematic recognition by breeders and their sectors of the importance to be given to the labor factor in breeding. The main makers, and in particular the Professionals of the ruminant sectors – as well as the funds providers, and in particular the CasDar funds - have contributed to these impacts through their actions in order to support The AKIS and it's R&D, but also in order to promote transformations and deployment all the way up to livestock farmers.

INTRODUCTION

Comprendre les conditions d'exercice du travail et de l'activité des métiers, identifier puis promouvoir des leviers d'améliorations de celles-ci sont des enjeux majeurs pour parler d'attractivité des métiers et de renouvellement des actifs agricoles (Servière *et al.* 2019 ; Livre blanc CNE 2019). Objet de recherche et levier de conseil, mais aussi enjeu sociétal, le travail est devenu un facteur essentiel à prendre en compte dans l'analyse des processus de production en élevage et conditionne l'acceptabilité de ce métier en profondes mutations. Aujourd'hui, plus aucun éleveur, conseiller, représentant de la puissance publique ne minimise l'importance du « travail », ni ne conteste qu'il soit un élément majeur à prendre en compte dans l'attractivité et la vivabilité des métiers de l'élevage, d'autant qu'il peut être un frein au changement nécessaire, comme on l'observe par exemple dans l'enjeu de transition agroécologique. En 30 ans, les attentes des éleveurs vis-à-vis des conditions d'exercice de leur métier ont radicalement évolué et les équipes de R&D les ont accompagnés en enrichissant l'approche techniciste du travail par des sciences sociales, remettant l'humain au centre. Elles ont ainsi outillé conseillers et décideurs en élaborant des outils de diagnostic et en produisant des références adaptées aux principaux systèmes d'élevage ; contribuant ainsi à briser les tabous sur le travail en élevage notamment en reconnaissant la place des savoirs loin d'être purement techniques dans l'approche R&D des conditions d'exercice du métier d'éleveur.

Nous nous sommes donc intéressés aux travaux menés par l'Institut de l'Elevage et ses partenaires de R&D sur les méthodes et outils permettant d'appréhender les conditions de

travail des éleveurs et avons cherché à comprendre les changements réellement observables auprès des différents bénéficiaires de ces travaux. Ce papier propose d'utiliser une approche méthodologique originale et inédite aux 3R : l'analyse d'impact a posteriori (Gertler *et al.* 2011).

1. METHODE

1.1. ASIRPA ET IMPRESS EN SOCLE METHOLOGIQUE

Nous avons choisi d'utiliser deux méthodes conceptuellement très proches : ASIRPA et ImpresS, mises au point et utilisées depuis une dizaine d'années par, respectivement, l'INRAE (Colinet *et al*., 2014) et le CIRAD (Barret *et al.*, 2017), deux structures dont l'« ADN » est proche du nôtre, tant par les thématiques de recherche que par les destinataires des travaux et bien entendu qui font partie de notre écosystème. Ces méthodes de références bousculent nos logiques de travail, car elles : (i) ne cherchent pas à évaluer un état final mais à comprendre un processus ; (ii) sont basées sur une logique de contribution et pas d'attribution et (iii) s'intéressent non pas à l'objet évalué mais aux changements (ou transformations) que l'on parvient à observer réellement. Enfin, elles mettent au centre des "récits" – au sens propre du terme. ASIRPA et ImpreSs sont dédiées à des analyses d'impact *a posteriori*. L'échelle de temps pour réaliser cette prise de recul est d'au moins 20 ans, voire bien plus.

1.2. AU CŒUR DU REACTEUR : LE CHEMIN D'IMPACT

L'objectif est d'arriver à comprendre le processus générateur d'impact. L'enjeu est de pouvoir décrire quels changements sont observés, pour qui et quelles sont les conséquences - directes ou induites – réellement produites. Les impacts sont généralement différents pour les différents types d'acteurs impactés. Il est donc essentiel de repérer les grandes catégories de « cibles », tant celles qui sont touchées directement que celles qui le sont en « ricochet » par le biais d'un ou plusieurs acteurs intermédiaires. C'est en mobilisant le petit nombre d'outils complémentaires décrits au § 1.3, qu'il est possible de remonter le fil du processus permettant de lier : (i) des moyens qui permettent de produire des connaissances ; (ii) les productions, réalisation, résultats des travaux menés qui permettent de produire des solutions pour les bénéficiaires de ces travaux ; (iii) et surtout de décrire finement les principaux processus de déploiement, d'appropriation, de transformation ou d'intégration nécessaires pour engendrer les changements et impliquant des relais intermédiaires.

1.3. L'ANALYSE DE CAS POUR CONSOLIDER LA BOITE A OUTILS

L'adaptation de ces méthodes est en cours afin de disposer à terme d'une boîte à [***outils***] opérationnelle, adaptée, utile et utilisable. Le [***chemin d'impact***] sera éclairé par la description de l'écosystème partenarial [***carte des acteurs***] et notamment des bénéficiaires directs [***carte des cibles***] des résultats des différents travaux et outils développés sur la trentaine d'années de R&D analysée et par le [***chronogramme de l'innovation***], révélant les événements majeurs ayant marqué l'histoire de cette thématique.

2. RESULTATS DU CAS CONCRET « TRAVAIL »

2.1. COMPRENDRE LES ENJEUX STRATEGIQUES DE CETTE THEMATIQUE « TRAVAIL »

Le facteur « Travail » s'inscrit dans un enjeu stratégique de pérennisation des activités d'élevage (en démontrant la réalité de systèmes viables économiquement et vivables socialement) ; auquel s'ajoute l'enjeu d'attractivité pour les nouvelles générations, mais aussi d'acceptabilité sociétale pour le citoyen. Il est au cœur du pilier « social et sociétal » de la durabilité, mais influe également fortement le pilier « économie » et n'est pas sans conséquences sur le pilier « environnement ».

2.2. COMPRENDRE A QUI LES TRAVAUX ETAIENT DESTINES

L'un des atouts de cette approche est de bien décrypter quelles sont les cibles : 1- directes, c'est-à-dire les bénéficiaires immédiats des actions menées par les acteurs principaux et sur qui ceux-ci sont en capacité d'observer des changements ; et 2- indirectes, qui sont les bénéficiaires touchés *via* une généralisation et une dissémination mise en œuvre par des acteurs intermédiaires / relais. Porter une attention fine aux cibles aux cours de différentes phases de l'innovation est indispensable, car cela permet de clarifier les attendus, espoirs, ambitions et réalités de l'impact.

Tout au long d'un processus démarré il y a plus de 35 ans, les principales cibles de l'innovation ont été, très directement, la sphère R&D elle-même et le plus souvent les conseillers & enseignants ; et, indirectement, les éleveurs (à l'exception de l'infime petit groupe d'« éleveurs – chercheurs » ayant directement participé à l'innovation).

1/ Au départ et jusqu'à la fin des années 1990, ce sont très majoritairement les membres de la communauté scientifique qui sont les bénéficiaires directs des travaux. Cette phase correspond à la conception et à la mise au point de l'outil Bilan Travail, puis à l'accumulation de références. Les conseillers, mis à part ceux impliqués dans les projets, restent des cibles indirectes à sensibiliser.

2/ Au cours des dix années suivantes, 2000-2010, le RMT Travail voit le jour et œuvre à la mise au point des outils et des méthodes destinés aux conseillers et aux enseignants. L'enjeu était de les sensibiliser le plus largement possible et d'en former et outiller certains, afin que ces derniers puissent commencer à conseiller une partie des éleveurs et futurs éleveurs. Les cibles directes sont donc les conseillers et les enseignants alors que les éleveurs sont les cibles indirectes.

3/ Durant la dernière phase, jusqu'aujourd'hui, toujours soutenue par le RMT travail, une partie des actions continue à avoir pour bénéficiaires les conseillers et les enseignants ; mais apparaissent aussi des actions de conseil destinées directement aux éleveurs.

2.3. COMPRENDRE LES CHANGEMENTS OPERES ET EVALUER LA CONTRIBUTION A L'IMPACT

Evaluer l'impact des travaux de l'Institut de l'Elevage et de ses partenaires de R&D n'avait pas été anticipé en tant que tel, mais il est possible, *a posteriori*, de décrire le processus générateur de changements (Colinet *et al*. 2014) et en quoi les acteurs principaux ont contribué à générer des impacts observables chez les différents bénéficiaires des travaux. Il est même possible de s'appuyer sur quelques critères qualitatifs ou quantitatifs.

2.3.1 Un élargissement des thématiques associées et une montée en compétences des membres de la sphère R&D.

L'écosystème R&D français apparait comme remarquablement original en ayant : posé ces questions ; choisit d'exprimer des idées sur le travail, dans différentes déclinaisons ; développé un travail partenarial et conceptuel sur le sujet. Les changements remarquables observés dans cette catégorie d'acteurs sont : (i) l'intégration et le développement d'une approche pluridisciplinaire pour aborder au mieux les différentes dimensions du travail (ergonomie, psychologie du travail, sociologie, santé au travail, etc.) ; (ii) le développement d'un partenariat mixte pour aborder le travail (recherche, enseignement supérieur, universités, instituts techniques, organismes de développement, DGER, éleveurs « pilotes », etc.) ; (iii) l'internationalisation de la dynamique du RMT (Dockes *et al.* 2019) et (iv) l'introduction dans le langage courant d'un vocabulaire technique faisant référence au travail : par exemple le terme « travail d'astreinte ».

Des critères d'impact pertinents sont accessibles : le nombre de contenus et articles publiés (dans des journaux ou conférences scientifiques, lors de journées techniques et d'interventions lors des salons professionnels, sur les sites

web, dans la presse spécialisée, sur les média sociaux, etc. ; le nombre de formations et de stages réalisés ; le nombre de partenaires impliqués dans des projets de R&D ; l'élargissement disciplinaire des membres du RMT Travail au cours du temps ; la prise en compte du travail en élevage dans les documents cadre comme le PNDAR.

2.3.2. Sensibilisation généralisée et évolution du profil des conseillers et des enseignants agricoles

Pour les conseillers et les enseignants, les changements majeurs observables sont : (i) la place légitime que prend le travail en élevage dans leurs conseils et enseignements ; (ii) les conseillers d'élevage « techniques » qui ont tendance à devenir davantage généralistes et sont sensibilisés à la composante « travail » qu'ils identifient et dont ils comprennent l'importance et l'intérêt pour l'accompagnement qu'ils proposent aux éleveurs ; (iii) l'apparition de conseillers spécialisés dans le travail et (iv) les enseignants des cursus agricoles du secondaire qui sont sensibilisés à la composante « travail », ce qui les incite à intégrer, dès la formation initiale, des enseignements permettant de prendre en compte le facteur travail, mais aussi les risques inhérents à l'agriculture (risques psycho-sociaux, santé-sécurité au travail).

Pour cette cible « conseillers-enseignants », les critères d'impact disponibles sont : le nombre de conseillers ou enseignants formés ou participant à des webinaires, conférences, prestations, colloques, sur le travail en élevage (ou où le travail en élevage est abordé) ; le nombre de conseillers référencés dans l'outil Déclic travail ; l'évolution des profils des conseillers (compétences sur le travail, en ergonomie, en sociologie, en psychologie, etc.) ; le nombre de conseillers spécialisés dans le travail ; l'évolution du nombre d'heures de cours consacrés au travail ou incluant la thématique. A titre d'exemple, l'organisation du travail, de l'environnement de travail, ou de la gestion des relations de travail sont davantage pris en compte dans les référentiels de diplômes de l'enseignement agricole depuis 2017. L'agriculteur est vu comme un employeur potentiel (de salariés, de services, ...). Ainsi, pour le bac pro CGEA : https://chlorofil.fr/diplomes/secondaire/bac-pro/1re-term/cgea/cgea : Recueil fiches de compétences du référentiel du baccalauréat professionnel "conduite et gestion de l'entreprise agricole"

2.3.3. Acculturation des éleveurs sur la question du travail et sur leurs attentes métiers :

Enfin, pour cette cible majeure des éleveurs (qui est touchée indirectement – via l'intermédiation des conseillers notamment), les changements relèvent plus de sensibilisation : (i) la culture du monde agricole évolue. Les éleveurs ont plus de facilité à s'exprimer autour du travail, à avancer des arguments relatifs au travail avec les conseillers autour de solutions techniques proposées et considèrent plus légitime de vouloir trouver un meilleur équilibre vie privée/vie professionnelle ; (ii) les composantes physiques et psychologiques du travail sont de mieux en mieux prises en compte (difficultés liées à l'effort physique, à la charge mentale du travail) notamment au moment de l'installation et (iii) le sujet « travail » devient de moins en moins tabou.

Pour évaluer l'impact des travaux de l'Institut de l'Elevage et de ses partenaires de R&D sur cette cible « éleveurs » les critères accessibles sont : le nombre d'éleveurs qui ont expérimenté le Bilan Travail ou tout autre diagnostic travail avec l'un des outils produits par le RMT ; le nombre de participants à des formations sur le travail en élevage (ou dont une partie de la formation y est consacrée). Dans l'idéal, il serait intéressant de mettre en place un « observatoire » mesurant l'évolution du niveau de satisfaction des éleveurs concernant leur qualité de vie au travail basé sur des critères identifiés (sens du métier, nombre de jours de vacances, articulation vie privée/vie professionnelle, organisation du travail, réseaux, participation à la vitalité du territoire, conditions territoriales d'exercice du métier, raisons pour lesquelles ils sont satisfaits de leurs conditions de travail, etc. ; le niveau de satisfaction pourrait – toujours dans l'idéal - être comparé aux autres professions).

2.4. UN ECOSYSTEME PARTENARIAL PARTICULIEREMENT DYNAMIQUE ET EVOLUTIF

Le nombre, les profils et les rôles des partenaires ont beaucoup évolués et sont allés croissant sur la trentaine d'année d'analyse. Nous avons repris à notre compte la [***carte des acteurs***] développée dans ImpresS (Barret *et al.* 2017) et l'avons enrichie de la [***carte des cibles***] qui permet de zoomer sur les acteurs impactés et de mieux faire le distinguo entre cibles directes et indirectes (figure 1). Cela permet notamment, d'appréhender plus clairement les processus de transformation et de déploiement dans le [***chemin d'impact***] conceptualisé dans ASIRPA et ImpresS.

Les « acteurs principaux » ont un rôle majeur/central/actif directement dans le processus d'innovation. Dans ce cas concret, les acteurs principaux gravitent tous, peu ou prou, dans le RMT Travail. Chacun a apporté des éléments de sa culture : par exemple, l IFIP et l'ITAVI ont milité pour qu'on traite de salariat, de productivité du travail ; les Civam se sont focalisés sur les changements de métiers induits par une transition agroécologique radicale, etc. Comme souvent dans les cas concrets qui nous concernent, les partenaires de R&D sont aussi des acteurs impactés. Ils sont des cibles directes dans cette analyse d'impact.

Les « acteurs influents », particulièrement les directions ministérielles (DGER, DGPE, Bureau des relations et des conditions de travail en agriculture) ont un rôle important, souvent très structurant car ils influencent l'innovation (intentionnellement ou involontairement) sans jouer un rôle direct dans le processus d'innovation.

Les « acteurs impactés » sont positivement ou négativement touchés par l'innovation. Ils peuvent, ou non, être des acteurs majeurs du processus d'innovation. Ce sont les destinataires et bénéficiaires de nos travaux. Dans ce cas d'étude, destinés *in fine* aux éleveurs, les travaux ont d'abord été utiles directement aux chercheurs et aux conseillers, qui avaient besoin de méthodes et de références objectivées.

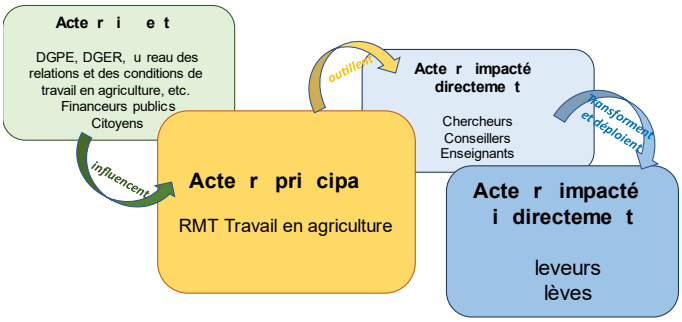


Figure 1 : carte des acteurs et des cibles

2.5. UNE HISTOIRE RICHE ET TRES STRUCTUREE EN EVENEMENTS MARQUANTS

Nous avons repris à notre compte le [***chronogramme de l'innovation***] conceptualisé tant dans ASIRPA qu'ImpresS. Un peu caricaturalement, avant les années 1990 (car il n'y avait bien sûr pas que du vide avant), la question du « travail » était un sujet de recherche restreint aux sciences économiques et agronomiques (assolement, mécanisation) avec le logiciel OTELO (1990) intégrant la notion de jours disponibles. C'est la volonté d'une poignée de zootechniciens des systèmes d'élevage, discipline portée à la fois par l'INRA SAD et par les réseaux d'élevage, qui a permis d'explorer la thématique travail du point de vue de son organisation, en lien avec les pratiques techniques, et de son efficience (« Bilan Travail » 1999). La légitimité de ces travaux de R&D et des outils produits a été longue à acquérir. Les deux décennies suivantes ont contribué à l'enrichissement de cette

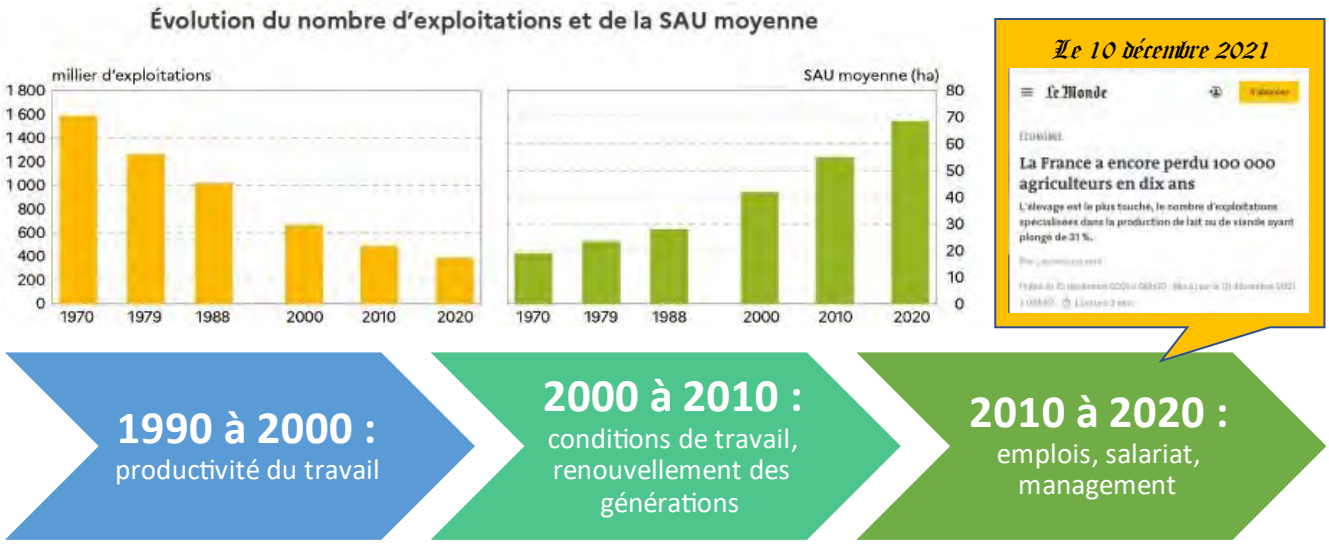


Figure 2 : chronogramme de l'innovation simplifié

approche « techniciste » par des valences « sociales », s'intéressant aux conditions de travail, au métier de l'éleveur et à sa façon de le vivre (RMT Travail en Élevage 2007) ; puis d'ouvrir très largement les travaux à de multiples disciplines, comme l'ergonomie, la psychologie et la sociologie du travail (projet « Travail en 3D » 2011). Apparaissent les enjeux de durabilité sociale des exploitations, d'attractivité des métiers, de transmissibilité des exploitations mais aussi d'avenir des territoires et de transition agroécologique (projets « Transaé », 2016 « AmTrav'ovin », 2017).

La tendance à l'agrandissement et à l'accroissement de la productivité demeure une préoccupation d'actualité puisque le nombre moyen d'UTA par exploitation a beaucoup moins augmenté entre 1990 et 2020 (1,4 *vs* 1,6) que celui de SAU (28 à 69 ha en moyenne par exploitation) (Agreste Primeur, 2021). La part des exploitations d'élevage a diminué (de 45% des exploitations totales en 1990 à 37% en 2020), en raison notamment d'une moindre consommation de produits carnés mais aussi de conditions de travail peu attractives. Proposer des conditions d'exercice du métier décentes devient un enjeu majeur alors que l'enquête SSP 2015 montre que moins de la moitié des éleveurs d'ovins et bovins viande déclarent se libérer plus de 2 jours consécutifs sur leur exploitation. Par ailleurs, le nombre de jours de congés annuel des éleveurs de ruminants varie de une à deux semaines seulement, loin des 5 dévolues au salarié (Institut de l'Elevage, 2021). Les astreintes horaires et la pénibilité du travail contribuent aux difficultés de renouvellement des actifs agricoles (Forget, 2019).

La part du travail effectuée par les salariés permanents, corollaire de la diminution des conjoints d'exploitations, est en nette augmentation évoluant de 15,6% en 2000 à 21,3% vingt ans plus tard (Agreste, Bilan annuel de l'emploi). Les questions de management et de fidélisation des salariés sont plus prégnantes et concernent les chefs d'exploitation mais aussi les tiers-employeurs (Cuma, groupements d'employeurs ou services de remplacement) et entrepreneurs (Frécenon *et al.*, 2021).

3. DISCUSSION

3.1. LE CHEMIN D'IMPACT : UN OUTIL PUISSANT ET ROBUSTE POUR DECRIRE LE PROCESSUS GENERATEUR D'IMPACT

Le [***chemin d'impact***] (figure 3) met en exergue les contributions des acteurs principaux et illustre en quoi elles sont majeures, indispensables, « uniques » (essentielles / irremplaçables). Il montre également l'importance de l'intermédiation : comment des relais se mettent en place (… ou pas) ; quelles solutions ont été déployées ; quelles transformations se sont réellement opérées ; quels changements ont eu lieu. Comprendre le processus générateur d'impact permet notamment de repositionner les implications et responsabilités des différents types d'acteurs. Nous avons adapté cet outil, en nous basant sur les schémas conceptualisés dans ASIRPA et dans ImpresS.

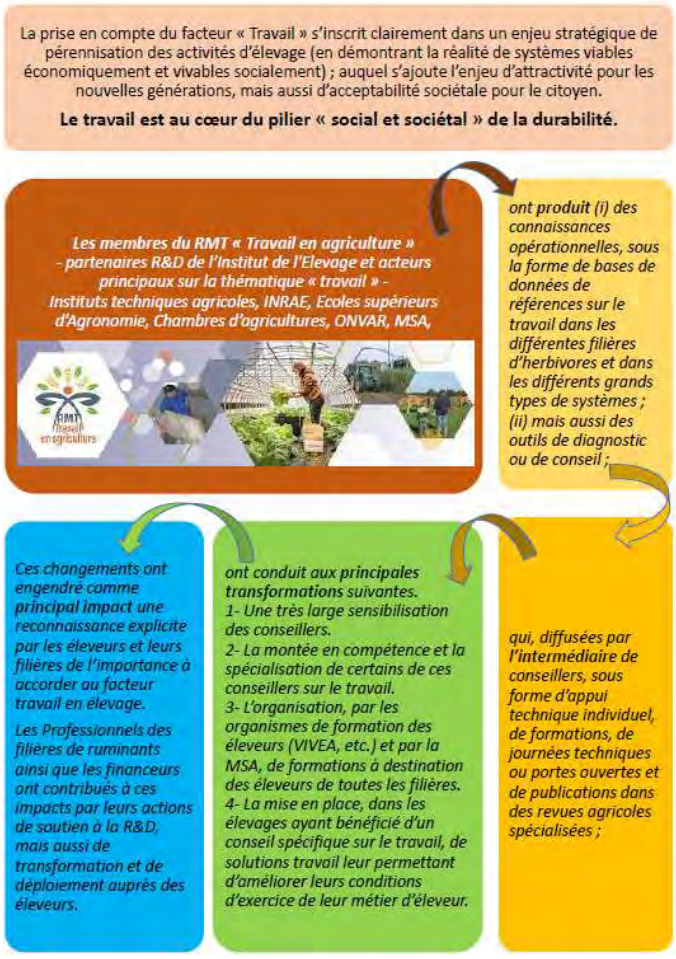


Figure 3 : chemin d'impact

Dans ce cas d'étude particulier, les principaux accélérateurs sont les travaux de R&D et les outils mis au point pour les conseillers et les enseignants. Le principal frein est le modeste niveau de priorité fixé par l'écosystème pour le déploiement auprès des agriculteurs.

3.2. DES LIMITES METHODOLOGIQUES A REPOUSSER !

La boite à outils utilisée ici s'est avérée robuste, mais il reste à affiner les modes d'emploi pour la rendre plus « utilisable » (Moulin, 2022). Les études de cas en cours soulèvent des questions importantes restant à travailler : (i) Comment articuler approche par études de cas et indicateurs pour répondre aux demandes des financeurs et exigences des appels à projet ? (ii) Comment définir et renseigner des critères et indicateurs d'impact accessibles (en adéquation avec nos moyens) ? (iii) Peut-on évaluer l'impact selon une grille d'évaluation commune ? (iv) Sous quelles formes diffuser les résultats pour garantir leur appropriation ? Notamment, comment rendre lisible le chemin d'impact ? Peut-on vraiment toujours n'en faire qu'un seul ? (v) Comment accéder aux informations, garder la mémoire ?

3.3. QUELLE UTILITE A NOS TRAVAUX ? LE RECIT D'IMPACT, UNE APPROCHE QUI NOUS BOUSCULE

Cette analyse de cas illustre en quoi l'analyse d'impact nous éclaire sur : i) les événements « facilitateurs » du développement de la thématique, ii) les verrous, intrinsèques ou subis induisant des difficultés pour les partenaires à concrétiser les soutiens effectifs à leurs travaux, bloquant l'émergence d'actions et d'outils, freinant le déploiement par les acteurs relais ; iii) les orientations à donner pour demain.

D'une douzaine de « chercheurs-zootechniciens » initialement impliqués dans les années 1990, le RMT associe aujourd'hui plus de 50 partenaires de R&D&F, représentant un large spectre disciplinaire ! L'intermédiation et le déploiement vers les éleveurs, grâce aux acteurs relais, se met en place progressivement dans plusieurs cadres expérimentaux (ex. « Vivre l'élevage en Picardie », 2010). Mais ce point reste source d'insatisfaction pour les acteurs qui estiment le « passage à l'acte » sur le sujet encore trop insuffisant auprès des éleveurs. Néanmoins, l'implication croissante des politiques publiques (actions de lutte contre les suicides, inclusion de la thématique dans les appels à projets et les programmes nationaux de développement dans lesquels la MSA s'implique, *via* ses professionnels de la santé-sécurité au travail) est un facteur d'impact majeur.

3.4. UNE ANALYSE *EX-POST* ? CERTES, MAIS L'HISTOIRE N'EST PAS FINIE !

Cette analyse d'impact *ex-post* réalisée, a également repéré des changements attendus et des pistes pour produire de nouvelles connaissances opérationnelles complémentaires ; des dispositifs à même de favoriser le déploiement de solutions adaptées et donc susceptibles d'engendrer des transformations nécessaires et attendues par les destinataires finaux que sont les agriculteurs.

Cette partie de l'analyse est particulièrement propice à s'interroger sur les moyens de déployer les outils et leviers d'action identifiés. Elle permet de déterminer les « points critiques » freinant un déploiement plus large et donc de réfléchir à comment mobiliser les acteurs relais au sein d'un plan-filière structuré. L'enjeu autour de la thématique du travail en agriculture est unanimement reconnu. Les relais sont clairement identifiés et sensibilisés, voire déjà formés : conseillers élevages, préventeurs de la médecine du travail. Néanmoins, le dispositif de déploiement est pour le moment essentiellement resté dans le domaine de l'intention et non pas du passage à l'acte, sauf pour quelques actions ayant d'ores et déjà bénéficié de ressources (€ et RH) dédiées.

Merci à tous les experts et tous les éleveurs qui nous ont consacré du temps. Merci à Nouria Compaore, élève ingénieure qui a réalisé ce travail lors de son stage de fin d'étude de Master à l'Institut Agro Montpellier en 2021.

Agreste Bilan annuel de l'emploi. https://agreste.agriculture.gouv.fr/

Agreste. Recensement agricole 1988. Tableaux prosper.

Agreste Primeur, 2021. Recensement agricoles 2020. pp4.

Aymard, L., Bellamy, J-P., Bisson, P., Boyer, F., Chauvat, S., Murat, C., Teissandier, E., Vincent, C. 2011. Dossier : TRAVIBOV, un outil de conseil pour améliorer le travail en élevage bovin viande. Consulté sur Outil Travibov

Barret, D., Blundo Canto, G., Dabat, M. H., Devaux-Spatarakis, A., Faure, G., Hainzelin, E.,... & Triomphe, B., 2017. Guide méthodologique ImpresS. Évaluation ex post des impacts de la recherche agronomique dans les pays du Sud, 96p.

Blanchin, J-Y., Chauvat, S. Institut de l'Elevage, Guinamard C., Kling-Eveillard, F., Sabatté, N., Servière, G. 2012. Publications RMT travail 2007 - 2010 : Outils et démarches de conseil - Des outils filière, thématique ou pour accompagner les dispositifs de conseil.

Cabanel M.H. et Férat F. 2021. Rapport d'information - Suicides en agriculture : mieux prévenir, identifier et accompagner les situations de détresse, 73 - 98.

Chauvat, S, Kling-Eveillard, F., Servière, G., Cournut, S., Dufour, A., Hostiou, N., Machefer, J., Sicard G. 2016. CASDAR Travail 3D : Trois dimensions du travail, des organisations originales, des réseaux d'acteurs.

CNE, Collectif 2019. Livre blanc CNE - Le renouvellement des générations en élevage bovin, ovin et caprin 02/2019

Colinet, L., Joly, P. B., Gaunand, A., Matt, M., Larédo, P., & Lemarié, S. 2014. ASIRPA- Analyse des Impacts de la Recherche Publique Agronomique. Rapport final. [Rapport de recherche] Institut National de la Recherche Agronomique. 2014, 61 p.

Cournut, S., et Chauvat, S. 2012. L'organisation du travail en exploitation d'élevage : analyse de 630 ilans Travail réalisés dans huit filières animales. *In Productions Animales, 25 2,* 101.

Dockès A.C., Correa P., Turlot A., Nettle R. 2019 Advice and advisory roles about work on farms. A review. Agron.Sust. Dev., 39: 2 https://doi.org/10.1007/s13593-018-0547-x.

Forget V., Depeyrot J.-N., Mahé M., Midler E., Hugonnet M., Beaujeu R., Grandjean A., Hérault B., 2019. Actif'Agri. Transformations des emplois et des activités en agriculture, Centre d'études et de prospective, Ministère de l'Agriculture et de l'alimentation, la Documentation française, Paris. pp 245.

Frécenon B., Marx J.-M., Petit N., 2021. Nouvelles formes de travail en agriculture. CGAAER. Rapport 20090. 69 p.

Gertler, P. J., Martinez, S., Premand, P., Rawlings, L. B., Vermeersch, C. M. 2011. Impact evaluation in practice. World Bank Publications, 3 – 18

INRAE 2019. Evaluer les impacts socio-économiques de la recherche de l'INRA via le développement d'une approche originale : le projet ASIRPA, 1-8.

Institut de l'Elevage, 2021. Diversité des bâtiments et des pratiques d'élevage. Etat des lieux en filières ruminants. Dossiers techniques de l'élevage. pp 52.

Moulin C., Clavel L., Ducreux B., David V.. 2022. 30 years of partnership research on ruminant livestock's pre-slaughter conditions in France: ex-post impact evaluation. Soumis In Animal S-22-00889

Servière, G., Balay, C., Cournut, S. 2019. Sociel-La durabilité sociale des exploitations d'élevage dans leurs territoires. *In Innovations Agronomiques, 71,* 109-121.

Servière, G., Chauvat, S., Hostiou, N., Cournut, S. 2019. Le travail en élevage et ses mutations. *In INRAE Productions Animales, 32* 1, 13–24

Tourne M., 2018. "Et si on parlait travail " ? une action de prévention primaire des risques psychosociaux des exploitants agricoles développée par la Mutualité Sociale Agricole. Sur le site de la MSA

Trame. RADIO BIEN-ETRE : des témoignages et des infos. Sur le site de Trame

Pâturage ovin de surfaces additionnelles : les effets sur le travail des éleveurs et des agriculteurs

Sheep grazing of additional areas : effects on the work of herders and farmers.

JOUSSEINS C. (1), CHAUVAT S (2), BOISVERT B. (3), DUCOURTIEUX C. (3).
(1) Institut de l'Elevage, Campus INRAE, Chemin de Borde Rouge, 31320 Auzeville-Tolosane
(2) Institut de l'Elevage, 2 place Pierre Viala, 34060 Montpellier cedex
(3) Chambre d'agriculture de Dordogne, 295 Boulevard des Saveurs Cré@Vallée Nord, 24660 Coulounieix-Chamiers

INTRODUCTION

Vergers, vignes, couverts hivernaux, céréales, parcours boisés, surfaces cultivées ou en déprise offrent une ressource herbagère aux troupeaux de brebis. Ces surfaces avaient pourtant été délaissées pour des questions de travail. Le projet Brebis_Link s'est penché sur les conditions actuelles de pâturage de ces surfaces et leurs effets sur le travail des éleveurs et des cultivateurs du Sud-Ouest.

1. MATERIEL ET METHODES

45 entretiens semi-directifs ont été menés en face à face, auprès d'éleveurs ovins et de cultivateurs pratiquant le pâturage additionnel (tableau 1). Les effets sur le travail ont été questionnés : effets ressentis sur le travail, aménagement des surfaces, déplacements des troupeaux ; gestion du pâturage et surveillance ; gestion du couvert.

Surfaces additionnelles pâturées	Eleveurs	Cultivateurs
Vignes	6	8
Vergers (pommiers, pruniers, châtaigniers, noyers) et truffières	12	1
Céréales et inter-cultures	3	2
Surfaces pastorales	11	2

Tableau 1 : Profils des agriculteurs enquêtés

2. RESULTATS

2.1. DES EFFETS CONTRASTES SUR LE TRAVAIL DES AGRICULTEURS

Le ressenti des agriculteurs vis-à-vis des effets du pâturage additionnel sur leur travail est très divers (tableau 2) en particulier pour les éleveurs. Pour 9 d'entre eux, en diminuant la dépendance au stock fourrager et le temps passé en bergerie, le pâturage additionnel réduit le travail d'astreinte (distribution des fourrages et paillage) et les travaux de saison (moins de fenaison, de curage et de désinfection des bergeries). Les éleveurs pastoraux estiment majoritairement que le pâturage de surfaces additionnelles ne change rien à leur travail.
Le temps libéré est mis à profit pour l'équilibre vie professionnelle – vie privée ou bien réinvesti pour améliorer les performances techniques. Les effets positifs pour les éleveurs peuvent être mis à mal par la distance, le niveau d'équipement des parcelles et la collaboration autour de la surveillance du troupeau.
En culture pérenne ou en surface pastorale, le pâturage diminue voire supprime les broyages, mais seuls 3 agriculteurs estiment l'effet positif sur le travail. En inter-cultures, les céréaliers détruisent le couvert après le pâturage.

Ressenti travail et pâturage additionnel	Eleveurs	Cultivateurs
Effet positif sur le travail (temps et organisation)	9	3
Pas d'effet particulier sur le travail	15	10
Effet négatif sur le travail (temps, pénibilité)	8	-

Tableau 2 : Pâturage additionnel et travail

2.2. L'EQUIPEMENT DES PARCELLES FACILITE LE TRAVAIL DES ELEVEURS

Clôturer et prévoir un accès à l'abreuvement sur les parcelles de surface additionnelle permet une conduite du pâturage équivalente à celle d'une prairie. Dans le cadre de pâturage intra exploitation ou sur des cultures pérennes inter exploitations, le choix se porte généralement sur des clôtures ou des protections fixes dont la mise en place est réalisée de façon conjointe par l'éleveur et le cultivateur. Dans notre échantillon, les céréaliers refusaient les équipements fixes, imposant ainsi une astreinte importante à l'éleveur pour réaliser les parcs et déplacer ou garder le troupeau ; ils fragilisaient de ce fait le partenariat sur le long terme. Moins les parcelles sont équipées ou plus elles sont éloignées du lieu d'élevage et plus les éleveurs estiment que le pâturage additionnel a un effet négatif sur leurs conditions de travail.

2.3. PARTAGER OU DELEGUER LA GESTION DU TROUPEAU POUR PERENNISER LA PRATIQUE

La répartition des tâches d'astreinte entre éleveurs et cultivateurs, comme la surveillance, le changement de parcelles ou l'abreuvement, peut être très variable. Dans certains partenariats, les cultivateurs s'impliquent dans ces tâches quotidiennes, parfois même jusqu'à prendre totalement les animaux en charge, ce qui peut complètement lever les freins de la distance et des équipements.

3. DISCUSSION

Les opportunités d'accès à des surfaces additionnelles sont très importantes (1 million d'ha de vignes et vergers, 13 millions d'ha de grandes cultures dont 68% soumis à la directive nitrate), mais la pratique se heurte à la faible densité d'élevages dans les zones spécialisées en production végétale et surtout à la méconnaissance du travail de « l'autre ». Les partenariats tombent souvent faute d'équipements ou d'un partage équitable du travail. C'est pourquoi l'interconnaissance, le temps pris pour expérimenter et installer ensemble les bons équipements, le partage des responsabilités sont indispensables à l'équilibre du partenariat. Savoir qui abreuve le troupeau ou qui ouvre la barrière est aussi important que la date d'entrée du troupeau dans la parcelle ou l'évaluation de la restitution d'azote au sol pour rendre la pratique attractive et pérenne.

CONCLUSION

Faire pâturer des brebis dans un verger ou des intercultures combine deux activités agricoles sur une même emprise foncière. Cette coexistence intra comme inter exploitations relève de nouvelles pratiques qui interrogent les façons de travailler (seul et en collectif), la conduite du troupeau et des parcelles. Le pâturage additionnel augure d'une nouvelle intégration territoriale des cultures et de l'élevage.

Les auteures remercient le RMT travail en agriculture, les partenaires, les agriculteurs du projet Brebis_Link (financé par le CASDAR).

Alimentation

Le comportement alimentaire des vaches laitières au pâturage, mesuré par des colliers détecteurs d'activités, peut-il nous renseigner sur leur niveau de performance ?

BOUCHON M. (1), SCULLY S. (1), COPPA M. (2), OLLION E. (3), MARTIN B. (2), MAITRE P. (4)
(1) INRAE – UE Herbipole, 63122 Saint-Genes-Champanelle
(2) INRAE, UCA, VetAgro Sup – UMR Herbivores, 63122 Saint-Genes-Champanelle
(3) Centre de Développement de l'Agroécologie – 5 Place Aristide Bouvet, 01500 Amberieu-En-Bugey
(4) Montbéliarde Association – 4 Rue des Epicéas, 25640 Roulans

RESUME

Cette étude préliminaire vise à déterminer l'existence d'un lien entre comportement alimentaire au pâturage enregistré par des colliers d'activité et performances individuelles chez la vache laitière. Deux lots de 10 vaches laitières pâturant deux parcelles plus ou moins diversifiées de prairie permanente, équipées de colliers accéléromètres Medria®, ont été suivies pendant 45 jours. A partir des temps d'ingestion, de rumination de repos et du nombre de séquences de chacune de ces activités, trois profils comportementaux ont pu être mis en évidence, grâce à des Analyses en Composantes Principales et une Classification Hiérarchique Ascendante. En parallèle, des mesures de production laitière, de taux butyreux et protéique, de note d'état corporel et de poids vifs ont été réalisées. Ces données zootechniques ont été mises en relation avec les profils de comportement, grâce à des Anova. Les trois profils se distinguent principalement par le temps alloué à l'ingestion, les comportements de rumination et de repos étant impactés en conséquence. Lorsque les vaches passent plus de temps à ingérer, elles ruminent moins, car il semblerait qu'elles choisissent des patchs plus verts et plus feuillus qui sont plus facilement digestibles. A l'opposé, des vaches passant très peu de temps à ingérer semblent moins sélectives et passent plus de temps à ruminer, au détriment du repos notamment. *In fine*, quand les vaches expriment un comportement qui semble plus sélectif, elles produisent plus de lait, avec des taux plus élevés et présentent une meilleure note d'état corporel. La race et la parcelle influent également sur les comportements exprimés par les vaches, les Montbéliardes étant plus sélectives et la sélection étant moins intense dans des parcelles faiblement diversifiées. Cette première approche confirme que le comportement alimentaire pourrait être un proxy intéressant de l'aptitude au pâturage des vaches laitières.

Can grazing behaviour measured by activity collars tell us about dairy cow performances?

BOUCHON M. (1), SCULLY S. (1), COPPA M. (2), OLLION E. (3), MARTIN B. (2), MAITRE P. (4)
(1) INRAE – UE Herbipole, 63122 Saint-Genes-Champanelle

SUMMARY

This preliminary study aimed to determine links between grazing behaviour recorded by activity collars and the individual performance of dairy cows. Two groups of 10 dairy cows, grazing two permanent pastures varying in botanical diversity, were equipped with Medria® accelerometer collars and monitored for 45 days. Three behavioural profiles were identified using Principal Component and Hierarchical Cluster Analyses using time spent ingesting, resting, and ruminating and the number of events performed for each of these activities. Individual performance was measured using milk yield, fat and protein contents, body condition score and live weight. These indicators were linked to the behavioural profiles using ANOVA. The three behavioural profiles differed in the time spent grazing, with consequences on the other behaviors. When cows spent more time ingesting, they ruminated less, seemingly due to the selection of more digestible feedstuffs. In contrast, cows that spent very little time ingesting seemed to be less selective and spent more time ruminating, at the expense of resting time. When cows expressed a behaviour that is supposed to be more selective they gave higher milk yields, with higher fat and protein contents and maintained a higher body condition score. Effects of breed and paddock were seen within grazing behaviour profiles, as Montbéliardes were more selective and selectivity is associated with the level of biodiversity of the plot. This first approach confirms that grazing behaviour could be an interesting proxy for the grazing ability of dairy cows.

INTRODUCTION

Les systèmes d'élevage de ruminants herbagers, notamment en zone de moyenne montagne, sont réputés pour la fourniture de nombreux services écosystémiques. La présence de ruminants dans ces zones, *via* l'utilisation des prairies naturelles, participe à la préservation de la biodiversité et permet de produire des aliments de qualité nutritionnelle et organoleptique supérieure (Leiber *et al.*, 2017), tout en offrant aux animaux la possibilité d'exprimer leur comportement naturel. De plus, dans ces zones, la seule ressource alimentaire cultivable à destination de l'alimentation des troupeaux est l'herbe, ressource qui n'entre pas en compétition avec l'alimentation humaine. Ainsi, ces systèmes sont socialement acceptables (Stampa *et al.*, 2020), et il apparait nécessaire d'en évaluer/améliorer la performance en vue de les maintenir et de les promouvoir.

Un des facteurs clé de l'évaluation de la performance de ces systèmes est l'efficience alimentaire (Phocas *et al.*, 2014). Or, la mesure de l'efficience alimentaire passe par des mesures zootechniques (quantités ingérées individuelles notamment), qui sont complexes à mettre en œuvre en dehors de stations expérimentales qui disposent des moyens nécessaires, tant en équipements qu'en main-d'œuvre. Cette difficulté à mesurer

certains paramètres zootechniques, notamment au pâturage, associée à l'enjeu croissant autour du phénotypage de l'efficience alimentaire pour une production plus durable (Brochard *et al.* 2013), nécessite donc de trouver des proxies, utilisables à plus grande échelle, facilement mesurables et ne nécessitant pas d'interventions invasives ou d'équipements lourds.

Même s'il est évident que les performances de production des vaches laitières au pâturage sont liées à l'herbe qu'elles y ingèrent, le recours à des données de comportement acquises de façon automatisée par des outils d'élevage de précision représente une opportunité. Il est acquis que le comportement alimentaire est un déterminant clé de la capacité des animaux à prélever la ressource, tant en quantité qu'en qualité (Ginane *et al.*, 2008). Ainsi l'utilisation croissante d'outils d'élevage de précision basés sur l'étude du comportement des animaux (accéléromètres, géolocalisation…), notamment en fermes commerciales où ils permettent d'aider l'éleveur dans la gestion de la reproduction ou la détection de troubles sanitaires, ouvre la voie à l'acquisition de larges jeux de données comportementales.

Nous proposons donc ici une première approche visant à étudier la possibilité d'utiliser ce type de données pour caractériser le comportement au pâturage des vaches laitières, en le mettant en relation avec leurs performances zootechniques.

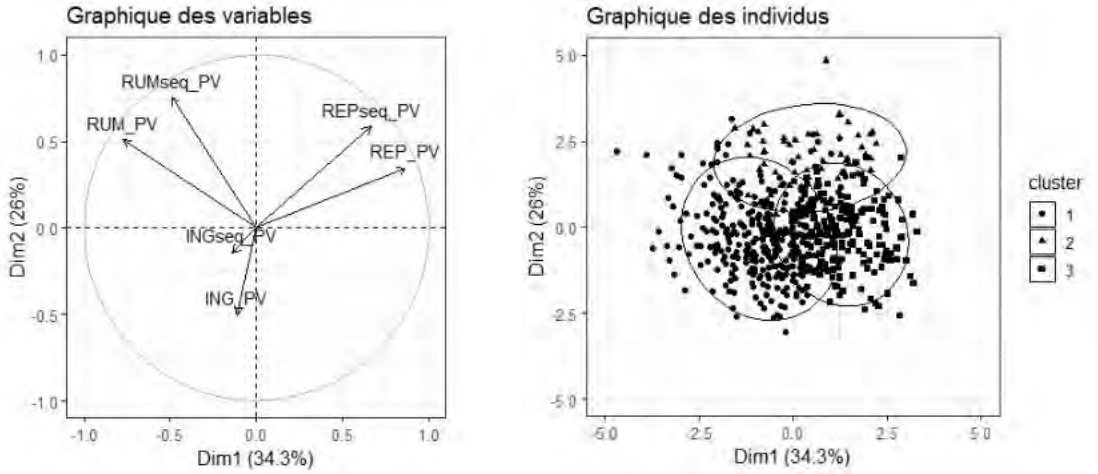


Figure 1 Graphiques des variables (à gauche) et des individus (à droite) de l'ACP projetées sur les dimensions 1-2 de l'axe factoriel

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. ANIMAUX ET ALIMENTATION

L'étude porte sur deux lots équilibrés de 10 vaches laitières (**VL**), dont la moitié étaient de race Prim'Holstein et l'autre Montbéliarde, en deuxième moitié de lactation (201 ± 27 jours post-partum au début d'expérimentation). Les VL ont été conduites en pâturage continu exclusivement pendant 45 jours à partir du 15 Mai 2020, et n'ont reçu ni concentrés ni compléments fibreux à l'auge durant la période de mesure. Chaque lot de 10 VL pâturait soit une parcelle à forte diversité floristique (plus de 75 espèces végétales différentes, caractéristique de la région **[DIV+]**), soit une ancienne prairie temporaire, faiblement diversifiée (environ 30 espèces **[DIV-]**). La parcelle DIV+ était également plus pentue que DIV-. Le détail du protocole expérimental est donné par Manzocchi *et al.* (2022).

1.2. MESURES ZOOTECHNIQUES

Les vaches étaient traites deux fois par jour à 06h30 et 15h30 en salle de traite (Delaval, 2×14 épi 30°). La production laitière individuelle (**PL**) a été mesurée à chaque traite et des échantillons de lait, prélevés lors des 4 traites des mardis et mercredis toutes les semaines, ont été analysés pour déterminer les taux butyreux (**TB**) et protéique (**TP**) (Agrolab's, 15000 Aurillac).

Les poids vifs (**PV**) ont été mesurés deux fois par jour en sortie de salle de traite grâce à des balances automatiques (Delaval) et la Note d'Etat Corporel (**NEC**) a été évaluée à deux reprises, par estimation de l'épaisseur de gras sur la dernière côte et au niveau de la fosse caudale par palpation, sur une échelle de 1 à 5.

1.3. MESURES COMPORTEMENTALES

Afin de recueillir les données de comportement, les animaux étaient tous équipés de colliers accéléromètres Axel Medria®, disponibles sur le marché pour la détection des chaleurs et des troubles sanitaires (notamment alimentaires). Les colliers ont été installés en amont de l'expérimentation puisqu'ils nécessitent une période d'autocalibration et de façon à habituer les animaux à leur port pour ne pas influer sur leur comportement. Le jeu de données généré par ces dispositifs consiste en une description de l'activité majoritaire (ingère, rumine, se repose, a une autre activité) et de la posture (debout, couché) de l'individu au pas de temps de 5 minutes, codée de façon booléenne. La fiabilité des données générées par ce dispositif a par ailleurs déjà été validée par confrontation avec des données issues d'observation comportementales directes (Bouchon *et al.*, 2019).

1.4. ANALYSE DES DONNEES

Les données générées par les colliers ont permis d'obtenir différents indicateurs :

- Temps total quotidien de chaque activité (min/jour) ;
- Nombre de séquences par jour pour chaque activité ;
- Durée moyenne d'une séquence (min/séquence).

Pour limiter les effets du gabarit des animaux, connus pour influencer la capacité d'ingestion et donc potentiellement les temps d'activité liés à l'alimentation, les données comportementales ont été exprimées sur la base de 100 kg de PV. Afin de mettre en évidence l'existence de profils comportementaux (**PC**), ces données ont été traitées grâce à des Analyses en Composantes Principales (**ACP**) et à des Classifications Ascendantes Hiérarchiques (**CAH**). Le PC d'une vache pouvant varier d'un jour à l'autre en fonction de son comportement, l'unité statistique retenue est la journée de pâturage/VL. Préalablement, une analyse des corrélations

entre les variables comportementales a été réalisée pour sélectionner celles à intégrer dans l'ACP.
L'effet du PC a ensuite été testé sur les performances zootechniques (PL du lendemain, TB, TP, PV et NEC) grâce à des ANOVA. Les effets race, parité et parcelle ont été testés grâce à un test du Chi². Les tests statistiques ont été réalisés sous R.

2. RESULTATS

2.1. MISE EN EVIDENCE DE PROFILS COMPORTEMENTAUX

L'étude des corrélations entre les différentes variables comportementales a permis de sélectionner les variables suivantes pour la réalisation de l'ACP :
- Temps quotidien d'ingestion/100 kg PV (**ING/PV**)
- Nombre de séquence d'ingestion/100 kg PV (**INGseq/PV**)
- Temps quotidien de rumination/100 kg PV (**RUM/PV**)
- Nombre de séquence de rumination/100 kg PV (**RUMseq/PV**)
- Temps quotidien de repos/100 kg PV (**REP/PV**)
- Nombre de séquence de repos/100 kg PV (**REPseq/PV**).

Les trois premiers axes de l'ACP expliquent respectivement 34,3%, 26,0% et 20,2% de la variance. L'axe 1 est caractérisé par les variables liées à la rumination et au repos tandis que l'axe 2 est caractérisé par les variables liées à l'ingestion (Figure 1). La mise en œuvre de la CAH (figure 1) a permis de répartir les individus statistiques en trois classes (PC1, PC2 et PC3), comptant respectivement pour 30,5 %, 19,2 % et 50,3 % des observations. Le PC1 est caractérisé par un temps d'ingestion et un nombre de repas élevé, associé à un temps et un nombre de séquences de rumination faibles. Le PC2 est caractérisé par un temps d'ingestion faible, associé à un temps et un nombre de séquences de rumination élevé. Le PC3 est associé à un temps et un nombre de séquences de repos faibles, avec des valeurs intermédiaires pour les autres comportements (tableau 1).

	PC1	PC2	PC3	P-value
ING/PV (h/100kg PV)	1,22^{b}	1,03^{a}	1,24^{b}	<0,001
INGseq/PV (n/100kg PV)	1,40^{b}	1,28^{a}	1,25^{a}	<0,001
RUM/PV (h/100kg PV)	1,21^{a}	1,60^{c}	1,34^{b}	<0,001
RUMseq/PV (n/100kg PV)	2,74^{a}	3,60^{b}	2,72^{a}	<0,001
REP/PV (h/100kg PV)	1,04^{c}	0,80^{b}	0,73^{a}	<0,001
REPseq/PV (n/100kg PV)	2,45^{c}	2,05^{b}	1,70^{a}	<0,001
PL (kg/j)	17,6^{a}	16,2^{c}	17,2^{b}	0.009
TB (g/kg)	37,3^{a}	36,9^{ab}	36,3^{b}	0,011
TP (g/kg)	33,2	33,0	32,6	0,090
PV (kg)	624^{b}	620^{b}	649^{a}	<0,001
NEC	2,24^{a}	2,04^{b}	2,24^{a}	0,016

Tableau 1 Variables comportementales et performances zootechniques en fonction du profil comportemental (PC). Sur une même ligne, les nombres dont les lettres en exposant diffèrent sont statistiquement différents.

2.2. PERFORMANCES ZOOTECHNIQUES

Les vaches exprimant un jour donné un comportement de type PC1 ont une meilleure production laitière le lendemain et des TB et TP équivalents aux vaches exprimant un comportement de type PC2. Les vaches exprimant un comportement de type PC3 présentent des valeurs intermédiaires de PL et des TB et TP inférieurs aux deux autres profils. Les vaches exprimant un jour donné un comportement de type PC3 ont aussi un poids vif supérieur aux autres tandis que les vaches exprimant un comportement de type PC2 ont une NEC inférieure (tableau 1).

2.3. REPARTITION DES EFFECTIFS EN FONCTION DU PROFIL COMPORTEMENTAL

Aucun effet individu n'a été montré sur l'appartenance des animaux à un profil comportemental spécifique. Les profils comportementaux ne sont pas associés à la parité des animaux (tableau 2). En revanche, on retrouve plus de comportements PC1 et PC2 que la moyenne de l'échantillon dans la parcelle fortement diversifiée, tandis que le comportement PC3 est plus exprimé dans la parcelle la moins diversifiée. Les Montbéliardes sont par ailleurs plus représentées au sein du PC1 que les Holsteins, qui expriment plus souvent un comportement de type PC2 (tableau 2).

		PC1	PC2	PC3	P-Value
Parité	Primipares	38	22	76	0.303
	Multipares	132	85	204	
Parcelle	DIV-	71 (76)	36 (48)	141 (125)	0.008
	DIV+	99 (94)	71 (59)	139 (155)	
Race	Montbéliarde	106 (92)	45 (58)	152 (152)	0.004
	Holstein	64 (77)	62 (49)	128 (128)	

Tableau 2 Table du Chi² de répartition des effectifs en fonction du profil comportemental (PC). Le nombre entre parenthèses correspond à l'effectif attendu dans le cas où P<0.05

3. DISCUSSION

3.1. SELECTIVITE ALIMENTAIRE

Les différences de comportement entre les profils PC1, PC2 et PC3 pourraient refléter des niveaux de sélectivité au pâturage différents. Le PC1, où les vaches passent beaucoup de temps à ingérer et multiplient le nombre de repas, semble refléter un comportement très sélectif. En ingérant des *patchs* plus verts et feuillus, l'ingéré est vraisemblablement plus facilement

digestible, ce qui pourrait expliquer le temps de rumination restreint et les meilleures performances productives. Le PC2, où les vaches mangent vite et en peu de repas, à l'inverse, semble refléter un comportement peu sélectif : l'ingéré est vraisemblablement peu digestible, ce qui est cohérent avec le temps de rumination supérieur et leur temps de repos plus faible (PC2). Ces observations vont ainsi dans le même sens que Coppa *et al.* (2011) qui reportent déjà que la sélection au pâturage a un effet sur les performances zootechniques. Le fait que les vaches semblent avoir un comportement plus homogène dans la parcelle DIV- est également en accord avec Dumont *et al.* (2007), qui ont montré que les différences de comportement au pâturage étaient exacerbées par la difficulté des conditions de pâturage et notamment que le temps accordé à la recherche alimentaire s'accroissait avec l'hétérogénéité de la parcelle. La moindre qualité de l'herbe ingérée dans ce profil de comportement peu sélectif pourrait expliquer la plus faible PL, mais l'ingestion probable d'une alimentation plus fibreuse permettrait de maintenir un niveau de TB intermédiaire.

Malgré tout, la sélection d'animaux exprimant un comportement de type PC1, bien qu'a priori plus intéressants pour convertir la ressource, nécessite l'adoption de pratiques de gestion du pâturage : afin de limiter ce biais de sélection qui serait susceptible d'aboutir à une proportion importante de refus dans les parcelles, une augmentation du chargement instantané dans les parcelles pourrait s'avérer nécessaire.

3.2. APTITUDE AU PATURAGE

L'utilisation de données zootechniques « simples » pour évaluer la performance des vaches laitières, au pâturage notamment, pose question. En effet, il paraitrait judicieux, dans un premier temps, de pouvoir étudier leur efficience alimentaire. Mais cette mesure nécessite de mesurer l'ingéré individuel. L'utilisation de proxies zootechniques, tel que la production laitière ramenée au poids vif, peut être une autre voie à explorer, mais nécessite malgré tout des équipements spécifiques (mesure de la PL et du PV quotidien). L'utilisation de tels critères masque cependant souvent des problèmes de santé et/ ou de fertilité. On sait par exemple que des vaches ayant de fortes pertes d'état en début de lactation voient leur efficience alimentaire améliorée, puisque leur ingestion diminue au risque de probablement dégrader la performance de reproduction (Ollion, 2016). Si on veut évaluer plus globalement l'aptitude des vaches à pâturer, il apparait donc nécessaire de pouvoir tenir compte des paramètres santé, fertilité… et donc de définir un nouveau critère prenant en compte de ces paramètres, de façon à sélectionner, in fine, des vaches valorisant bien la ressource et capables de se maintenir et se reproduire dans des systèmes pâturant où la ressource peut varier en qualité et quantité au cours de la saison.

3.3. EXPERIENCE DES ANIMAUX

Les données ayant servi à cette étude proviennent toutes d'un même site INRAE, où le troupeau assure son propre renouvellement depuis des générations, et où les conditions de pâturage n'ont que très peu évolué au fil du temps. Les faibles différences observées entre individus pourraient s'expliquer par le fait que les animaux ont tous une expérience commune du milieu depuis plusieurs dizaines d'années. Ils se sont adaptés au système. Le matériel utilisé pour cette première approche étant assez répandu en élevage, il serait donc intéressant de pouvoir recueillir des données sur d'autres sites expérimentaux, voire en fermes commerciales, afin de valider les résultats obtenus lors de cette étude préliminaire. Ceci permettrait de limiter le biais induit par la réalisation d'une étude sur un site unique.

Une perspective de travail complémentaire serait de compléter cette étude pour analyser la stabilité des PC de chaque vache dans le temps et évaluer la plasticitié phénotypique de ce comportement au cours de la saison de pâturage et en pluriannuel.

4. CONCLUSION

Cette première approche a permis de montrer que le comportement alimentaire, mesuré de façon automatique par des capteurs d'élevage de précision largement répandus en élevage, permet de déterminer l'existence de profils de comportement qui pourraient potentiellement être des proxies de la performance des vaches laitières au pâturage. En effet, des animaux que l'on détecterait comme étant plus sélectifs sembleraient plus aptes à convertir la ressource en herbe en lait, tout en maintenant un état corporel plus satisfaisant. Cependant, ce travail reste à approfondir pour tenir compte des évolutions comportementales des animaux au cours du temps, de la durée de présence sur un paddock à l'échelle de la carrière, et/ou pour prendre en compte des aspects liés à la santé et la fertilité. L'adoption de ce type de matériel par de nombreuses fermes, expérimentales comme commerciales, ouvre également la voie à des études à plus grande échelle.

Les auteurs remercient l'ensemble du personnel de INRAE Herbipôle Marcenat pour le soin apporté aux animaux ; le personnel de Montbéliarde Association qui a participé au comité de pilotage de cette étude ; le Trans National Access aux infrastructures de recherche du programme H2020 de la Commission Européenne (projet « SmartCow, no.730924).

Bouchon, M., Rouchez, L., et Pradel, P. 2019. EAAP Annual Meeting Ghent. 470

Brochard, M., Boichard, D., Ducrocq, V., Fritz, S., 2013. INRA Prod. Anim. 26, 145–146.

Coppa, M., Farruggia, A., Pradel, P., Lombardi, G., Martin, B. 2011. Ital J Anim Sci., 10: e1 3, 58-65

Dumont, B., Rook, A.J., Coran, C., Röver, K.-U., 2007. Grass and Forage Science 62, 159-171.

Ginane, C., Dumont, B., Baumont, R., Prache, s, Fleurance, G., Farruggia, A., 2008. Renc. Rech. Ruminants, 15, 315-322

Leiber, F., Jouven, M., Martin, B., Priolo, A., Coppa, M., Prache, S., Heckendorn, F., Baumont, R., 2014. Opt. Med. 109, 33-47

Manzocchi, E., Martin, B., Bord, C., Bouchon, M., Bérard, J., Coppa, M., Delbès, C., Verdier-Metz, I., 2022. EGF symposium, 29

Ollion, E., Ingrand, S., Delaby, L., Trommenschlager, J. M., Colette-Leurent, S., Blanc, F. (2016). Livestock Science, 183, 98-107

Phocas, F., Agabriel, J., Dupont-Nivet, M., Geurden, I., Medale, F., Grasteau, S., Gilbert, H., Dourmad, J.-Y., 2014. INRA Prod. Anim. 27(3), 235-248

Stampa, E., Schipmann-Schwarze, C., Hamm, U., 2020. Food Quality and Preference 82

Valorisation des rations alimentaires dans les troupeaux laitiers : états des lieux et facteurs explicatifs des différences entre production théorique et production observée

LEFEVRE A. (1), BOULET L. (1), DECRUYENAERE V. (1), VANDAELE L. (2), VERRIELE B. (3), DECAESTEKER E. (4), GAVILLON D. (3), MAHIEU J. (4), ROUILLE B. (5), FROIDMONT E. (1)
(1) Centre wallon de Recherches Agronomiques, Rue de Liroux 9 5030 Gembloux – Belgique
(2) ILVO, Scheldeweg 68 9090 Melle – Belgique
(3) Avenir Conseil Elevage, 5 Rue François Mitterrand, 59400 Cambrai – France
(4) INAGRO, vzw Ieperseweg 87 8800 Rumbeke-Beitem – Belgique
(5) Institut de l'élevage, 149 Rue de Bercy, 75595 Paris Cedex 12 - France

RESUME - Les observations de terrain montrent que les troupeaux laitiers ont une production laitière cohérente par rapport à la composition des rations distribuées, mais qu'il existe néanmoins une forte variabilité entre exploitations. Afin de comprendre cette variabilité, des bases de données françaises (Avenir Conseil Elevage) et belges (Inagro), constituées dans le cadre du projet INTERREG PROTECOW, ont été mobilisées (n = 1604). Ces bases regroupent des données de production laitière (production et taux) en lien avec les rations distribuées (composition centésimale) dans la zone transfrontalière franco-belge. L'efficience de valorisation des rations a été calculée en faisant le rapport entre la production observée et la production théorique, estimée sur base de la valeur nutritionnelle de la ration distribuée. Une analyse en composantes principales complétée d'un clustering a permis de constituer 4 groupes homogènes. Chaque groupe se différencie des autres en termes de niveau de production laitière, de taux (butyreux et protéique), de la nature de la ration (proportions de fourrages, de concentrés, type de fourrages) et de son efficience de valorisation, cette dernière étant différente entre chaque groupe (P < 0,001). Ainsi le premier groupe se caractérise par des rations de type ensilage de maïs, le deuxième par une production laitière permise par les concentrés, le troisième par des rations basées sur le pâturage et le quatrième par des rations mixtes. Si l'efficience de valorisation de la ration est de 120,0% dans le groupe ensilage de maïs, elle varie de 85,3% à 95,0% au sein des trois autres groupes. L'analyse des productions observées sur le terrain montre qu'il existe des voies d'amélioration possibles dans l'adaptation et la valorisation des rations des vaches laitières et que, sur base du système d'alimentation en vigueur, le type de ration a une influence sur le rapport entre les productions laitières observée et attendue.

Valuation of diets in dairy herds: state of play and factors explaining the differences between theoretical and observed production

LEFEVRE A. (1), BOULET L. (1), DECRUYENAERE V. (1), VANDAELE L. (2), VERRIELE B. (3), DECAESTEKER E. (4), GAVILLON D. (3), MAHIEU J. (4), ROUILLE B. (5), FROIDMONT E. (1)
(1) Centre wallon de Recherches Agronomiques, Rue de Liroux 9 5030 Gembloux – Belgique

SUMMARY - The observations in the field show that milk production of dairy herds is consistent with the composition of the rations distributed, but that there is nevertheless a high degree of variability between farms. In order to understand this variability, French (Avenir Conseil Elevage) and Belgian (Inagro) datasets, set up within the INTERREG PROTECOW project, were used (n = 1604). These datasets contain data on milk production (production and contents) in relation to diets distributed (centesimal composition) in the French-Belgian cross-border area. The use efficiency of the diet was calculated as the ratio between the observed milk production and the expected milk production, estimated according to the composition of the distributed ration. A principal component analysis completed by clustering was used to create four homogeneous groups. Each group differed from the others in terms of milk production level, milk composition (fat and protein contents), type of diet (proportions of forages, concentrates, type of forages) and its use efficiency, the latter being different between each group (P < 0,001). Thus, the first group was characterised by silage maize rations, the second by milk production based on concentrates, the third by rations based on pasture and the fourth by mixed rations. While the use efficiency of the diet reached 120,0% in the silage maize group, it varied from 85,3% to 95,0% in the other three groups. The analysis of the productions observed in practical conditions shows that there is room for improvement in the adaptation and utilisation of dairy cow diets and that, based on the current feeding system, the type of ration has an influence on the observed vs expected milk production ratio.

INTRODUCTION

Le contexte géopolitique actuel entraîne une hausse du prix des matières premières avec pour conséquence une hausse des coûts de production pour les agriculteurs. En élevage laitier, l'alimentation représente un des postes les plus importants dans les coûts de production du lait. Il convient dès lors pour l'éleveur d'ajuster au mieux la ration de ses vaches laitières afin d'atteindre un bon niveau de transformation ou d'efficience de la ration tout en limitant le coût alimentaire. De nombreuses études ont déjà été réalisées afin d'optimiser le rendement de transformation de la ration par l'animal. En effet, tous les nutriments ingérés ne peuvent être valorisés, de par une digestibilité incomplète et un coût métabolique variable (selon les conditions climatiques, le stade physiologique de l'animal, son niveau de production) (Fischer, 2017). En outre, si l'animal n'est pas en bonne santé, les nutriments seront aussi moins bien valorisés à des fins de production laitière (par exemple, en cas de mammite). Par ailleurs, les caractéristiques des rations distribuées aux vaches laitières sont fortement dépendantes du contexte régional. En effet, le projet Interreg PROTECOW a montré que les rations du nord de la France n'ont pas les mêmes caractéristiques que celles distribuées en Flandre (Belgique) : les rations françaises contiennent plus d'ensilage de maïs quand les rations belges contiennent plus d'herbe conservée et de concentrés de production (Rouillé et al., 2020). Dès lors, l'objectif de cette étude est de quantifier l'efficience de valorisation de l'alimentation selon le type de ration distribuée et d'en évaluer leur coût de revient.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. DONNEES MOBILISEES

Les bases de données française (Avenir Conseil Elevage, n = 1007) et belge (Inagro, n = 601) constituées dans le cadre du projet INTERREG PROTECOW en 2016-2017, ont été mobilisées (Rouillé et al., 2020). Elles regroupent des données de production laitière moyenne du troupeau (production et taux) en lien avec les rations distribuées (composition centésimale) de 213 élevages de la zone transfrontalière franco-belge. Le nombre d'audits, réalisés à la demande de l'éleveur, est en moyenne de 7,5 (de 1 à 20) réparties de manière hétérogène sur les deux années (2016-2017). Le tableau 1 reprend les variables explicatives et supplémentaires, calculées sur base des données disponibles.

Variables explicatives
Lait : Production laitière (en kg/j)
Lait_FCL : Production laitière corrigée selon les taux (kg/j)
TB : Taux butyreux (g/kg)
TP : Taux protéique (g/kg)
Paturage : % d'herbe pâturée dans la ration
HerbeConservee : % d'herbe conservée dans la ration (ensilage, enrubanné, foin, céréales immatures…)
ProduitsHerbagers : % d'herbe dans la ration (paturage + herbeconservee)
EnsilageMais : % d'ensilage de maïs dans la ration
Coproduits : % de coproduits dans la ration (pulpes, drèches…)
Concentres : % d'aliments concentrés dans la ration (maïs grain, céréales, tourteaux, correcteurs, concentrés de production,…)
Mineraux : % de minéraux dans la ration
EfficienceRation : Efficience de valorisation de la ration (en % de la production laitière théorique)
Variables supplémentaires
Fourrages : % de fourrages dans la ration (herbe + ensilage de maïs + paille)
Complements : % de compléments dans la ration (coproduits + concentres)
MStot : Quantité de matière sèche totale distribuée (en kg MS/vache/jour)
Energie : Concentration énergétique de la ration (VEM/kg MS)
ProtDig : Teneur en protéines digestibles de la ration (g DVE/kg MS)
MAT : Teneur en Matières Azotées Totales de la ration (g/kg MS)
CoutRation : coût de la ration distribuée (€/vache/jour)
CoutRationLait : coût de la ration distribuée par kg de lait corrigé (€/vache/jour/kg de lait corrigé)
CoutRationMS : coût de la ration distribuée par kg de matière sèche distribuée (€/vache/jour/kg MS)

Tableau 1 : Variables explicatives et variables supplémentaires mobilisées pour les analyses statistiques

1.2. CALCUL DE L'EFFICIENCE DE VALORISATION DE LA RATION

L'efficience de valorisation de la ration a été calculée selon l'équation suivante :

$efficience\ de\ valorisation = \frac{Production\ laitière\ réelle}{Production\ laitière\ théorique}$, les deux productions laitières étant exprimées en kg de lait brut.

		Mauvaise qualité	Qualité moyenne	Bonne qualité
Herbe pâturée	VEM/kg MS	840	920	1000
	g DVE/kg MS	65	80	95
Ensilage d'herbe	VEM/kg MS	750	825	900
	g DVE/kg MS	50	60	70
Ensilage de maïs	VEM/kg MS	930	960	970
	g DVE/kg MS	47	50	50

Tableau 2 : Valeurs alimentaires de l'herbe pâturée, de l'ensilage d'herbe et de l'ensilage de maïs utilisées pour l'analyse de sensibilité

La production laitière théorique a été calculée sur base de la composition de la ration distribuée en se basant sur le système hollandais (Tamminga et al., 1994, Van Es & Van der Honing, 1977) car il s'agit d'un des deux systèmes d'alimentation usité dans la région. Les valeurs alimentaires des différents composants de la ration sont issues des valeurs de tables INRAE-CIRAD-AFZ (www.feedtables.com). Les valeurs alimentaires utilisées pour l'herbe pâturée, l'ensilage d'herbe et l'ensilage de maïs sont les suivantes : 965 VEM/kg MS et 99 g de DVE/kg MS ; 903 VEM/kg MS et 78 g de DVE/kg de MS ; 965 VEM/kg de MS et 53 g de DVE/kg de MS respectivement (valeurs moyennes reprises dans la base de données belge). Pour réaliser le calcul, les apports en énergie (VEM) et en protéines digestibles dans l'intestin grêle (g de DVE) ont été calculés en sommant les apports permis par chaque composant de la ration. La production laitière théorique permise par les apports énergétiques (VEM) et en protéines digestibles dans l'intestin grêle (DVE) a été calculée selon les équations suivantes (Tamminga et al., 1994, Van Es & Van der Honing, 1977) :

$$Apport\ en\ VEM = (6{,}45 \times poids + 1265 + 442 \times FCL \times Lait) \times [1 + 0{,}00165 \times (FCL \times Lait - 15)]$$

Avec le poids fixé à 650 kg, FCL le facteur correctif du lait $(0{,}337 + 0{,}116 \times \%matières\ grasses\ du\ lait + 0{,}06 \times \%protéines\ du\ lait)$ et Lait la quantité brute de lait produit par vache par jour (en kg)

$$Apport\ en\ DVE = \frac{Poids}{10} + 54 + 1{,}396 \times MP + 0{,}000195 \times MP^2$$

Avec le poids fixé à 650 kg et MP la quantité de protéines dans le lait ($kg\ de\ lait\ par\ jour \times \%taux\ azoté \times 10$; en g/jour).

La production laitière théorique correspond au minimum entre la production laitière permise par l'apport en VEM et celle permise par l'apport en DVE. Une analyse de sensibilité portant sur les valeurs alimentaires des fourrages (herbe pâturée, ensilage d'herbe et ensilage de maïs, Tableau 2) a été réalisée pour contrôler l'influence de l'utilisation de valeurs fixes sur les calculs de la production laitière théorique et de l'efficience de valorisation de la ration.

Les rations présentant une efficience de valorisation de la ration supérieure à 160% ont été considérées comme aberrantes (apport total en matière sèche insuffisant compte tenu du niveau de production laitière, n=4). Finalement, ce sont donc 1604 rations qui ont été prises en compte dans l'analyse.

1.3. CALCUL DU COÛT DE LA RATION

Optimiser l'efficience de valorisation de la ration n'est pas une fin en soi mais doit contribuer à limiter le coût de l'alimentation des vaches. Cependant, la relation entre efficience de valorisation de la ration et coût alimentaire dépend des spécificités de l'exploitation. Afin de préciser l'intérêt économique de l'efficience, nous avons mobilisé les bases de données comptables, communiquées par Elevéo et la DAEA dans le cadre du projet EFFORT. Elles ont permis de déterminer les coûts de revient ou les coûts d'achat de chaque grand type d'aliments constituant chaque ration pour les années 2016-2017 (Tableau 3).

	Prix de revient/d'achat (€/t MS)
Pâturage	45 €
Herbe conservée	90 €
Ensilage de maïs	90 €
Autres fourrages	50 €
Coproduits	700 €
Concentrés	300 €
Minéraux	5000 €

Tableau 3 : Prix d'achats moyen des différents types d'aliments dans les rations en 2016-2017.

Sur base des différentes méthodes de calculs du coût des fourrages, répertoriées par le RMT Prairies Demain (2016), le coût de l'herbe pâturée a été estimée à 50% du coût de l'herbe conservée.

1.4. ANALYSES STATISTIQUES

Dans un premier temps, le calcul des corrélations entre les variables explicatives a permis de ne sélectionner que les variables corrélées à moins de 60%. Ainsi les variables *Fourrages* et *Complement*, fortement corrélées aux variables *Concentres* et *Coproduits* ont été classées dans les variables supplémentaires. Une analyse en composantes principales (ACP) a été réalisée pour étudier les relations entre l'efficience de valorisation de la ration et les autres variables explicatives caractérisant la ration ou la production laitière.
Dans un deuxième temps, un clustering a été réalisé sur base des résultats de l'ACP afin de déterminer des groupes homogènes tant en termes de caractéristiques de la ration, que de production laitière et d'efficience de valorisation de la ration.
Une ANOVA a été réalisée pour chaque variable (explicative et supplémentaire) afin de mettre en évidence les différences entre les groupes, tandis que des comparaisons de moyennes multiples ont été effectuées sur la base du test de Tukey Kramer. Toutes ces analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel R version 4.0.3 (R Core Team 2020). Les packages "FactoMineR" (Le et al 2008), "car" (Fox & Weisberg 2019) et "multcomp" (Hothorn et al 2008) ont été utilisés respectivement pour l'ACP, l'ANOVA et le test de Tukey Kramer.

2. RESULTATS

L'analyse de sensibilité concernant les valeurs alimentaires utilisées pour l'herbe pâturée, l'ensilage d'herbe et l'ensilage de maïs montrent que cette hypothèse a une influence faible (moins de 5% de différence) quant au calcul de la production laitière théorique et au calcul de l'efficience de valorisation de la ration (Tableau 4).
L'efficience de valorisation de la ration calculée sur l'ensemble des données disponible présente une moyenne de 94,1% avec un écart-type de 16,1% et une médiane de 91,8%. Le minimum observé est de 47,8% et le maximum est de 157,3%.
L'analyse en composantes principales a été réalisée avec l'ensemble des variables explicatives reprises dans le tableau 1. La figure 1 représente le cercle des corrélations sur le plan défini par les deux premières composantes. 51,5% de la variabilité est expliquée par ces deux premières composantes. La première composante explique 31,7% de la variabilité.

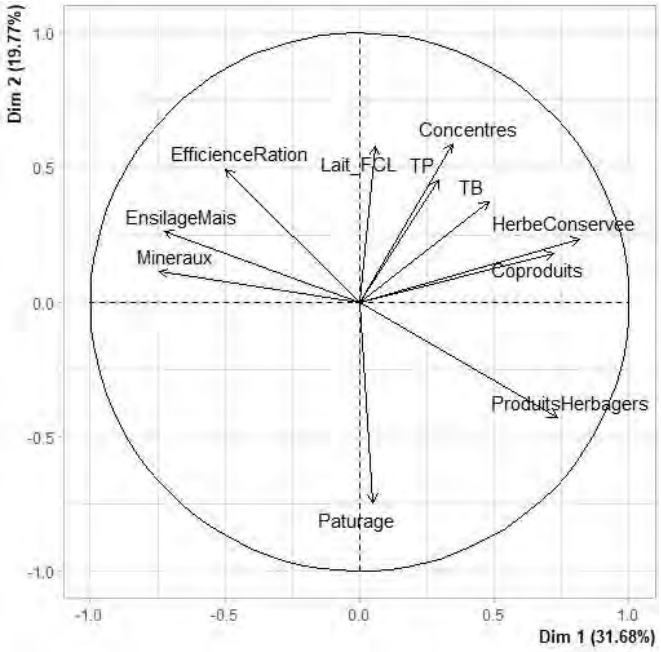


Figure 1 : Cercle des corrélations sur le plan défini par les deux premières composantes principales.

Elle permet de différencier les rations avec une part importante de coproduits et d'herbe conservée de celles ayant un pourcentage de maïs élevé et de minéraux. La deuxième composante explique 19,7% de la variabilité. Elle permet de discriminer les rations ayant une part importante de concentrés avec une bonne efficience de valorisation de la ration et une production laitière élevée de celles ayant une part importante de pâturage. Les deux premières composantes de cette analyse semblent montrer que l'efficience de valorisation de la ration est corrélée à une production laitière corrigée élevée et à une part importante d'ensilage de maïs dans la ration. Mais il semble que plus la part de produits herbagers dans la ration est importante et moins bonne sera l'efficience de valorisation de la ration.
Le clustering a été réalisé en prenant en compte les 5 premières composantes de l'ACP, soit 79,9% de la variabilité observée. Il conduit à la formation de 4 groupes dont les caractéristiques sont reprises dans le tableau 5. Les ANOVA réalisées pour chaque variable sont significatives ($p<0,0001$).
Le cluster 1 se caractérise par des rations qui permettent les plus hauts niveaux de productions laitière. Ce sont des rations avec peu d'herbe (6,6%), qu'elle soit pâturée ou conservée mais avec le plus d'ensilage de maïs (61,7%). Ces rations comportent la plus grande complémentation en minéraux. Elles ont en moyenne les valeurs les plus faibles de protéines digestibles dans l'intestin (69,6 g DVE/kg MS). Ce sont des rations de type maïs productif qui permettent aux vaches laitières de produire 120,0% de la production laitière attendue sur base de la ration distribuée. Ces rations ont un coût moyen de 4,83 €/vache/jour, ce qui correspond au coût le plus élevé ramené à la quantité de matière sèche distribuée. Le cluster 2 regroupe les rations riches en concentrés mais contenant moins d'ensilage de maïs (35,0%) que le cluster 1. Elles produisent un lait riche en matières utiles (41,5 g/kg TB et 34,3 g/kg TP).

	Production laitière théorique			Efficience de valorisation de la ration		
	Mauvaise qualité	Qualité moyenne	Bonne qualité	Mauvaise qualité	Qualité moyenne	Bonne qualité
Herbe pâturée	-4,9% *+/- 4,2%*	-2,6% *+/- 2,3%*	-0,4% *+/- 0,6%*	5,5% *+/- 5,0%*	2,8% *+/- 2,5%*	0,4% *+/- 0,6%*
Ensilage d'herbe	-4,9% *+/- 3,5%*	-3,0% *+/- 2,2%*	-1,2% *+/- 1,0%*	5,3% *+/- 3,9%*	3,2% *+/- 2,3%*	1,2% *+/- 1,0%*
Ensilage de maïs	-3,5% *+/- 1,7%*	-1,6% *+/- 0,9%*	-1,6% *+/- 1,0%*	3,6% *+/- 1,8%*	1,7% *+/- 1,0%*	1,6% *+/- 1,1%*

Tableau 4 : Résultats de l'analyse de sensibilité portant sur l'utilisation de valeurs alimentaires de table (herbe pâturée, ensilage d'herbe, ensilage de maïs) pour le calcul de la production laitière théorique et celui de l'efficience de valorisation de la ration (Différence moyenne (%) et écart-type entre les calculs réalisés sur base des valeurs alimentaires utilisées pour l'étude et celles de fourrages de mauvaise, moyenne et bonne qualité.

	Cluster 1 *Ensilage de maïs*	luster 2 *:oncentrés*	Cluster 3 *Pâturage*	:luster 4 *'ation mixte*
Nombre de rations	177	641	57	729
Lait *(kg/j)*	31,4 ^{c} +/- 2,9	28,4 ^{b} +/- 3,6	26,3 ^{a} +/- 2,9	28,3 ^{b} +/- 3,3
TB *(g/kg)*	39,4 ^{a} +/-1,8	41,5 ^{b} +/- 2,8	38,5 ^{a} +/- 2,2	39,2 ^{a} +/- 2,8
TP *(g/kg)*	33,9 ^{b} +/- 0,9	34,3 ^{c} +/- 2,0	32,9 ^{a} +/- 1,2	33,6 ^{b} +/- 1,4
Lait_FCL *(kg/j)*	31,3 ^{d} +/-2,8	29,1 ^{c} +/- 3,5	25,8 ^{a} +/- 2,9	28,0 ^{b} +/- 3,2
Paturage *(%)*	1,4 ^{a} +/- 2,9	5,0 ^{b} +/- 8,6	46,8 ^{c} +/- 14,7	5,5 ^{b} +/- 8,6
Herbeconservee *(%)*	5,2 ^{b} +/- 5,7	24,0 ^{c} +/- 8,5	1,6 ^{a} +/- 5,0	6,3 ^{b} +/- 6,9
ProduitsHerbagers *(%)*	6,6 ^{a} +/- 5,6	28,9 ^{c} +/- 8,3	48,4 ^{d} +/- 14,7	11,8 ^{b} +/- 9,3
EnsilageMais *(%)*	61,7 ^{c} +/- 9,8	35,0 ^{a} +/- 9,3	34,7 ^{a} +/- 14,9	51,3 ^{b} +/- 15,9
Fourrages *(%)*	76,0 ^{b} +/- 6,0	67,5 ^{a} +/- 7,4	87,5 ^{d} +/- 5,2	81,5 ^{c} +/- 4,5
Concentres *(%)*	21,1 ^{c} +/- 5,0	21,5 ^{c} +/- 4,6	10,2 ^{a} +/- 5,1	16,3 ^{b} +/- 4,2
Complements *(%)*	22,3 ^{c} +/- 6,0	32,2 ^{d} +/- 7,4	11,5 ^{a} +/- 5,2	17,3 ^{b} +/- 4,5
Coproduits *(%)*	1,2 ^{a} +/- 3,4	10,7 ^{b} +/- 5,1	1,3 ^{a} +/- 2,9	1,0 ^{a} +/- 3,0
Mineraux *(%)*	1,7 ^{d} +/- 0,7	0,3 ^{a} +/- 0,4	1,0 ^{b} +/- 0,9	1,2 ^{c} +/- 0,6
Mstot *(kg MS/j)*	22,0 ^{ab} +/- 1,9	22,4 ^{b} +/- 2,7	21,3 ^{a} +/- 1,8	23,5 ^{c} +/- 3,1
Energie *(VEM/kg MS)*	952 ^{b} +/- 22	977 ^{c} +/- 27	960 ^{b} +/- 20	935 ^{a} +/- 37
ProtDig *(g DVE/kg MS)*	69,6 ^{a} +/- 7,4	89,0 ^{d} +/- 7,9	83,7 ^{c} +/- 6,8	74,3 ^{b} +/- 8,2
MAT *(g/kg MS)*	150,0 ^{a} +/- 22,0	164,2 ^{b} +/- 11,7	151,4 ^{a} +/- 22,0	146,6 ^{a} +/- 19,0
EfficienceRation *(%)*	120,0 ^{c} +/- 10,3	86,6 ^{a} +/- 11,0	85,3 ^{a} +/- 9,3	95,0 ^{b} +/- 14,5
CoutRation *(€/vache/jour)*	4,83 ^{c} +/- 0,86	4,73 ^{c} +/- 1,19	3,11 ^{a} +/- 1,11	4,20 ^{b} +/- 0,85
CoutRationLait *(€/vache/jour/kg de lait corrigé)*	0,15 ^{b} +/- 0,02	0,16 ^{c} +/- 0,03	0,12 ^{a} +/- 0,05	0,15 ^{b} +/- 0,03
CoutRationMS *(€/vache/jour/kg MS)*	0,22 ^{d} +/- 0,04	0,21 ^{c} +/- 0,04	0,15 ^{a} +/- 0,05	0,18 ^{b} +/- 0,03

Tableau 5 : Moyenne et écart-type par cluster des différentes variables. Les moyennes d'une même ligne qui ne partagent pas de lettre commune sont significativement différentes (Test de Tukey-Kramer).

Les rations au sein de ce cluster se caractérisent aussi par des pourcentages élevés d'herbe conservée (24,0%). Les parts de coproduits et de concentrés sont les plus élevées (10,7% et 21,5% respectivement). Ce sont les rations qui ont les plus hautes densités énergétique et azotée. Ces rations de type production de lait par les concentrés permettent de produire 86,6% de la production laitière attendue sur base de la ration distribuée. Leur coût est parmi les plus élevés que ce soit pour la ration ou par litre de lait produit (4,73 €/vache/jour ; 0,16 €/kg lait corrigé produit). Le cluster 3 se caractérise par les plus faibles taux dans le lait (38,5 g/kg TB et 32,9 g/kg TP). Les rations de ce cluster comportent le plus d'herbe (48,4%) principalement sous forme pâturée (46,8%), le pourcentage d'herbe conservée étant le plus faible au sein de ce cluster. La part de concentrés au sein de ce cluster est la plus faible (10,2%). Ces rations de type pâturage permettent de produire 85,3% de la production laitière attendue sur base de la ration distribuée. Ce sont les rations qui ont les coûts les plus faibles que ce soit en considérant la ration dans sa globalité (3,11 €/vache/jour) par kg de lait produit (0,12 €/vache/jour/kg de lait corrigé) ou par kg de MS distribuée (0,15 €/vache/jour/kg MS). Enfin le cluster 4 se caractérise par des rations avec l'apport de matière sèche quotidien le plus élevé et la densité énergétique de la ration la plus faible. Ces rations de type mixte permettent aux vaches de produire 95,0% de la production laitière attendue sur base de la ration distribuée. Bien que plus élevés que pour les rations de type pâturage, ces rations de type mixte ont des coûts moyens relativement faibles comparativement aux deux autres clusters (4,20 €/vache/jour soit 0,15 €/vache/jour/kg lait corrigé et 0,18 €/vache/jour/kg MS)

3. DISCUSSION

La valeur moyenne de l'efficience de valorisation de la ration de 94,1% montre que globalement les rations distribuées aux vaches laitières sont bien ajustées au potentiel de production des troupeaux et que les pertes en termes de production laitière sont minimes. Toutefois, la plage de variation des valeurs montre que de fortes disparités existent entre rations. En effet, 20% des rations entraînent une efficience de valorisation de la ration inférieure à 80% (moins de 5% des rations entraînent une efficience de valorisation de la ration inférieure à 70%).Dans ces cas-là, le troupeau a produit moins de lait que ce qui était théoriquement possible sur base de la ration distribuée. Ces extrêmes peuvent en partie s'expliquer par l'utilisation de valeurs de tables pour évaluer les apports nutritifs permis par les aliments distribués. En effet, ces valeurs ne reflètent pas toujours la variabilité de valeurs nutritives qui peuvent être observées sur le terrain et qui traduisent entre autres le niveau de technicité de l'éleveur. L'analyse de sensibilité portant sur les valeurs alimentaires des fourrages montre que cette hypothèse n'explique que de l'ordre de 5% des variations observées. Cependant, il convient de noter que les refus de nourriture ne sont pas considérés du fait de la prise en compte de la ration distribuée et non de la ration ingérée par le troupeau. Or, dans certains cas, et même si ce n'est pas une pratique préconisée, les éleveurs peuvent volontairement apporter une ration excédentaire aux vaches laitières en production pour ensuite redistribuer les refus aux autres animaux présents sur la ferme (vaches taries, génisses, troupeau allaitant) ou simplement pour assurer un certain niveau de production. Dans ce cas-là, l'efficience de valorisation de la ration sera plus faible. L'état sanitaire du troupeau (recrudescence de mammites par exemple) peut

aussi expliquer les valeurs basses observées dans la cadre de cette étude. Enfin, la parité moyenne du troupeau n'a pas été prise en considération dans l'étude (donnée non disponible). Un nombre important de primipares ou de vaches en seconde lactation dans le troupeau peut toutefois expliquer une moins bonne efficience de la ration pour la production laitière en raison de la nécessité de couvrir les besoins de croissance de ces animaux.

Inversement, environ 15% des rations de la base de données mobilisée conduisent à une efficience de valorisation de la ration supérieure à 110%. Ces situations correspondent à des vaches qui ont produit plus de lait que ce qui était théoriquement attendu sur base de la ration distribuée. Cette meilleure valorisation de la ration pourrait s'expliquer par le stade moyen de lactation du troupeau, les vaches en début de lactation mobilisant leurs réserves corporelles à des fins de production. Les conseillers à l'origine de l'élaboration de la base de données nous ont confirmé que dans les élevages suivis les vêlages avaient lieu toute l'année. Le stade de lactation, bien que pouvant amener une certaine variabilité n'a pas été pris en compte dans cette étude.

Par contre, le management de l'alimentation peut fortement influencer l'efficience de valorisation de la ration. Un éleveur qui repousse régulièrement les refus, qui prend en compte l'appétence de ses aliments mais aussi qui gère au mieux les transitions alimentaires de ses animaux va favoriser une bonne efficience de valorisation de sa ration. La fréquence de traite des animaux, qui peut augmenter en présence d'un robot et ainsi stimuler la production laitière, ainsi que, les paramètres relatifs au logement et à l'ambiance dans les bâtiments d'élevage, bien que pouvant avoir de l'influence sur la valorisation de la ration n'ont pas été pris en compte dans cette étude. Enfin, pour le calcul de la production laitière théorique moyenne du troupeau, ce sont les besoins d'entretien moyen qui ont été pris en compte. Or ces derniers peuvent varier selon les déplacements effectués par l'animal : les besoin d'entretien au pâturage sont plus élevés que lorsque les animaux sont en bâtiment. De plus, en l'absence de données disponibles, le poids moyen des animaux, nécessaire au calcul des besoins alimentaires, a été fixé à 650 kg. Si la majorité des troupeaux de la zone géographique concernée sont de race Holstein, le gabarit moyen des animaux peut varier et ainsi influencer les besoins réels des animaux. Par ailleurs le système hollandais de nutrition ne tient compte que de l'additivité des apports de chaque composant de la ration, les interactions digestives ne sont pas prises en compte. Toutefois, nous avons privilégié ce système car il était et est encore en vigueur à l'heure actuelle, tout du moins en Flandre. Cependant, il pourrait être intéressant de confirmer ces résultats en utilisant le système de rationnement français qui prend maintenant en compte les interactions entre les aliments de la ration (INRA 2018).

Les résultats de l'ACP permettent de distinguer les rations avec un pourcentage élevé d'ensilage de maïs de celles ayant une part plus importante d'herbe conservée et de coproduits. On retrouve ici les observations réalisées par Rouillé et al. (2020) lors de l'analyse de cette base de données en ce qui concerne les différences entre les rations françaises et belges (plus d'herbe conservée dans les rations belges, plus d'ensilage de maïs dans les rations françaises). Le deuxième axe de l'ACP permet de différencier les rations avec une part importante de produits herbagers ou de pâturage de celles apportant des concentrés. Cela s'explique par le fait que les produits herbagers sont plus équilibrés d'un point de vue nutritionnel que l'ensilage de maïs et vont donc nécessiter moins de concentrés pour équilibrer les apports énergétiques et protéiques. Les résultats de cette étude (ACP et clustering) suggèrent que l'efficience de valorisation de la ration est dépendante de la part d'ensilage de maïs. Ce résultat est à relativiser aux conditions inhérentes d'analyse de cette étude, qui considère des valeurs nutritionnelles fixées pour les aliments et qui ne prend pas en compte le stade de lactation, la part de primipares ni les interactions digestives entre aliments.

Enfin, si on s'intéresse aux 4 groupes de rations issus du clustering, on retrouve les principaux types de rations que l'on rencontre en élevage laitier à savoir les rations à base d'ensilage de maïs, les rations riches en concentrés, les rations basées sur le pâturage et les rations de type mixte qui combinent les différentes catégories d'aliments (ensilage de maïs, herbe conservée, coproduits et concentrés).

Les rations à base d'ensilage de maïs présentent les meilleurs niveaux d'efficience de valorisation de la ration. Bien qu'ayant les coûts d'alimentation les plus élevés, compte-tenu de ce niveau d'efficience de la ration, leur coût ramené au kg de lait corrigé produit est parmi les plus faibles. Cela correspond à des élevages qui ont pour objectif de produire du lait en quantité mais aussi en qualité (taux élevés). Les rations riches en concentrés correspondent à des élevages qui cherchent à atteindre des niveaux élevés de production laitière grâce à l'apport de concentrés. De fait, les concentrations énergétiques et protéiques moyennes de ces rations sont les plus élevées. Mais le niveau d'efficience de valorisation de la ration est parmi les plus bas. De plus, d'un point de vue économique, ce sont les rations les plus chères, que ce soit globalement ou par kg de lait corrigé produit. Ces rations correspondent à des éleveurs qui favorisent le niveau de production laitière au détriment du coût de la ration. Il serait intéressant au sein de ces exploitations d'évaluer l'efficacité du concentré (via l'analyse du rendement marginal du concentré par exemple) afin d'ajuster son apport pour diminuer le coût de la ration. Les rations basées sur le pâturage présentent les coûts les plus faibles. Ce sont aussi les rations qui présentent les moins bons niveaux d'efficience de valorisation de la ration. Cela peut s'expliquer par la technicité de l'éleveur nécessaire pour bien gérer et valoriser son pâturage. En effet, la complémentation au pâturage doit se raisonner selon la quantité et la qualité de l'herbe disponible au pâturage. Mais cela peut aussi refléter les difficultés à estimer la disponibilité en herbe au pâturage. Ces rations permettent à l'éleveur d'accéder à des filières spécifiques de valorisation de son lait qui tiennent compte de la place du pâturage dans la ration. Généralement, ces filières conduisent à un meilleur paiement du lait. Compte-tenu du coût plus faible de ces rations, même si le niveau de production laitière est lui aussi plus faible, la marge permise pourrait être plus élevée. Enfin, le dernier groupe correspond à des rations de type mixte, c'est-à-dire qui contiennent les différentes grandes catégories d'aliments dans des proportions intermédiaires aux précédents types de ration. Elles présentent des niveaux d'efficience de valorisation intermédiaires proches de la moyenne de l'ensemble des observations. Ces rations ont des coûts économiques plus élevés que les rations à base de pâturage mais moins élevées que les deux autres types de rations. Les éleveurs qui mobilisent ce type de ration vont à priori adapter le choix des aliments à leur coût économique tout en tenant compte bien sûr de l'équilibre de la ration.

CONCLUSION

Cette étude montre que, sur le terrain, si en moyenne les rations sont bien adaptées aux niveaux de production moyen des troupeaux laitiers, des différences importantes existent selon le type de rations distribuées. Afin d'adapter au mieux la ration des animaux, il est important pour l'éleveur de rester cohérent par rapport à son système afin de limiter le coût alimentaire et l'impact environnemental lié à une moindre efficience de son troupeau.

Des études complémentaires sont nécessaires pour expliquer les différences d'efficience de valorisation que l'on observe selon le type de ration distribuée.

Cette recherche a été financée par les fonds issus de la déduction du précompte professionnel accordée aux

institutions de recherche (Loi Moerman) – projet EFFORT, CRA-W (https://www.cra.wallonie.be/fr/effort).

Fischer A. 2017. Etude de la variabilité interindividuelle de l'efficience alimentaire de la vache laitière. Thèse d'Agrocampus Ouest

Fox J. & Weisberg S. 2019. An {R} Companion to Applied Regression, Third Edition. Thousand Oaks CA: Sage. URL: https://socialsciences.mcmaster.ca/jfox/Books/Companion/

Hothorn T., Bretz F. & Westfall P. 2008. Biometrical Journal 50(3), 346-363.

INRA. 2018. Alimentation des ruminants. Edition Quae, Versailles, France. 728p.

Le S., Josse J., Husson F. 2008. Journal of Statistical Software, 25(1), 1-18. 10.18637/jss.v025.i01

RMT Prairies Demain. 2016. Fiche méthode sur le coût d'un fourrage. https://afpf-asso.fr/fiches-techniques.

Rouillé B., Verriele B., Decaesteker E., Vandaele L., Boulet L., Fourdin S., Deleu L., Mahieu J. 2020. Renc. Rech. Ruminants 25, 368.

Tamminga, S., Van Straalen, W.M., Subnel, A.P.J., Meijer, R.G.M., Steg, A., Wever, C.J.G., Blok, M.C. 1994. Livestock Production Science, 40, 139-155.

Van Es, A.J.H., Van der Honing, Y. 1977. Het nieuwe energetische voederwaarderingsysteem voor herkauwers: wijze va afleiding ein uiteindelijk voorstel. Report IVVO 92, 48p.

Le niveau de biodiversité végétale des prairies modifie les processus digestifs, le microbiote ruminal et des fèces des vaches laitières et la composition du lait

MUSATI M. (1, 2), COPPA M. (3), DELBES C. (4), VERDIER-METZ I. (4), POPOVA M. (1), NIDERKORN V. (1), BOUCHON M. (5), FARIZON Y. (6), ENJALBERT F. (6), RENNA M. (7), LUSSIANA C. (8), NATALELLO A. (2), MARTIN B. (1), FERLAY A. (1)

(1) Université Clermont Auvergne, INRAE, VetAgro Sup, UMR 1213 Herbivores, F-63122 Saint-Genès-Champanelle, France
(2) Department Di3A, University of Catania, 95123 Catania, Italy
(3) Chercheur Independent, Université Clermont Auvergne, INRAE, VetAgro Sup, UMR 1213 Herbivores, F-63122 Saint-Genès-Champanelle, France
(4) Université Clermont Auvergne, INRAE, VetAgro Sup, UMR 0545 Fromage, F-15000, Aurillac, France
(5) INRAE, UE1414 Herbipôle, 63122 Saint-Genès-Champanelle, France
(6) GenPhySE, Université de Toulouse, INRAE, ENVT, INPT, Toulouse, France
(ENSAT), École Nationale Vétérinaire de Toulouse (ENVT), UMR1289 Tandem, F-31076 Toulouse, France
(7) Department of Veterinary Sciences, University of Turin, 10095 Grugliasco (TO), Italy
(8) Department of Agricultural, Forest and Food Sciences, University of Turin, 10095 Grugliasco (TO), Italy

RESUME

Pour étudier les interactions entre la biodiversité végétale des prairies, les ruminants, leur microbiote et leurs produits, des expérimentations in vivo et in vitro ont été menées au printemps 2018. Après une période d'adaptation de 5 semaines sur une parcelle commune, 2 lots de 7 vaches laitières ont été conduits pendant 4 semaines sur 2 parcelles présentant des niveaux de biodiversité végétale contrastés : LD (diversité flaible,19 espèces, beaucoup des graminées) et HD (diversité élevée 56 espèces, beaucoup des dicotylédones). Des prélèvements d'herbe sélectionnés par les vaches (bouchées simulées), de liquide ruminal, de fèces et de lait ont été réalisés en fin de période d'adaptation, et en fin de période expérimentale. La production laitière et les taux protéique et butyreux était similaires entre les lots. L'herbe du lot HD était plus fibreuse et avait une teneur en tanins totaux plus élevée. La teneur en acides gras (AG) totaux de l'herbe, et en C18:3 n3, était plus élevée pour LD. La production totale de gaz lors de la fermentation ruminale in vitro de l'herbe HD était plus faible par rapport à LD, ceci étant probablement dû à l'inhibition de l'activité bactérienne par les tanins, qui ont également protégé la digestion de la matière sèche (MS) du lot HD par rapport au lot LD. Le liquide ruminal des vaches HD a présenté une concentration plus faible en AG totaux mais une proportion plus élevée en acides gras polyinsaturés (AGPI). Cela suggère une biohydrogénation moins complète des AGPI alimentaires induite par les tanins. La β-diversité, qui considère l'équipartition des espèces, a montré des différences entre des communautés bactériennes et fongiques du liquide ruminal et des fèces des vaches entre les 2 lots. Le profil en AG du lait des vaches LD se distingue par une concentration plus importante en C18:2 *c*9*t*11. Par contre, la quantité de C18:3 n-3 n'est pas significativement différente entre les lots, malgré les différences marquées sur l'herbe. Le contenu en AG totaux et en n-3 plus faible de l'herbe du lot HD, pourrait avoir été compensé par l'effet protecteur des tanins dans le rumen.

The level of plant biodiversity in pasture modifies dairy cow digestive processes, rumen and faeces microbiota and milk composition

MUSATI M. (1, 2), COPPA M. (3), DELBES C. (4), VERDIER-METZ I. (4), NIDERKORN V. (1), BOUCHON M. (5), FARIZON Y. (6), ENJALBERT F. (6), RENNA M. (7), LUSSIANA C. (8), NATALELLO A. (2), MARTIN B. (1), FERLAY A. (1)

SUMMARY

To study the interactions between the plant biodiversity of pastures, ruminants, their microbiota and their products, an in vivo and in vitro experiment was carried out in the spring 2018. After a 5-week adaptation period on a common plot, 2 groups of 7 dairy cows were led for 4 weeks on 2 plots with contrasting levels of plant biodiversity: LD (19 species, mainly grasses) and HD (56 species, mostly dicots). Samples of grass selected by the cows (simulated bites), rumen fluid, faeces, and milk were taken at the end of the experimental periods, respectively. Milk production and protein and fat concentration were similar between treatments. The grass from group HD was more fibrous and had a higher total tannin content. Grass total fatty acids (FA) and C18:3 n-3 contents were higher for LD. Total gas production during in vitro ruminal fermentation of HD grass was lower compared to LD, this being probably due to the inhibition of bacterial proliferation by tannins, which also protected the digestion of the dry matter of the HD group compared to LD. Ruminal fluid of HD cows differed from that of LD cows by a lower concentration of total FA but a higher proportion of polyunsaturated fatty acids (PUFA). This suggests a less complete biohydrogenation of dietary PUFA induced by tannins. The β-diversity, which considers the equipartition of species, showed differences between the bacterial and fungal communities of the ruminal liquid and the faeces of the cows between the 2 treatments. The FA profile of milk from LD cows is distinguished by a higher concentration of C18:2 *c*9*t*11. Moreover, the quantity of C18:3 n-3 is not significantly different between the treatments, despite the marked differences on grass. The lower total FA and n-3 content of the grass from the HD group could have been compensated by the protective role of tannins in the rumen.

INTRODUCTION

Les systèmes d'élevage herbagers apparaissent de plus en plus comme les options d'avenir les plus prometteuses pour l'élevage des ruminants. Ils permettent de concilier production, revenus agricoles, large éventail de services écosystémiques et produits de bonne qualité nutritionnelle. Bien que de nombreux travaux scientifiques aient déjà démontré les bénéfices des systèmes herbagers, des zones d'ombre subsistent pour comprendre tous les mécanismes en place depuis le pâturage jusqu'au produit.

Les recherches se sont concentrées sur l'étude des effets du stade phénologique de l'herbe ou des différentes techniques de pâturage sur la biohydrogénation ruminale des acides gras ingérés, sur la composition en acides gras du lait et sur le profil organoleptique des produits laitiers. Généralement, les vaches nourries au pâturage ou à l'herbe fraîche produisent un lait plus riche en acides gras n-3 et en isomères de l'acide linoléique conjugué - CLA (Chilliard et al., 2007). Par ailleurs, il a été montré que l'avancement du stade phénologique de l'herbe provoque une diminution des acides gras C18:1 *t*11, CLA et n-3 (Coppa et al., 2015), alors que le lait issu d'une technique de pâturage en rotation permet de maintenir sa qualité dans le temps par rapport à un système de pâturage continu (Coppa et al., 2011). De plus, il a été démontré que les tanins présents dans diverses espèces botaniques des prairies modulent la biohydrogénation ruminale, favorisant la conservation des acides gras insaturés (Frutos et al., 2020). Cependant, certains effets potentiels des métabolites secondaires des plantes, notamment les polyphénols, les tanins et les terpènes, sur le microbiote des ruminants et les interactions entre les espèces botaniques des prairies, les ruminants et leur microbiote restent peu explorés.

L'objectif de cette expérimentation est d'étudier les effets de la biodiversité botanique d'un pâturage sur la digestion, la qualité du lait et les interactions avec la communauté microbienne ruminale et fécale.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1 DISPOSITIF EXPERIMENTAL

L'expérimentation a été conduite sur le site expérimental de Marcenat (Herbipole, INRAE, Cantal, France). Au cours d'une période pré-expérimentale de 5 semaines, 14 vaches de race Holstein et Montbéliarde ont été conduites sur une parcelle commune en pâturage continu à faible niveau de biodiversité. Par la suite, les vaches ont été réparties en 2 groupes de 7 animaux conduits en pâturage continu pendant 4 semaines sur deux parcelles avec des niveaux de biodiversité botanique contrastés : LD (low diversity, 19 espèces botaniques, principalement graminées et légumineuses) et HD (high diversity, 56 espèces botaniques, principalement des dicotylédones non légumineuses).

1.2 PRELEVEMENTS ET ANALYSES

Des échantillons d'herbe, de liquide ruminal, de matières fécales et de lait ont été prélevés au cours de la dernière semaine des périodes pré-expérimentale et expérimentale. La composition botanique a été déterminée en utilisant la méthode phyto-pastorale, tandis que les échantillons d'herbe étaient des bouchées simulées pour rendre compte de la sélection des animaux au pâturage. Les bouchées simulées ont été analysées pour déterminer leurs compositions acides gras, en polyphénols et en tanins, comme détaillé dans Iussig et al. (2015). Par la suite, les échantillons d'herbe de chaque période ont été utilisés comme substrat pour des essais de fermentation ruminale in vitro. La production et la composition des gaz de fermentation (CO_2 et CH_4), la dégradabilité de la matière sèche et le profil en acides gras volatils (AGV) ont été mesurés. Le liquide ruminal prélevé avec une sonde gastro-œsophagienne a été divisé en 2 échantillons : le premier a été filtré et analysé en chromatographie en phase gazeuse (CPG) pour le profil des acides gras, tandis que le second a été centrifugé en vue de caractériser les communautés bactérienne et fongique par séquençage des amplicons (metabarcoding). De même, communautés bactérienne et fongique ont été analysées dans le fèces recueillies le lendemain. La production de lait a été enregistrée quotidiennement, tandis que la composition du lait a été analysée 2 fois par semaine par des analyses moyen infrarouge. Les échantillons de lait de la fin de chaque période ont été analysés par CPG pour déterminer le profil en acides gras.

Toutes les données ont été analysées avec un modèle linéaire mixte, avec le type de pâturage comme effet fixe, tandis que la β-diversité a été estimée avec la méthode de distance Unifrac et un Permanova (Figures 1, 2, 3).

2. RESULTATS

2.1 BOUCHEES SIMULEES

En comparaison du lot LD, l'herbe du lot HD était plus fibreuse (NDF : 509 vs. 489 g/kg MS ; ADF : et 260 vs. 238 g/kg MS) et avait une teneur en polyphénols et tanins totaux plus élevée (polyphénols : 24,63 vs. 10.69 g/kg MS ; tanins : 22,96 vs. 5,95 g/kg MS). La teneur en AG totaux de l'herbe était plus élevée dans le groupe LD (52,2 vs. 33,5 g/kg MS) et la teneur en AGPI était également plus élevée (26,2 vs. 14,4 g/kg MS) ; l'herbe du lot LD était beaucoup plus riche en C18:3 n-3 (37,4 vs. 27,3 g/100 g AG ; Tableau 1).

	LD	HD	SEM	*p*
AGS	32,72	41,22	0,66	***
AGMI	4,32	6,10	0,14	***
AGPI	51,96	42,82	3,56	ns
C18:3 n3	37,38	27,31	3,50	*
C18:2 n6	12,72	11,37	0,61	***
C16:0	18,14	23,48	0,35	***

Tableau 1. Acides gras (AG) des bouchées simulées (g/100g AG totaux). LD : pâturage peu diversifié ; HD : pâturage très diversifié ; AGS : AG saturés ; AGMI : AG monoinsaturés ; AGPI AG : polyinsaturés. *p :* Probabilité : * p<0,5 ; *** p>0,001 ; ns non significatif.

Lors de la fermentation in vitro, l'activité fermentaire a été réduite avec le traitement HD, au contraire, durant la période pré-expérimentale aucune différence significative n'a été mise en évidence. En effet, la production totale de gaz et la quantité totale d'AGV étaient plus faibles (-0,5 mmol/g MS et -0,76 mmol/g MS, respectivement). La proportion d'AGV a changé, en particulier la proportion d'acétate a augmenté dans le lot HD (66,4 vs. 64,4 %) tandis que la proportion de propionate a diminué dans le lot HD (20,8 vs. 21,3 %). Par conséquent, la digestion de la MS a également été plus faible de 5,9 %. Par ailleurs, le gaz de fermentation du lot HD avait un rapport CO_2 /CH_4 plus élevé (4,89 vs. 4,48), indiquant une production relative de CH_4 plus faible.

2.2 LIQUIDE RUMINAL ET FECES

Le liquide ruminal des vaches HD s'est distingué de celui des vaches LD par une concentration plus faible en AG totaux (34,15 vs. 25,42 g/kg MS) mais une proportion plus élevée en AGPI (Tableau 2). En particulier, les proportions en AG n-3, n-6 et C18:1 *c*9 ont été plus élevées dans le liquide ruminal des vaches HD, au contraire du C18:0 qui a été significativement plus faible. D'un point de vue microbien, si le niveau de diversité végétale des prairies n'a eu aucun effet sur l'α-diversité (nombre d'espèces et équitabilité) ni des fèces ni des rumens. L'α-diversité, exprimée en indice de Shannon, des bactéries était égale à 4,91 ± 0,11 dans le liquide ruminal et 4,21 ± 0,06 dans les fèces, tandis que les fungi s'élevaient à 3,45 ± 0,12 dans le rumen et à 3,19 ± 0,28 dans les fèces. Il a influencé leur composition (Figure 1) et l'abondance relative

des différentes espèces microbiennes (β-diversité, Figures 2 et 3).
Au contraire, le microbiote du liquide ruminal et des fèces collectées au cours de la période pré-expérimentale n'a pas montré de différences significatives entre les traitements.

	LD	HD	SEM	*p*
AGS	60,92	56,98	0,66	***
AGMI	15,23	13,00	0,47	***
AGPI	5,41	7,51	0,40	***
C18:3 n-3	1,74	2,35	0,11	***
C18:0	39,95	31,30	1,04	***
C18:1 *c*9	0,05	2,25	0,29	**
C18:2 n-6	1,79	3,37	0,30	***
C18:1 *t*11	10,82	8,24	0,57	***

Tableau 2. Acides gras (AG) du liquide ruminal (g/100g AG totaux). LD : pâturage peu diversifié ; HD : pâturage très diversifié ; AGS : AG saturés ; AGMI : AG monoinsaturés ; AGPI : AG polyinsaturés. *p :* Probabilité : * p<0,5 ; *** p>0,001.

2.3 PRODUCTION ET COMPOSITION DU LAIT

Enfin, les vaches des groupes LD et HD ont eu une production et des taux butyreux et protéique similaires (production quotidienne du lait : 14,0 vs. 12,9 L ; taux butyreux : 39,8 vs. 41,4 g/kg du lait ; taux protéique : 33,2 vs. 32,2 g/kg lait, LD et HD respectivement). Le profil en AG du lait des vaches LD s'est distingué par une concentration en AGPI plus élevée que celle du lait HD (+1,63 g/100g AG), et surtout par une concentration plus importante en CLA totaux (+1,16 g/100g AG) et en C18:1 *t*11 (+1,53 g/100g AG ; Tableau 3). Cependant, les proportions d'oméga 3 totaux et d'AG impairs et ramifiés dans le lait n'ont pas été significativement différentes entre les lots.

	LD	HD	SEM	*p*
AGS	58,56	62,18	1,14	*
AGMI	33,21	31,46	0,87	*ns*
AGPI	7,30	5,67	0,34	***
C18:3 n3	0,97	0,92	0,05	*ns*
C18:1 t11	5,52	4,00	0,44	*
CLA	3,06	1,89	0,23	***
AGIR	5,40	5,47	0,11	*ns*

Tableau 3. Acides gras (AG) du lait (g/100g AG totaux). LD : pâturage peu diversifié ; HD : pâturage très diversifié ; AGS : AG saturés ; AGMI : AG monoinsaturés ; AGPI : AG polyinsaturés ; *t :* trans ; CLA : acide linoléique conjugué ; AGIR : AG impairs et ramifiés. *p :* Probabilité : * p<0,5 ; *** p>0,001 ; ns non significatif.

3. DISCUSSION

L'activité fermentaire *in vitro* plus faible des bouchées simulées du lot HD est probablement liée aux tanins présents en quantités plus importantes dans les bouchées HD. Les tanins HD ont vraisemblablement inhibé l'activité des bactéries, ce qui pourrait expliquer que la production totale de gaz et d'AGV ait été plus faibles dans ce lot. De plus, les tanins et les polyphénols ont pu avoir également un effet anti-méthanogène. Comme déjà montré par d'autres études, les tanins ont eu un effet inhibiteur sur la archaea méthanogènes, ce qui pourrait expliquer la réduction du CH_4 dans le lot HD (relativement au CO_2 ; Aboagye et Beauchemin, 2019).
Bien que l'herbe des bouchées simulées du lot LD ait été beaucoup plus riche en AG n-3, le liquide ruminal des vaches HD a eu une proportion d'AGPI supérieure. Cela suggère une biohydrogénation des AG ingérés moins complète dans le rumen des vaches HD (Frutos et al., 2020). Cette hypothèse est également étayée par la proportion plus faible en C18:0 dans le rumen des vaches HD puisque le C18:0 est le produit final de la biohydrogénation.
Les indices de diversités microbiennes ont révélé que le type de pâture n'influe pas sur la richesse mais sur la composition et l'abondance relative aussi bien des bactéries que des fongiques présents tant dans les fèces que dans le liquide ruminal. En effet, les populations fongiques dominantes des fèces diffèrent selon le type de prairie et certaines espèces bactériennes sous-dominantes telles que *Fibrobacter succinogenes* et *Prevotella ruminicola*, se sont révélées significativement plus abondantes dans les rumens HD. Cela pourrait être lié à la plus forte fibrosité de l'herbe HD qui aurait pu favoriser la prolifération de ces bactéries. La fibrosité de la ration étant le principal facteur de variation de l'écosystème microbien du rumen, les modifications observées peuvent ainsi être liées à la nature de la matière organique ingérée par l'animal. Ces effets pourraient aussi résulter de l'exposition du microbiote ruminal à un ensemble de micro-organismes et de composés secondaires des plantes, potentiellement plus complexes dans les pâtures HD.
La plus forte fibrosité de la ration n'a cependant influencé ni la quantité de lait produit, ni sa teneur en protéines et matières grasses. Quant aux AG, le lait des vaches LD était plus riche en AGPI (7,30 vs. 5,67 g/100g AG). Ceux-ci étaient principalement composés de C18:2 *c*9*t*11, qui est un produit intermédiaire de la biohydrogénation des AGPI de l'herbe (Chilliard et al., 2007).
Fait intéressant, la teneur en n-3 ne diffère pas entre les deux lots, probablement en raison de l'action des polyphénols, tanins et autres métabolites secondaires qui ont protégé les AG oméga 3 présents dans l'herbe HD ingérée de la biohydrogénation ruminale. L'absence de différences entre les AG impairs et ramifiés dans le lait pourrait indiquer une activité microbienne similaire dans le rumen entre les deux lots.

CONCLUSION

Les vaches pâturant une parcelle très biodiversifiée et riche en tanins ont montré un profil en AG du lait différent de celui issu de vaches pâturant une parcelle moins diversifiée. Bien que la digestibilité de l'herbe soit réduite en présence d'une prairie diversifiée, le profil en AG du rumen suggère une modulation de la biohydrogénation par les tanins ou les autres métabolites secondaires des plantes, qui ont permis de protéger les AG oméga 3 de l'herbe de la biohydrogénation. Ainsi, les vaches ingérant une herbe diversifiée pauvre en n-3 mais riche en tanins ont produit un lait avec une concentration en n-3 similaire à celle d'un lait issu d'une herbe faiblement diversifiée riche en n-3 mais pauvre en tanins. Le type de pâture ne semble pas influencer la richesse microbienne dans le rumen et les fèces mais il joue un rôle sur la composition et l'abondance relative des microorganismes du rumen et des fèces.
Ce travail permet ainsi de confirmer et d'expliquer partiellement le fait que le pâturage de prairies permanentes diversifiées favorise le transfert des AGPI de l'herbe dans le lait et limite les émissions de méthane entérique.

Les auteurs remercient l'ensemble du personnel du site de Marcenat de l'UE Herbipole ainsi que les techniciens ayant contribué aux analyses dans les différents laboratoires impliqués. Ce projet a bénéficié d'un soutien financier obtenu dans le cadre des Crédits Incitatifs des départements Phase et Mica de l'INRAE.

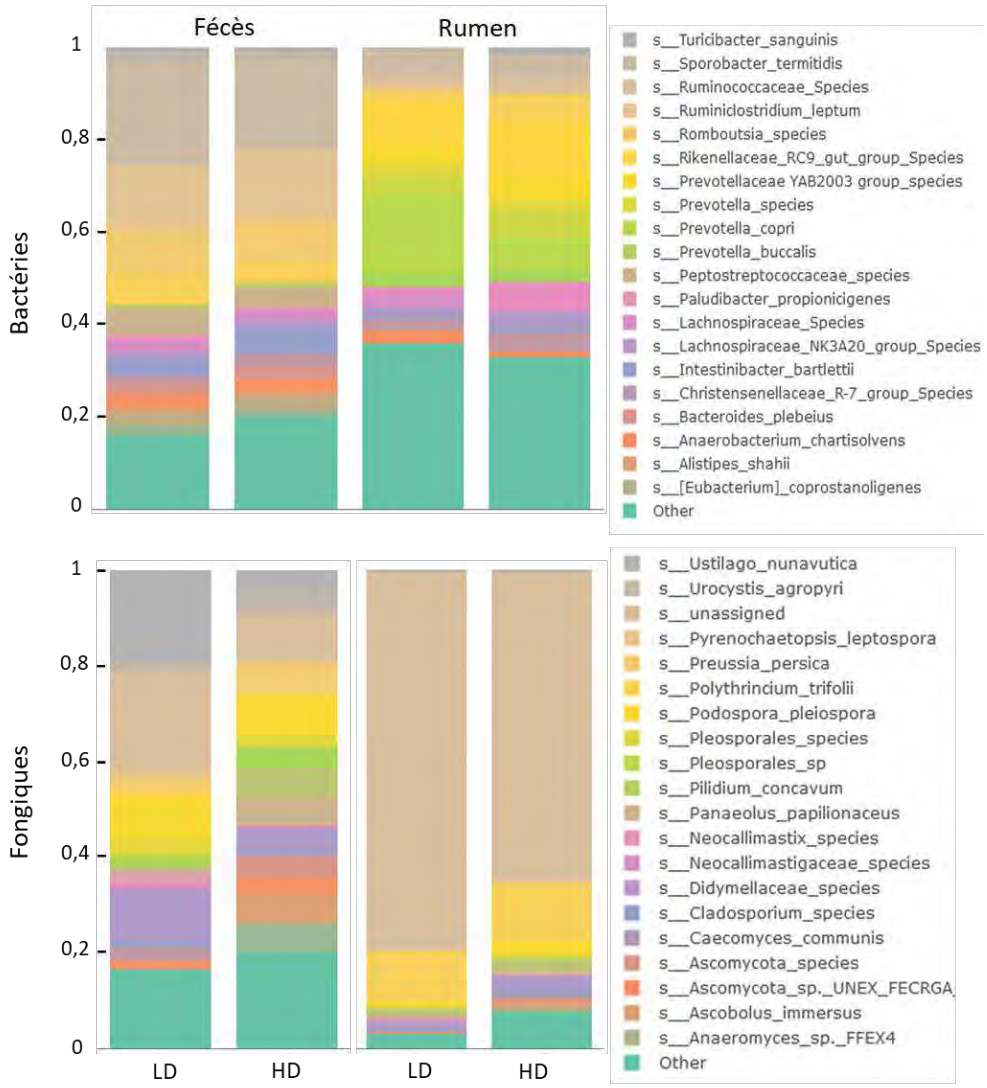


Figure 1 : Abondance relative des espèces bactériennes et fongiques dans les fèces et les liquides ruminaux LD et HD (moyenne des 7 vaches par lot)

1

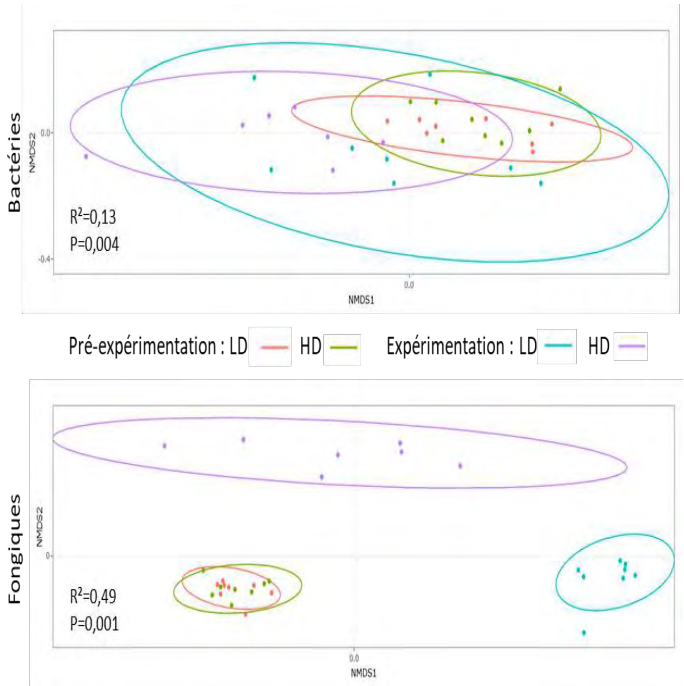


Figure 2 : Distribution des échantillons de fèces LD et HD selon leur profil microbien

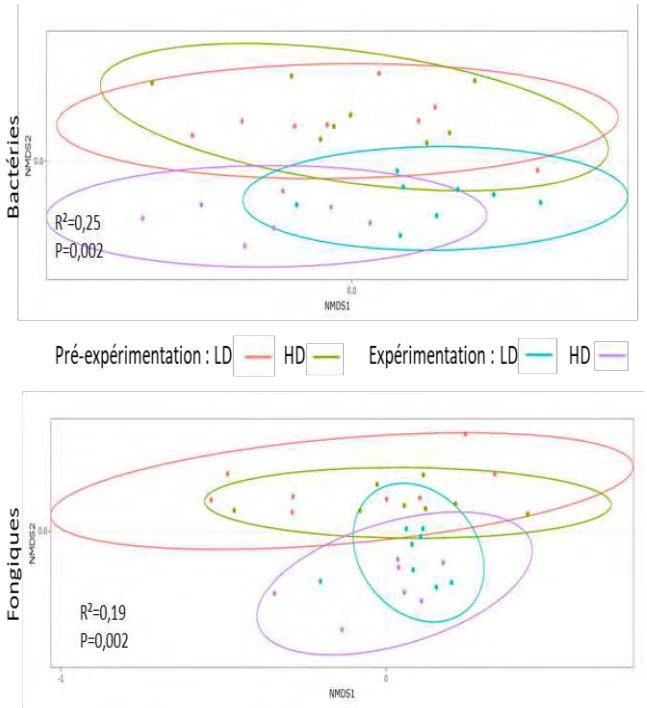


Figure 3 : Distribution des échantillons de rumen LD et HD selon leur profil microbien

Aboagye I.A., Beauchemin K.A., 2019. Animals, 9(11), 856
Chilliard Y., Glasser F., Ferlay A., Bernard L., Rouel J., Doreau M., 2007. Eur. J. Lipid Sci. Technol., 109, 828-855
Coppa M., Ferlay A., Monsallier F., Verdier-Metz I., Pradel P., Didienne R., Farruggia A., Montel M.C., Martin B., 2011.J. Dairy Sci., 94(3), 1132-1145
Coppa M., Ferlay A., Borreani G., Revello-Chion A., Tabacco A., Tornambé G., Pradel P., Martin B., 2015. Anim. Feed Sci. Technol., 208, 66-78
Frutos P., Hervás G., Natalello A., Luciano G., Fondevila M.,
Priolo A., Toral P.G., 2020. Anim. Feed Sci. Technol., 269, 114623**Iussig G., Renna M., Gorlier A., Lonati M., Lussiana C., Battaglini L.M., Lombardi G., 2015.** Small Rumin. Res., 132, 12-24

Application pratique du rationnement des brebis laitières en début de traite avec le nouveau système d'alimentation INRA 2018 en comparaison de l'ancien système INRA 2007

HASSOUN P. (1), PORTES D. (2), COULON V. (2), TOMAS R. (2), ARLES S. (2), MENRAS, J.M. (2), ALLAIN C. (2), AMPOSTA N. (2), PARISOT S. (2).
(1) INRAE, UMR SELMET, INRAE, Montpellier SupAgro, CIRAD, Univ. Montpellier, 34060 Montpellier
(2) INRAE, UEF Unité Expérimentale de La Fage, 12250 Roquefort-sur-Soulzon, France

RESUME - Depuis 2018, l'INRAE a développé son nouveau système d'alimentation des ruminants profondément rénové avec comme outil de rationnement INRAtion®V5 et son interface RUMIN'AL®. Cet outil récemment mis au point pour les brebis laitières n'a pas encore été évalué en conditions réelles. L'objectif était donc de le tester et de comparer les résultats avec ceux obtenus avec l'ancien système de rationnement sur des brebis en début de traite. L'expérimentation s'est déroulée en hiver à l'Unité Expérimentale INRAE de La Fage située sur le Causse du Larzac, en Aveyron. Deux lots (T07 et E18) de 96 brebis Lacaune adultes, ont été équilibrés sur leurs performances laitières, la répartition de celles-ci et leur poids. A partir des mêmes aliments (foins, ensilage d'herbe, orge et concentré azoté du commerce), la ration du lot T07 a été établie pour une brebis moyenne de 77 kg et produisant 3,3l/j, avec un niveau de couverture de 115 % pour les UFL et de 125 % pour les PDI. Pour le lot E18, le principe reposait sur la même brebis moyenne mais en intégrant la mobilisation des réserves corporelles pour les besoins UFL et en fixant une brebis cible à 4,3l/j pour les PDI (production équivalente à celle couverte par les 125 % de T07). Les quantités ingérées (QI) brutes de chaque ration ont été mesurées quotidiennement avec un taux de refus minimum de 12 %, pendant 9 semaines et les QI de matière sèche (QIMS) 4 jours par semaine. La production de lait (PL) et sa composition (taux butyreux, TB, protéique, TP, d'urée, et le comptage des cellules somatiques, CCS) ont été mesurées chaque semaine et le poids et l'état corporel des brebis toutes les 2 semaines. Après 5 semaines de mesures, les rations ont été réajustées en fonction de la PL observée et maintenues jusqu'à la fin. Sur l'ensemble de l'essai, la PL moyenne n'a pas été différente (P>0,05) entre T07 et E18 (2,7 ± 0,7 l/j/b et 2,7 ± 0,6 l/j/b), de même que les TB (65 ± 9 et 65 ± 8 g/l) et TP (54 ± 5 et 55 ± 5 g/l). Seul le taux d'urée de T07 a été inférieur à celui de E18 (p<0,0001) avec respectivement 481 ± 68 et 580 ± 74 mg/l. Les poids (78 ± 8.2 et 79 ± 7.9 kg) et l'état corporel (2,9 ± 0,22 et 2,8 ± 0,24) en fin d'essai n'ont pas été différents (P>0,05). Les QIMS totales des 2 lots T07 et E18 (3,4 ± 0,14 et 3,5 ± 0,15 kg MS/j/b) n'étaient pas différentes (P<0,05). En revanche, le lot E18 a consommé plus de fourrages (+0,300 kg MS/j/b) et moins d'aliments concentrés (-0,200 kg MS/j/b). En conclusion, le nouveau système et ses outils de rationnement semblent bien permettre le rationnement des brebis laitières en conditions réelles. Il permettrait également une économie d'aliments concentrés au profit des fourrages et donc une meilleure autonomie alimentaire. Il reste à la tester dans d'autres situations alimentaires.

Practical rationing of dairy sheep in early milking period based on the new Inra 2018 feeding system compared to the previous Inra 2007.

HASSOUN P. (1), PORTES D. (2), COULON V. (2), TOMAS R. (2), ARLES S. (2), ALLAIN C. (2), AMPOSTA N. (2), PARISOT S. (2).

SUMMARY - In 2018, INRAE developed a new feeding system for ruminants associated with the rationing software INRAtion®V5 and its interface RUMIN'AL®. This tool recently adapted for dairy sheep production has not been tested yet in real conditions. The objective was to test and compare the results obtained with this new system with the previous 2007 feeding system. The experiment took place at the La Fage experimental farm (INRAE-GenPhyse) located at the Causse du Larzac. Two groups (T07 and E18) of 96 adult Lacaune ewes in early lactation were balanced on their milk yield (MY), milk yield distribution and body weight (BW). Based on the same feed (hay, forage silage, barley grain and protein commercial concentrate), the diet of T07 was established for an average dairy ewe of 77kg BW and 3.3 l/d MY increased by 115 % for net energy (UFL) and 125 % digestible protein (PDI) requirements. Diet for group E18, was based on the same average ewe but taking into account the body reserve mobilisation (energy) and a target ewe producing 4.4 l/d for PDI requirement (which was equivalent to the MY allowed with 125 % for PDI in T07). For nine weeks, daily intake has been measured every day including a minimum of 12 % refusal and dry matter intake (DMI) four days/week. BW and body condition score (BCS) have been measured fortnightly. Milk yield and milk composition (fat, TB, protein TP and urea content) have been measured weekly. After five week experiment diets were adjusted to MY and maintained up to the end. All over the 9 week experiment, average MY was not different (P>0.05) between T07 and E18 (2.7 ± 0.7 l/d/e and 2.7 ± 0.6 l/d/e), as well as TB (65 ± 9 and 65 ± 8 g/l) and TP (54 ± 5 and 55 ± 5 g/l). Only milk urea content was lower (p<0.0001) for T07 (481 ± 68 mg/l) than for E18 (580 ± 74 mg/l). At the end of the experiment, BW (78 ± 8.2 and 79 ± 7.9 kg) and BCS (2.9 ± 0.22 et 2.8 ± 0.24) were not different (P>0.05). Average total DMI of T07 (3.4 ± 0.14 kg/d/ewe) and E18 (3.4 ± 0.15 kg/d/ewe) were not different (P<0.05). Conversely, E18 ate more forages (+ 0.300 kg DM/d/ewe) and less concentrate (-0.200 kg DM/d/ewe). In conclusion, the new feeding system and the associated software allow rationing correctly Lacaune dairy ewes in real conditions. It would allow saving concentrate and having a better-feed self-sufficiency. Now, it must be tested in other farm situations.

INTRODUCTION

En 2018, l'Inra a complètement rénové le système d'alimentation des ruminants (INRA, 2018) en le rendant plus précis et permettant de mieux définir les besoins et les réponses des animaux. Comme dans le système précédent, un logiciel de rationnement (INRAtion ® V5) et son interface (RUMIN'AL ®) sont mis en place pour permettre d'établir des rations adaptées. Le nouveau système étant devenu plus complexe du fait de nombreuses interactions digestives, un simple tableur ne permet quasiment pas d'établir des rations. Ce nouveau logiciel de rationnement déjà opérationnel pour les bovins, vient d'aboutir pour les brebis laitières mais n'a pas fait l'objet d'une évaluation sur le terrain. C'est donc dans ce sens que la présente expérimentation a été construite dans des conditions réelles d'exploitation.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. LOCALISATION, ALIMENTATION, CONDUITE

L'expérimentation a été conduite à l'UE de La Fage sur le causse du Larzac à 800 m d'altitude, du 17 janvier au 17 mars 2022. Deux lots de 96 brebis Lacaune adultes ayant mis bas sur IA ont été constitués sur la base de leur production laitière (PL), de la distribution de celle-ci, de la composition du lait (taux butyreux, TB, protéique, TP) de leur poids (PV) et état corporel (NEC). Le stade moyen de lactation était de 49 jours au début de l'essai, soit 2 semaines après le sevrage des agneaux. Les rations des deux lots comportaient les mêmes aliments : foins de luzerne et mélange dactyle luzerne, ensilage de graminées, de l'orge en grain et un concentré azoté du commerce (FEDAPRO super amine ®, Unicor). La ration du lot T07 a été constituée sur la base d'un mélange fourrages-concentrés comme cela est fait chaque année avec les fourrages récoltés du domaine, l'orge du domaine et un concentré azoté du commerce. La composition du mélange a été constituée sur la base de la qualité des fourrages (foins et ensilage), des stocks disponibles et des caractéristiques de la brebis moyenne du lot (PV 77kg, PL 3,3 l/j, TB 58 g/l, TP 48 g/l) dont les besoins énergétiques et azotés devaient être couverts. Ces derniers ont été augmentés respectivement de 15 % et de 25 % selon la démarche classique Inra 2007 (Hassoun et al. 2010) pour couvrir les besoins d'environ 85 % des brebis du lot. La ration du lot E18 a été calculée à partir des mêmes aliments, avec la même proportion de chaque fourrage dans le mélange (recalculée en excluant les concentrés) avec le nouveau système (Hassoun et al. 2018) en prenant les mêmes critères pour la brebis moyenne, mais en intégrant la mobilisation des réserves corporelles en début de lactation et en fixant la brebis cible à 4,4 l/j pour les besoins PDI du lot. La ration à calculer incluait le mélange des fourrages à volonté, et la possibilité d'utiliser ou non les 2 concentrés (orge et FEDAPRO super amine ®). Au final le rationneur n'a pas intégré l'orge dans la ration. Cette définition différente des besoins du lot de E18 conduit cependant à des besoins très voisins voire identiques à ceux de T07. La composition centésimale des 2 mélanges, la composition chimique et la valeur alimentaire Inra 2007 des aliments sont résumés dans la tableau 1.

Les valeurs UFL, PDI et BPR des deux rations T07 et E18 dans le nouveau système sont présentées dans le tableau 2:

La ration était distribuée sous forme d'un mélange fourrages-concentrés (T07) ou seulement fourrages (E18) avec un taux de refus moyen de 15 %. Le Fedapro de E18 était apporté au tapis d'alimentation (0,550 kg MS/j/b) distribué en trois fois par jour. En plus, chaque brebis des 2 lots recevait en salle de traite 0,130 kg MS de FEDAPRO/distribution deux fois par jour. Après 4,5 semaines de mesures l'apport en salle de traite a été divisé par deux pour les deux lots. En plus de ces apports en salle de traite, un composé minéral et vitamines complet (Turbomix oviplus A™,Néolait, Yffiniac) était apporté à chaque brebis à raison de 15 à 16 g MS/j.

1.2. MESURES ET ANALYSES STATISTIQUES

L'ingestion quotidienne des mélanges (QI) a été mesurée en continue, et 4 fois par semaine trois échantillons de chaque distribution et refus étaient prélevés pour déterminer la teneur en MS (48h 60°C) et calculer les QIMS/j/lot. Chaque semaine 2 échantillons de chaque fourrage étaient prélevés pour déterminer la teneur en MS puis étaient broyés pour être analysés. Un échantillon de chaque concentré a été également prélevé en début et fin d'essai pour déterminer la MS et être analysé. Les analyses faites sur les fourrages (MM, N total, NDF, ADF et digestibilité de la MS) permettaient de vérifier la régularité de la qualité des fourrages. Toutes les brebis ont été traites quotidiennement deux fois par jour. La production laitière et sa composition étaient mesurées une fois par semaine (traite du soir et du matin). Le poids et la NEC des brebis étaient mesurées toutes les deux semaines.

	Composition des mélanges (% de la MS)			
LOTS	Foins	Ensilage	Orge	FEDAPRO
T07	39	38	17	6
E18	51	49		
	Composition chimique et valeurs alimentaires*			
MAT	147 (12)	132 (8)	120 (3)	410 (3)
NDF	586 (23)	534 (10)	236 (35)	291 (4)
ADF	351 (22)	299 (7)	79 (10)	167 (4)
MG	-	-	21 (4)	32 (2)
Amidon	-	-	475 (32)	60 (8)
UFL_{07}	0,78 (0,02)	0,89 (0,01)	0,98 (0,01)	1,19
$PDIN_{07}$	80 (6)	75 (4)	83 (2)	400
$PDIE_{07}$	76 (3)	74 (2)	97 (1)	378
UFL_{18}	0,66 (0,02)	0,87 (0,01)	1.01	1,08
PDI_{18}	78 (3)	67 (1)	85 (1)	185
BPR	16 (9)	14 (7)	-16 (3)	50
UEM	1,31 (0,03)	1,24 (0,02)	-	-

Tableau 1 Composition des mélanges et valeurs moyennes (écart-type) de la composition chimique en g/kg MS et des valeurs alimentaires des aliments en unité ou g/kg MS (* valeurs $INRA_{07}$ calculées avec le logiciel PrevAlim ® 3.23, sauf pour FEDAPRO, données fournisseur). Les valeurs $INRA_{18}$ sont obtenues via le module Prevalim du logiciel de de rationnement INRAtion®V5.

	dMO (%)	UFL (/kg)	PDI (g/kg)	BPR (g/kg)
T07	62,6	0,81	100	20
E18	63,4	0,82	115	36

Tableau 2 Valeurs moyennes (par rapport à la MS) de chaque ration sur l'ensemble de l'essai calculées par le logiciel de de rationnement INRAtion®V5

2. RESULTATS

2.1. PRODUCTION LAITIERE, POIDS ET NEC

2.1.1. Production laitière

La PL a diminué régulièrement dans les 2 lots de 3,2 l/j à 2,1 l/j en fin d'essai (figure 1). Tout au long de l'essai la PL, les TB et TP n'ont jamais été différents (P>0,05) entre lots (tableau 3). En revanche, les taux d'urée du lait ont toujours été supérieurs (P<0,0001) dans le lot E18 (tableau 3). Aucun problème sanitaire majeur n'est intervenu. Seules 4 brebis par lot ont dû être sorties pour des taux trop élevés de cellules somatiques.

	PL (l/j)	TB (g/l)	TP (g/l)	Urée (mg/l)
T07	2,66 (0,67)	65 (9)	54 (5)	481 (68)
E18	2,66 (0,62)	65 (8)	55 (5)	580 (74)
P	*0,844*	*0,962*	*0,427*	*0,0001*

Tableau 3 Moyennes (écart-type) des PL, TB, TP et urée mesurées sur l'ensemble de l'essai pour les lots T07 et E18 et valeur de *P* du test de Student comparant les 2 lots.

2.1.2. Poids et NEC

Le poids moyen des brebis de chaque lot est resté stable avec 77 ± 8 kg au début pour T07 et E18 et 78 ± 8 kg et 79 ± 8 kg respectivement en fin d'essai. Aucune différence (P>0,05) n'a été observée tout au long de l'essai. La NEC a également peu varié pour T07 et E18, avec respectivement 2,9 ± 0,20 et 2,9 ± 0,18 au début et 2,9 ± 0,21 et 2,8 ± 0,23 en fin d'essai

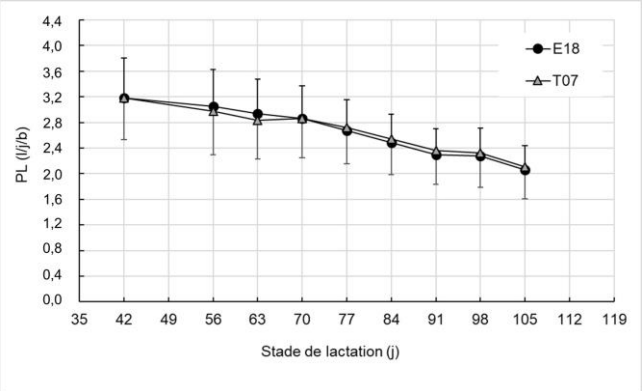


Figure 1. Evolution de la production laitière brute journalière (PL) moyenne (les barres représentent les demi écarts-types) par lot

2.2. QUANTITES INGEREES

Les quantités ingérées de fourrages de T07 ont été presque toujours significativement inférieures (P<0,05) à celles de E18 sauf la troisième et les deux dernières semaines. Les QIMS de fourrage des deux lots sont restées assez stables au cours de l'essai (figure 2). En moyenne sur l'ensemble de l'essai, les QIMS de fourrages de T07 et E18 ont été respectivement de 2,45 ± 0,09 et 2,75 ± 0,140 kg/j/b. Parallèlement, les quantités ingérées totales de concentrés ont été de 0,97 ± 0,07 et 0,76 ± 0,04 kg MS/j/b. Sur l'ensemble de l'essai, les QIMS totales n'étaient pas différentes (P>0,05) entre T07 et E18 avec respectivement 3,42 ± 0,14 et 3,51 ± 0,15 kg MS/j/b.

La part relative des aliments concentrés dans les rations de T07 et E18 était respectivement de 28 % et 22 %. Les rations établies pour T07 et E18 avaient une valeur UFL très proche (tableau 2) mais des valeurs de PDI, de BPR et de dMO plus faibles pour T07 (tableau 2).

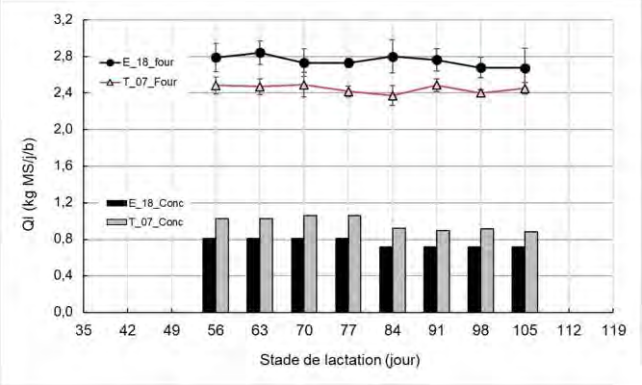


Figure 2. Evolution des QIMS individuelles de fourrages (four) et de concentrés (Conc) des lots T07 et E18

3. DISCUSSION

L'UE de La Fage élève près de 600 brebis laitières de race Lacaune, sujets d'études sur la variabilité génétique de multiples caractères : santé de la mamelle, persistance laitière, efficacité alimentaire, robustesse, microbiote ruminal, comportement à la traite. Mais elle participe également à d'autres projets plus ponctuels orientés par exemple sur l'alimentation, la production de lait et les conditions d'ambiance. D'autre part sa production est liée à l'AOP Roquefort ce qui limite les achats d'aliments. Il est donc essentiel que l'alimentation des brebis soit régulière, de qualité et permette d'exprimer au mieux le potentiel génétique de ces animaux. Le passage du mode de rationnement de l'ancien système INRA 2007 au nouvel INRA 2018 devant se faire sur la campagne de production 2022-2023, il était important de s'assurer qu'il permettrait bien les mêmes performances. L'objet de cet essai était donc de vérifier que le fonctionnement du rationneur INRAtion ® V5 et son interface RUMIN'AL ® fonctionnaient bien en conditions réelles pour permettre le changement de mode de rationnement dans de bonnes conditions et surtout rassurantes. Toute erreur d'alimentation pour des objectifs similaires, aurait des répercussions irréversibles pour la campagne. Les résultats obtenus en démarrage de production (période de production maximale de lait) sont donc rassurants. Sur une taille d'échantillon importante l'absence de différence valide la cohérence de l'outil de rationnement basé sur le nouveau système. D'autre part, les QIMS individuelles totales observées ont été inférieures pour T07 aux quantités prédites par le système 2007 (-0,24 ± 0,05 kg MS/j) alors que pour E18 elles étaient très proches (-0,09 ± 0,06 kg MS/j). Le nouveau système permet également de plus valoriser les fourrages et d'économiser du concentré (0,2 kg MS/b/j). Il est vrai que dans la situation actuelle, l'optimisation du concentré dans INRAtion ® V5 n'a pas conduit à proposer l'inclusion d'orge dans la ration. L'orge représentait en moyenne 73 % des apports totaux de concentrés pour T07. Aussi l'économie de concentré s'est surtout faite sur cet aliment auto produit et seulement 0,054 kg MS/brebis de FEDAPRO ont réellement été économisés. Le choix a été fait de ne pas imposer l'orge dans la ration de E18, mais de laisser la fonction d'optimisation (basée entre autre sur le bilan UFL) gérer l'utilisation ou non de cet aliment. Ce choix est discutable puisque l'orge étant autoproduite, il pouvait être judicieux de l'intégrer dans la ration en fixant une quantité définie selon les stocks, et de faire calculer uniquement le concentré azoté. Il est clair que les contraintes d'exploitation vont avoir une influence dans la constitution de la ration, ce que nous n'avons pas envisagé ici.

Tous les paramètres zootechniques ont été non significatifs entre les deux lots. Le fait que l'urée du lait (mesurée par spectrométrie moyen infra rouge sur une calibration vache laitière) soit élevée dans les deux cas vient du mode de rationnement (brebis cible à 125 % des besoins PDI de la brebis moyenne) qui sur alimente en azote une grande partie du troupeau. Le fait que E18 ait un taux d'urée plus élevé (P<0,0001) que T07 peut s'expliquer par le critère BPR. Celui-ci est en effet élevé (36 g/kg MS) et traduit bien un excès d'azote. D'après les relations établies par Sauvant et Nozière (2013), une BPR d'environ 40 g/kg MS correspond une teneur en azote ammoniacal ruminal excessive (de l'ordre de 160 mg/l), comparée à la valeur d'équilibre d'environ 100 mg N/l). Cet excès d'ammoniac est converti en urée au niveau du foie. D'autre part, l'excès d'acides aminés absorbés par l'organisme et non métabolisés est aussi converti en urée pour être éliminé dans les urines (Faverdin et Vérité 1998). Or, il existe une forte relation positive entre la concentration en urée plasmatique et celle dans le lait aussi bien en vache laitière qu'en chèvre ou brebis laitière (Faverdin et Vérité 1998 ; Giaccone et al. 2007 ; Molle et al. 2009). Dans le système INRA 2007, c'était le critère Rmic qui traduisait ce déséquilibre et ce critère est fortement corrélée positivement avec BPR (Sauvant et Nozière, 2013).

La BPR de E18 supérieure de 16 g/kg de MS, explique bien un taux d'urée élevé dans le lait avec des valeurs supérieures à celles de T07. Dans le nouveau système, l'intégration des interactions digestives impacte fortement la digestibilité de la matière organique (dMO) de la ration (Sauvant et Nozière, 2013). Une BPR élevée a un effet positif sur la dMO de la ration, ce qui se traduit ici par une augmentation d'un point de dMO pour E18 contre 0,3 pour T07. A l'inverse, une augmentation de la proportion d'aliments concentrés dans la ration a un effet négatif sur la dMO. Avec 22 % de concentré pour E18 contre 28 % pour T07, l'effet est respectivement de -0,45 et -0,8 points. Enfin le critère majeur de ces interactions digestives est le niveau d'ingestion (NI, % poids vif) qui agit négativement sur la dMO. Dans notre essai, les NI de E18 (4,5 %) et de T07 (4,4 %) conduisent à une diminution respective de la dMO de 7 et 6,7 points. La somme des effets de ces interactions correspond à l'écart de dMO observé tableau 2. Ces résultats expliquent au moins en partie la meilleure valorisation des fourrages pour E18, l'absence d'orge dans la ration calculée, mais une perte azotée plus grande.

Afin de réduire ces excès azotés et également la suralimentation des brebis à faible niveau de PL, on pourrait pratiquer un rationnement en lots virtuels de classes de PL variable. Cela pourrait se faire via les distributeurs automatiques de concentrés en salle de traite dont sont équipés de plus en plus d'éleveurs. Cette pratique a été testée dans l'ancien système dans le cadre du projet CASDAR AUTELO et a montré la pertinence de rationner les animaux au plus près de leur besoins en prenant une marge d'erreur suffisante (Fança et al., 2018 ; Hassoun et al., 2018).

CONCLUSION

La comparaison du rationnement de deux groupes de brebis de mêmes caractéristiques en début de traite selon le système Inra 2007 ou Inra 2018 en utilisant le nouveau moteur INRAtion ® V5 et son interface de rationnement RUMIN'AL ® n'a pas révélé de différence de résultats zootechniques pour des objectifs identiques. Les quantités ingérées de la ration du lot E18 ont été assez proches des valeurs attendues. En revanche elles ont été inférieures (-0,24 kg MS/j), pour celles du lot T07. La part de concentrés dans la ration proposée par le nouveau système a été plus faible de 0,2 kg de MS/j/brebis. Cela s'est traduit par une consommation de fourrages supérieure et donc une économie de concentrés. Le poids ou l'état corporel des animaux après 9 semaines de mesure n'a pas été différent de même que la production laitière et sa composition. Seul le taux d'urée du lait a été supérieur dans le lot rationné selon le nouveau système du fait d'apports azotés plus élevés que dans l'autre système. Le nouveau système permet de créer des rations adaptées à des lots virtuels de niveaux de production plus restreints ce qui limiterait fortement les apports excessifs de concentrés (surtout azotés) et permettrait une meilleure valorisation des fourrages de l'exploitation. Cela conduirait à une meilleure autonomie alimentaire, à une baisse des coûts de production, une diminution des pollutions azotées et une amélioration du bien-être des animaux. Cela permettrait également de mieux piloter les apports en fonction des besoins réels des animaux (reprise d'état corporel, croissance etc.).

Ce premier essai grandeur nature valide les sorties du nouveau rationneur INRAtion ® V5 – RUMIN'AL ® et les résultats observés sont cohérents avec les sorties de cet outil de rationnement. Dans les conditions de l'UE de La Fage, il peut donc être utilisé avec sécurité. Il faudrait pouvoir conforter ces résultats dans d'autres situations alimentaires (foins seuls, pâturage…).

Les auteurs souhaitent remercier l'ensemble du personnel de La Fage qui a assuré le suivi de l'expérimentation en dehors des jours de mesures et a contribué à la qualité de ce travail. Les auteurs remercient également Laurent Bonnal et Elodie Baby du laboratoire d'analyse des aliments du Cirad Baillarguet qui ont réalisé la totalité des mesures sur les aliments ainsi que les prédictions SPIR. Enfin les auteurs remercient le relecteur de cet article pour ses commentaires qui ont amélioré la qualité et la compréhension du texte.

Fança, B., De Boissieu, C., Batut, L., Noblia, J.M., Poquet, M., Sallato, O., Vacaresse, C., Legarto, J., Hassoun, P., 2018. Renc. Rech. Rum., 24, 177

Faverdin, P., Vérité, R., 1998. Renc. Rech. Rum., 5, 209-212

Giaccone, P., Todaro, M., Scatassa, M.L., 2007. Italian J. Anim. Sci. 6, 622-624

Hassoun, P., Berthelot, V., Bocquier, F., 2018. In QUAE (Editor), Alimentation des ruminants. Versailles, France. 377-398

Hassoun, P., Bocquier, F., 2010. In QUAE (Editor), Alimentation des bovins, ovins et caprins.Versailles, France. 123-138

Hassoun, P., Hardy, A., De Boissieu, C., Tesniere, A., Legarto, J., 2018. Renc. Rech. Rum., 24, 139-143

Inra, 2018. Alimentation des ruminants. QUAE (Editor) Versailles, France

Molle, G., Giovanetti, V., Cabiddu, A., Cuccureddu, M., Scanu, G., Decandia, M., 2009. Cah. Option Méditerr. Série A, 85 141-146

Sauvant, D., Nozière, P., 2013. INRA Prod. Anim., 26 (4), 327-346

Dynamique énergétique et des réserves corporelles en début de lactation chez les brebis laitières

CORBIERE F. (1), ASTRUC JM. (2), COSTES-ORI V. (1), EL JABRI M. (2), FANCA B. (2), HASSOUN P. (4), MACHEFERT C. (3), MARIE-ETANCELIN C. (3), MEYNADIER A. (3) et LAGRIFFOUL G. (2)
(1) IHAP, Université de Toulouse, INRAE, ENVT, 31076 Toulouse
(2) IDELE – Campus INRAE Toulouse, CS52627 31326 Castanet-Tolosan
(3) GenPhyse, Université de Toulouse, INRAE, ENVT, 31076 Toulouse
(4) SELMET, INRAE, Montpellier SupAgro, CIRAD, Univ. Montpellier, 34060 Montpellier

RESUME
Cette étude menée sur deux troupeaux ovin lait de stations expérimentales et dans huit fermes commerciales avait pour objectif d'évaluer l'utilisation de deux métabolites sanguins, le béta-hydroxy-butyrate (BHB) et les Acides Gras Non Estérifiés (AGNE) pour explorer le statut énergétique et la mobilisation des réserves corporelles en élevage de brebis laitières. La cinétique du BHB sanguin au cours de la journée confirme que la composition de la ration et le délai post-prandial sont des facteurs majeurs de variation. Enfin, les dosages réalisés à partir du sang total, du sérum ou du plasma hépariné ou EDTA diffèrent légèrement. Ces résultats soulignent la nécessité de prudence dans l'utilisation des valeurs de BHB et des AGNE dans l'exploration des troubles métaboliques chez la brebis laitière. Dans 9 élevages, des notes d'état corporel (NEC) ont été réalisées à 3 reprises (un mois avant la mise-bas, durant l'allaitement et après sevrage au moment du 1er contrôle laitier officiel) pour un total de 2 125 brebis. En parallèle, les concentrations de BHB et des AGNE sanguins ont été mesurées en allaitement et au 1er contrôle sur 466 brebis en 2e lactation dans ces troupeaux. Alors que les valeurs d'AGNE plasmatiques sont apparues positivement corrélées à l'ampleur de la perte de NEC depuis la fin de gestation, aucune relation significative n'a pu être mise en évidence pour le BHB sanguin.

Energy balance and body reserve dynamics in early lactation dairy ewes

CORBIERE F. (1), ASTRUC JM. (2), COSTES-ORI V. (1), EL JABRI M. (2), FANCA B. (2), HASSOUN P. (4), MACHEFERT C. (3), MARIE-ETANCELIN C. (3), MEYNADIER A. (3) et LAGRIFFOUL G. (2)

SUMMARY
The objective of this study conducted on two experimental dairy sheep flocks and eight commercial farms was to evaluate the use of two blood metabolites, beta-hydroxy-butyrate (BHB) and non-esterified fatty acids (NEFA), to assess energy balance and body reserve mobilization in dairy sheep. The kinetics of blood BHB during the day confirm that the composition of the ration and the postprandial delay are major factors of variation. Finally, assays from whole blood, serum, or heparinized or EDTA plasma differed slightly. These results emphasize the need for caution in the use of BHB and NEFA values in the exploration of metabolic disorders in dairy sheep. On 9 farms, body condition scoring (BCS) was performed on 3 occasions (one month before farrowing, during lactation and after weaning at the time of the first official milk recording) for a total of 2125 ewes. In parallel, blood BHB and NEFA concentrations were measured during lactation and at the first milk check on 466 ewes in 2nd lactation in these flocks. While plasma NEFA values were found to be positively correlated with the extent of BCS loss since late gestation, no significant relationship could be demonstrated for blood BHB.

INTRODUCTION

L'élevage de brebis laitières se distingue par une période d'environ un mois d'allaitement (ou d'allaitement-traite) des agneaux, précédant la période de traite exclusive qui démarre après le sevrage. Cette période, correspondant au pic de lactation, a encore été peu étudiée. Par ailleurs, en l'absence de connaissance de la production laitière durant cette période, les indicateurs de conduite sont, à ce jour, peu nombreux. Le projet France Futur Elevage IRMA, adossé aux fermes expérimentales (Aveyron, France) de l'Unité Expérimentale INRAE de La Fage, de l'EPLEFPA La Cazotte et aux élevages du projet H2020 SMARTER, vise à explorer cette période pour proposer des indicateurs de conduite plus efficiente de l'alimentation, en lien avec le métabolisme énergétique, le microbiote digestif et la santé des brebis et des agneaux. Dans la présente étude, deux métabolites sanguins associés à la dynamique énergétique ont été étudiés : le béta-hydroxy-butyrate (BHB) et les acides gras non estérifiés (AGNE). L'objectif de cette étude est de mesurer la faisabilité et la pertinence de protocoles de prélèvement et de dosages du BHB et des AGNE sanguins utilisables en élevage de brebis laitières et de mettre en relation les cinétiques d'évolution de ces métabolites avec les besoins de production en début de lactation.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. EN FERMES EXPERIMENTALES

Les brebis des troupeaux de La Fage et de l'EPLEFPA ont été utilisées afin d'évaluer la cinétique de variation journalière du BHB et des AGNE.
Sur le site de La Fage, 40 brebis à 73 jours de lactation recevant une ration mélangée à base d'ensilage d'herbe, de foin et de concentrés, ont été utilisées pour réaliser une cinétique d'évolution des AGNE plasmatiques (prélèvement sur tube hépariné) et BHB sanguin au cours de la journée. Les brebis étaient traites deux fois par jour. Une première mesure a été réalisée à T0 avant le repas du matin, les mesures suivantes ont été faites à T0+2h30, T0+5h30 et T0+7h30 après le repas. Le repas du soir n'a été distribué qu'après le dernier prélèvement. Par ailleurs à T0+2h30, des prélèvements à l'aide de tubes EDTA et de tubes secs ont été réalisés pour préciser les effets des modalités de prélèvements sur le dosage des AGNE et du BHB.
Sur le site de La Cazotte, les prélèvements sanguins ont été réalisés sur un lot de 58 brebis de tout âge ayant mi-bas de façon groupée, en période d'allaitement traite (12 +/- 1,5 jours post-partum) et au premier contrôle laitier (CL) (40 +/- 1,6 jours post-partum). La ration de base, constituée de 2/3 ensilage ray-grass italien et 1/3 de foin en allaitement-traite et de 50 % d'ensilage ray-grass italien, 30 % d'ensilage de maïs, et 30 %

de foin après le sevrage de agneaux) était distribuée une fois par jour à 8h30 et le concentré fractionné en 4 distributions (9h30, 11h30, 14h00 et 17h45). La traite a eu lieu à 15h00 en période d'allaitement-traite, et à 7h30 et 16h00 après le sevrage des agneaux. Les prélèvements sanguins ont été effectués à 8h30 (T0), T0+2h00, T0+5h00 et T0+7h00).
Toutes les prises de sang ont été réalisées à la veine jugulaire. Les tubes ont été centrifugés sur place et trois aliquotes ont été congelés à -80°C (carboglace) dans les 15 min suivant la réalisation du prélèvement avant transfert au laboratoire.

1.2. EN FERMES

Neuf troupeaux en Contrôle Laitier Officiel (5 dans le Rayon de Roquefort dont La Cazotte, race Lacaune, 4 dans les Pyrénées Atlantique, races Manech Tête Rousse (MTR, n=2), Basco-Béarnaise (BB, n=1) et Manech Tête Noire (MTN, n=1)) ont été inclus dans l'étude. Des notes d'état corporel ont été réalisées sur l'ensemble des brebis (n= 2 125) environ 3 semaines avant l'agnelage du lot principal d'IA (26 +/- 2,6 jours), en allaitement traite (23 +/- 8,4 jours après agnelage) et au moment du premier CL (52 +/- 9,9 jours après agnelage), par un opérateur unique dans chaque élevage. Les NEC ont été notées sur une échelle de 1 (maigreur extrême) à 5 (brebis suiffarde), par incrément de 0,25 point.
Dans chaque troupeau, sur environ 50 brebis en 2e lactation, issues du lot de mises-bas principal, des prélèvements sanguins sur tubes héparinés ont été réalisés durant la période d'allaitement traite et au moment du premier CL. Pour des raisons logistiques, les prélèvements ont été réalisés indifféremment le matin (entre 7H00 et 10h00) ou l'après-midi (entre 14h00 et 16h00).
Les données de reproduction (date d'agnelage, mode de reproduction, taille de portée) et de production (quantité et richesse du lait, rang de lactation, date de contrôle laitier) ont été extraites du Système d'Information en Elevage Ovin Laitier (SIEOL).

1.3. ANALYSES DE LABORATOIRES

Les concentrations en AGNE ont été mesurées par une méthode enzymatique automatique utilisant un kit de préparation des échantillons en plaque (INSTRUCHEMIE, NL) et une lecture à 546 nm des plaques à l'aide d'un spectrophotomètre d'absorption UV (Fluostar, BMG Labtech, Germany).
Les concentrations en BHB ont été établies à l'aide d'appareil portatifs FreeStyle® Precision Neo (Abbott) à partir d'une goutte de sang total prélevée à la veine jugulaire et directement appliqué sur la bandelette dédiée (mesures en élevage) ou le cas échéant (La Fage) à partir des plasmas et sérums.

1.4. ANALYSES STATISTIQUES

Les comparaisons entre les valeurs de BHB et d'AGNE mesurées à différents points ou entre différents groupes ont été réalisées par des tests des rangs de Wilcoxon (pour données appariées si nécessaire), avec une correction de Holm appliquée pour les comparaisons multiples. Les corrélations entre valeurs ont été évaluées par le coefficient de corrélation de Pearson.

2. RESULTATS

2.1. INFLUENCE DE LA MATRICE DE DOSAGE DU BHB ET DES AGNE

Les mesures réalisées sur les différentes matrices (plasma hépariné, plasma EDTA, sérum, plus sang total pour le BHB) étaient fortement corrélées, que ce soit pour le BHB (coefficient de corrélation r de Pearson compris entre 0,85 et 0,93, $p<10^{-3}$) ou pour les AGNE (r compris entre 0,90 et 0,95, $p<10^{-3}$). Cependant la matrice utilisée pour l'analyse avait une influence significative sur les valeurs des concentrations obtenues. Les valeurs de BHB obtenues sur sang total (0,99 +/- 0,26 mmol/l) étaient significativement plus faibles ($p<10^{-3}$) que celles obtenues sur plasma hépariné (1,21 +/- 0,32 mmol/l). Les résultats à partir du plasma EDTA (1,10 +/-0,21 mmol/l) et sur sérum (1,10 +/- 0,31 mmol/l) étaient intermédiaires. Les concentrations en AGNE obtenues à partir du sérum (0,11 +/- 0,07 mmol/l étaient significativement plus élevées ($p<10^{-3}$) que celles obtenues à partir du plasma hépariné (0,09 +/- 0,09 mmol/l) et du plasma EDTA (0,09 +/-0,06 mmol/l).

2.2. CINETIQUE JOURNALIERE DU BHB ET DES AGNE

2.1.1. Site de La Fage

Les valeurs de BHB ont augmenté entre T0 (0,88 +/- 0,21 mmol/L) et T0+2h30 (0,99 +/- 0,26 mmol/L, p=0,04), avant de redescendre à des valeurs inférieures à celles de T0, 5h30 (0,75 +/- 0,17 mmol/L, p=0,001) et 7h30 (0,68 +/- 0,13 mmol/L, $p<10^{-3}$) après le repas (figure 1A). Les cinétiques individuelles étaient extrêmement diverses, et le classement des brebis selon leurs valeurs de BHB variait fortement selon l'heure de mesure.
La cinétique des AGNE plasmatiques était inversée par rapport à celle du BHB. Les concentrations mesurées à T0+2h30 (0,09 +/- 0,06 mmol/L), T0+5h30 (0,11 +/- 0,09 mmol/L) étaient plus faibles (p = 0,001) qu'à T0 (0,16 +/- 0,10 mmol/L). Les valeurs mesurées T0+7h30 (0,24 +/- 0,13 mmol/L) étaient plus élevées que celles mesurées à T0 ($p<10^{-3}$) (figure 1B). Les cinétiques individuelles étaient là aussi variables.

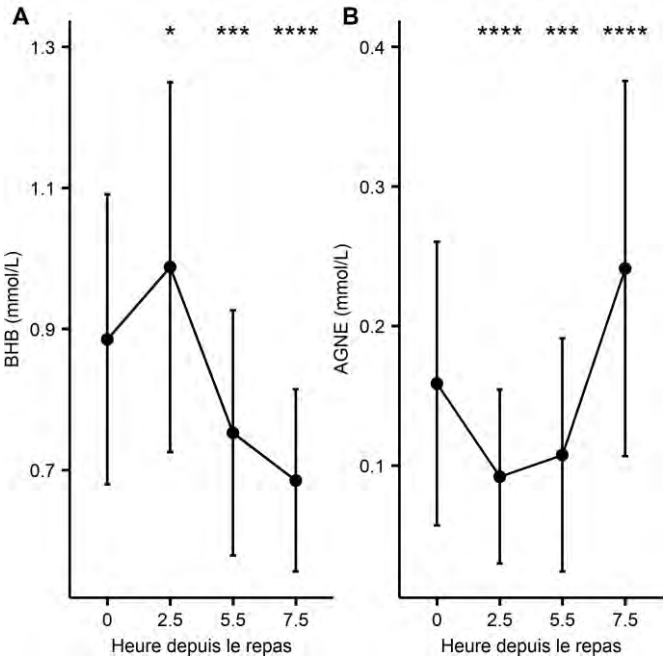


Figure 1 : cinétique des concentrations sanguines (moyenne +/- écart-type) en BHB (**A**) et AGNE (**B**) sur la journée, site de La Fage. * p<0,05, ** p<0,01, *** p<0,001, **** p<0,0001 par rapport à T0.

La corrélation de rang des dosages entre les différentes heures de prélèvements était globalement faible, et légèrement supérieure pour les AGNE (0,49) par rapport au BHB (0,38). Les valeurs de BHB et d'AGNE étaient significativement corrélées à T0 (r = 0,67, $p<10^{-3}$) et T0+7h30 (r= 0.41, p = 0,009), mais pas à T0+2h30 (p= 0,5) ni à T0+5h30 (p = 0,1).

2.1.2. Site de La Cazotte

Durant la période allaitement traite, les concentrations sanguines moyenne en BHB ont globalement peu varié durant la journée (figure 2A), entre 0,76 +/- 0,24 mmol/l et 0,90 +/- 0,28 mmol/l) malgré une très grande hétérogénéité des valeurs (étendue = 1,7 mmol/l). Les cinétiques individuelles étaient extrêmement diverses, avec un classement très variable des brebis selon les points de mesure. Les cinétiques moyennes et individuelles étaient très différentes lors du 1er CL (figure 2A).

Les concentrations en BHB sanguin étaient plus faibles et plus homogènes à T0 (0,67 +/- 0,18 mmol/l), et ont augmenté dès T0+2h pour se maintenir à des valeurs proches ou dépassant 1,25 mmol/l, sans variation significative entre T0+2h et T0+7h00. Les cinétiques individuelles étaient par ailleurs plus homogènes.
Les concentrations en AGNE plasmatiques étaient plus élevées durant la période d'allaitement-traite (0,12 +/- 0,11 mmol/L) qu'au 1er CL (0,04 +/- 0,05 mmol/L) (figure 2B). Des variations journalières ont aussi été mises en évidence pour les AGNE plasmatiques en période d'allaitement-traite et au 1er CL. L'étendue des valeurs était importante, comprise entre 0,008 mmoL/L (limite inférieure de quantification) et 0,67 mmol/l, avec une variabilité interindividuelle plus importante en période d'allaitement-traite qu'au 1er CL.
Alors qu'en période d'allaitement-traite, les valeurs de BHB et d'AGNE était significativement corrélées à chaque point de prélèvement (T0 : r = 0,63, $p<10^{-3}$; T0+2 : r = 0,52, p=0.003 ; T0+5 : r= 0,43, p=0.01), excepté à T0+7h (r = 0,17, p=0.2), aucune corrélation significative n'a pu être mise en évidence au 1er CL.

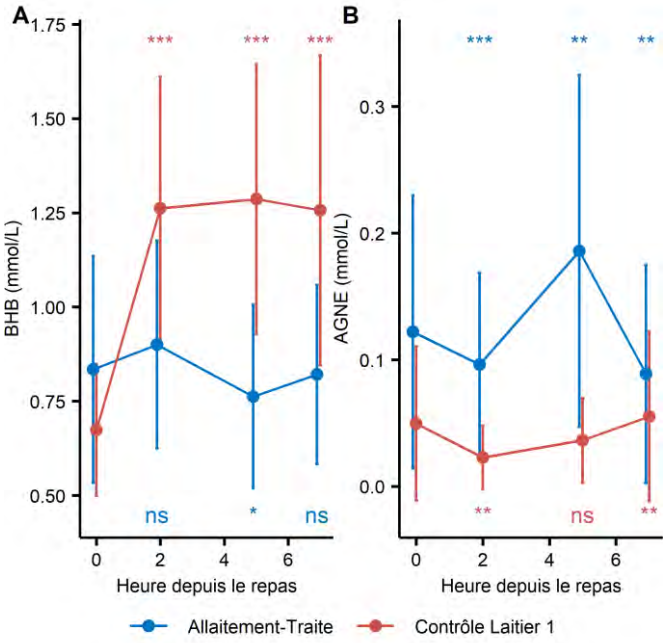


Figure 2 : cinétique des concentrations sanguines (moyenne +/- écart-type) en BHB (**A**) et AGNE (**B**), site de La Cazotte.
* p<0,05, **p<0,01, *** p<0,001, par rapport à T0.

2.2. EN FERMES

Un total de 466 brebis (271 de race Lacaune, 100 de race MTR, 47 de race MTN et 47 de race BB) ont fait l'objet de prélèvements sanguins afin d'évaluer les concentrations sanguines en BHB et AGNE durant la période d'allaitement-traite et au 1er CL.

2.2.1. Valeurs de BHB et d'AGNE mesurées

Les valeurs de BHB et d'AGNE mesurées dans les 8 fermes commerciales étaient très variables, entre et intra troupeau (figure 3). Selon les élevages, les valeurs moyenne de BHB évaluées en allaitement traite étaient plus faibles, plus élevées ou similaires à celles obtenues au 1er CL (figure 3A). En revanche, dans tous les élevages, les valeurs d'AGNE étaient plus élevées ($p<10^{-3}$) durant la période d'allaitement-traite qu'au 1er CL (figure 3B). Les valeurs moyennes d'AGNE étaient par ailleurs significativement plus élevées ($p<10^{-3}$) en allaitement traite dans les élevages de race LAC (0,26 +/- 0,20 mmol/l) et MTR (0,17 +/- 0,17 mmol/l) que dans les troupeaux de race MTN (0,10 +/- 0,07 mmol/l) et BB (0,07 +/- 0,08 mmol/l), ces différences s'amenuisant au 1er CL.
Les valeurs de BHB mesurées en allaitement-traite et au 1er CL étaient faiblement corrélées (r = 0,24, $p<10^{-3}$), mais pas les valeurs d'AGNE (p=0,93).
Les valeurs de BHB et d'AGNE étaient par ailleurs faiblement corrélées entre elles en allaitement-traite (r = 0,37, $p<10^{-3}$) mais pas au 1er CL (p=0,22).

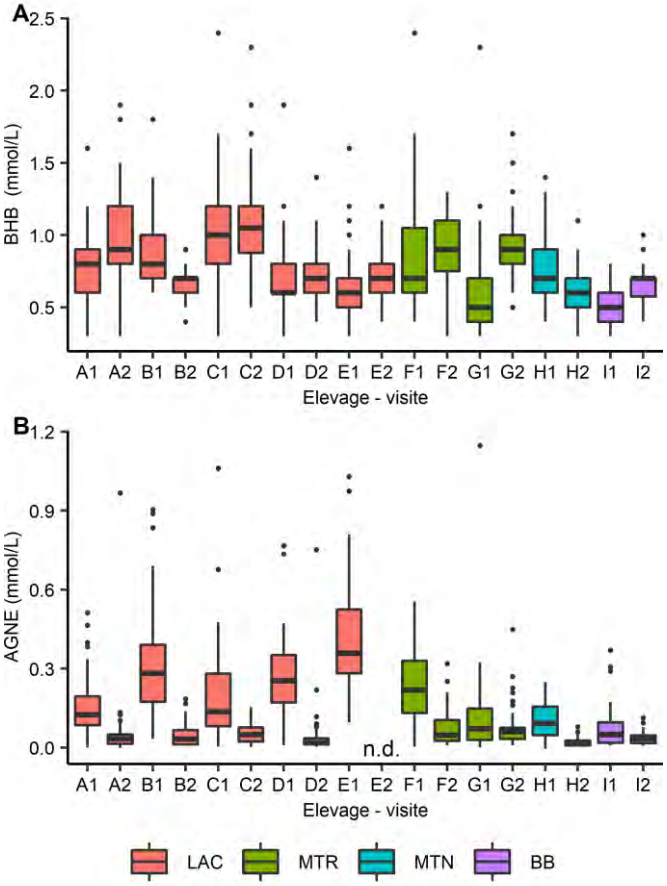


Figure 3 : distribution des valeurs de BHB (**A**) et d'AGNE (**B**) dans les fermes commerciales. Chaque élevage et nommé par une lettre (A à I), suivi du numéro de visite (1 : allaitement traite ; 2 : 1er CL). LAC = Lacaune, MTR = Manech Tête Rousse, MTN = Manech Tête Noire, BB = Basco-Béarnaise).

2.2.2. Variation de NEC

En élevage Lacaune, une baisse moyenne de 0,35 +/- 0,31 point de NEC ($p<10^{-6}$) observée entre la fin de gestation (2,92 +/- 0,27) et la période d'allaitement-traite (2,57 +/- 0,30) avec une légère reprise d'état au 1er CL (2,75 +/- 0,27, gain moyen de 0,17 +/- 0,21 point de NEC, $p<10^{-6}$) (figure 4). Ces évolutions de NEC moyenne étaient par ailleurs variables entre les troupeaux, avec une perte d'état corporel entre la fin de gestation et l'allaitement-traite plus ou moins marquée (perte supérieure ou égale à 0,5 point de NEC concernant respectivement 51%, 83% et 77 % des brebis dans les élevages A, D, et E, contre seulement 14% dans les élevages B et C).
Les NEC évaluées en fin de gestation pour les brebis de race MTR (2,4 +/- 0,17) et MTN (2,28 +/- 0,11) étaient plus faibles que pour les brebis de race Lacaune ($p<10^{-6}$) (figure 4). Les variations de NEC moyenne entre la fin de gestation et l'allaitement-traite (MTR : -0,06 +/- 0,21, p=0.56, MTN : 0,02 +/- 0,11, p=0.22) ou l'allaitement traite et le 1er CL (MTR : -0,07 +/- 0,21, p=0.55, MTN : -0,05 +/- 0,10, p=0.01) étaient faibles et rarement significatives.

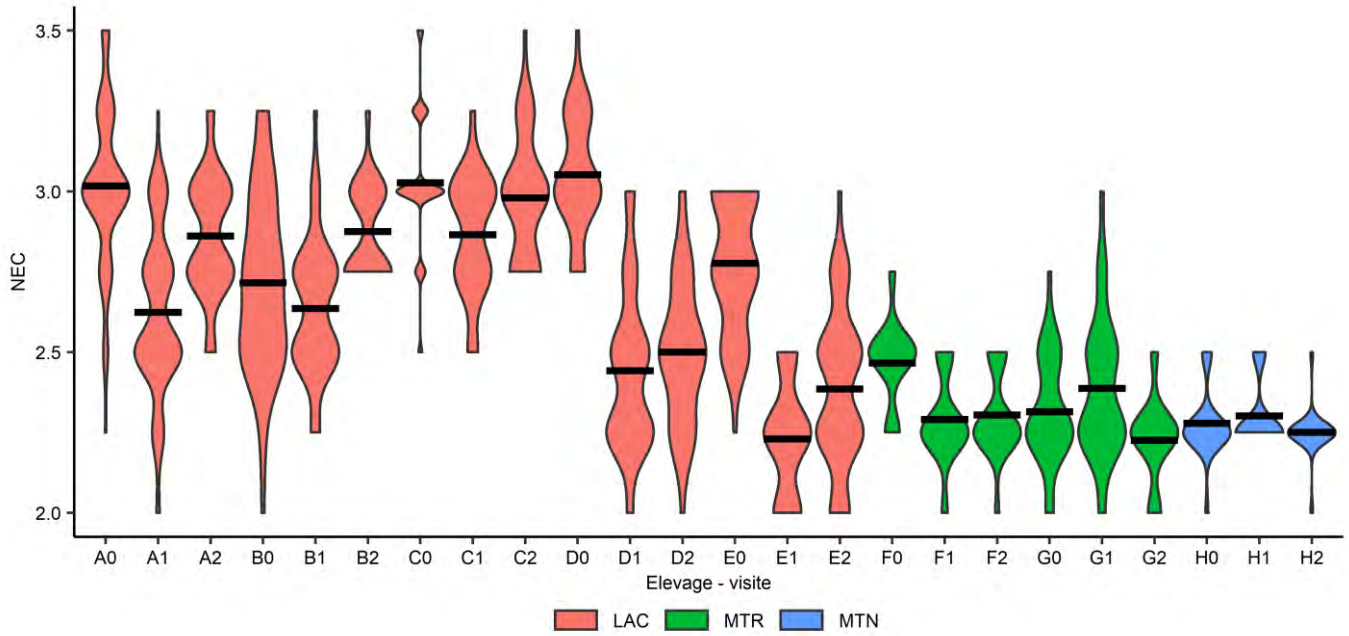


Figure 4 : distribution (violin plot) et moyennes (barres horizontales) des valeurs de NEC dans les fermes commerciales. Chaque élevage et nommé par une lettre (A à H), suivi du numéro de visite (0 : fin de gestation ; 1 : allaitement traite ; 2 : 1er CL). LAC = Lacaune, MTR = Manech Tête Rousse, MTN = Manech Tête Noire). Les NEC n'ont pas été réalisées dans l'élevage de brebis Basco-Béarnaises.

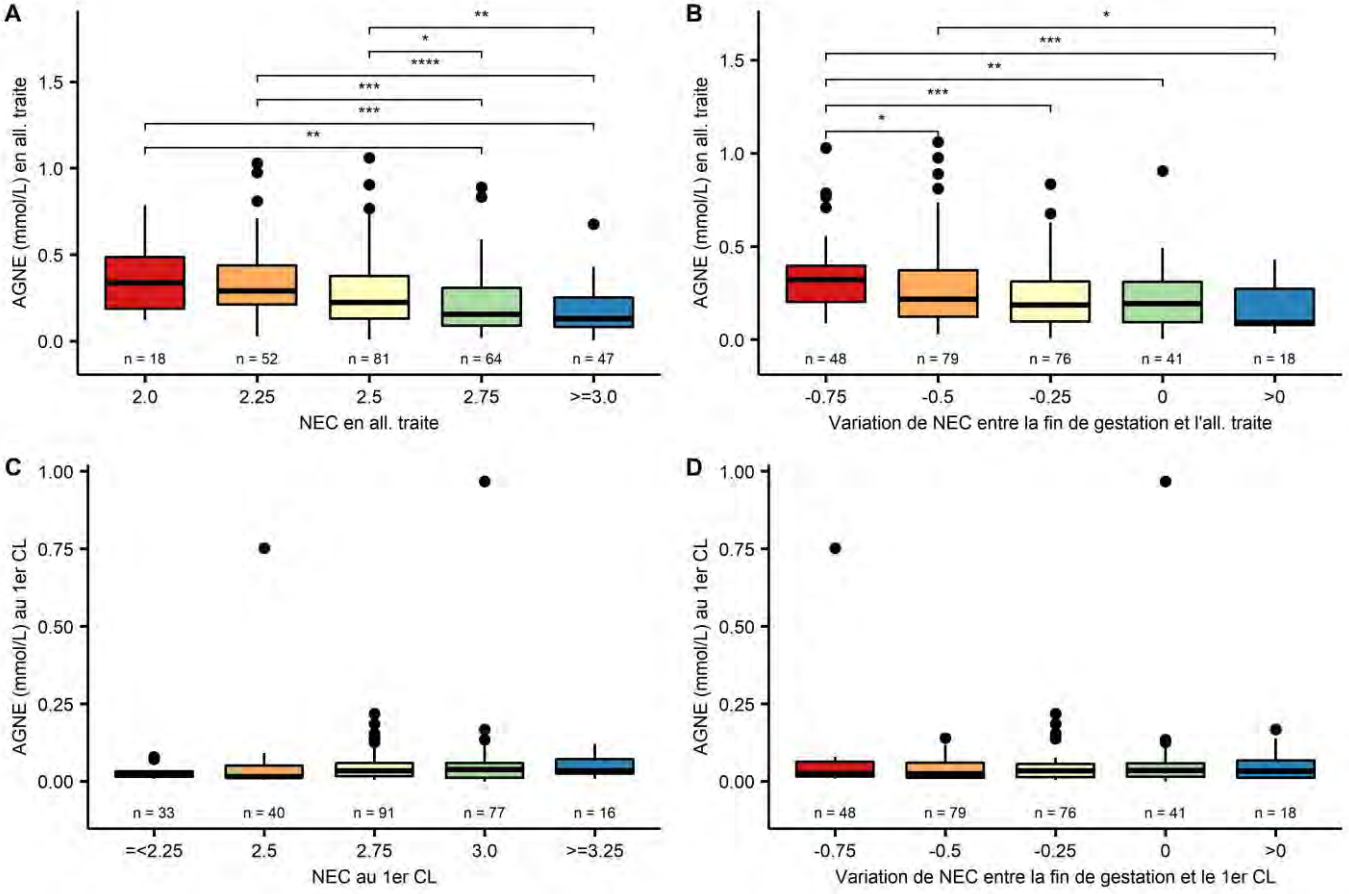


Figure 5 : distribution des valeurs d'AGNE plasmatiques mesurées en allaitement-traite (**A** et **B**) ou au 1er CL (**C** et **D**) des brebis de race Lacaune, selon la NEC (**A** et **C**) ou l'intensité de la variation de NEC (**B** et **D**) ; *p<0,05, ** p<0,01, *** p<0,001, **** p<0,0001.

2.2.3. Relations entre valeurs de BHB et d'AGNE et évolution de la NEC

Les relations entre les concentrations sanguines de BHB et d'AGNE et l'évolution de la NEC entre la fin de gestation, la période d'allaitement-traite et le 1er CL n'ont été investiguées que dans les élevages de race LAC (n = 263 brebis) et MTR (n=68), les effectifs dans les autres races étant trop faibles (<50).

Aucune relation entre les valeurs de BHB évaluées en allaitement-traite ou au 1er CL n'a pu être mise en évidence, ni avec les NEC à chaque point, ni avec l'évolution de la NEC entre la fin de gestation, la période d'allaitement-traite et le 1er CL.

En revanche, en race Lacaune, il est apparu une relation entre les valeurs d'AGNE et la NEC ou l'évolution de la NEC entre la fin de gestation et l'allaitement-traite ou le 1er CL. Cette relation n'était significative que pour les valeurs d'AGNE mesurées en allaitement traite. Ainsi, plus la NEC était faible (en allaitement-traite ou au 1er CL), ou plus la perte de NEC était importante (entre la fin de gestation et l'allaitement-traite ou le 1er CL), plus les valeurs d'AGNE étaient élevées (figure 5A et 5B). Cette relation n'était plus significative lorsque les valeurs d'AGNE mesurées au 1er CL étaient comparées entre les différents groupes de NEC ou de variation de NEC (figure 5C et 5D).

3. DISCUSSION

Les métabolites sanguins reflétant la dynamique des réserves corporelles et le statut énergétique ont fait l'objet de beaucoup de travaux chez la vache laitière, notamment durant la période couvrant la fin de gestation et le début de la lactation (Overton et al, 2017). Cette période se caractérise en effet par un déficit énergétique responsable d'une mobilisation des réserves corporelles pour couvrir les besoins liés à la toute fin de gestation et la production laitière et est une période à risque pour les troubles de santé, qu'ils soient d'ordre métabolique ou infectieux (Horst et al, 2021). Le BHB et les AGNE sanguins sont, dans cette espèce, des métaboliques classiquement utilisés pour évaluer l'intensité de la mobilisation des réserves adipeuses (AGNE) et la capacité des vaches à utiliser ces acides gras mobilisés pour la production d'énergie par leurs hépatocytes (BHB) (Benedet et al, 2019). Des seuils à l'échelle individuelle et collective ont été proposés pour optimiser la conduite alimentaire des vaches durant cette phase de transition critique (Ospina et al, 2010).

Chez la brebis laitière, cette période tout aussi importante, a été très peu étudiée (Gonzalez-Garcia et al, 2015) car elle est classiquement caractérisée par la pratique d'allaitement-traite durant laquelle les brebis sont moins accessibles. Néanmoins, les mêmes tendances que dans la présente étude ont été observées, avec un déficit énergétique en début de lactation illustré par la baisse importante de la NEC et l'augmentation des AGNE entre la fin de gestation et le 1er CL.

Les résultats obtenus indiquent que la matrice sur laquelle sont réalisées les analyses (plasma hépariné ou EDTA, sérum, sang total) influence significativement les résultats obtenus, même s'ils demeurent fortement corrélés. Il est donc important de préciser cette matrice, dans la communication de résultats d'études ou pour l'établissement de seuils de classement des brebis.

Par ailleurs, les cinétiques diurnales du BHB et des AGNE sanguins montrent de fortes variations au cours de la journée, en accord avec ce qui est décrit chez la vache laitière (Seely et al, 2021). L'influence du délai depuis le repas riche en sucres simples (ensilage de maïs, betterave), favorisant la formation de butyrate ruminal (transporté dans le sang sous forme de BHB) apparait clairement. Par ailleurs l'influence de la nature des fourrages est aussi illustrée par les cinétiques très différentes observées lorsqu'une ration à base d'ensilage d'herbe (La Fage, La Cazotte en allaitement-traite) ou d'ensilage de maïs (La Cazotte au 1er CL) est distribuée.

Il apparait donc nécessaire d'être très prudent dans l'interprétation des valeurs de BHB ou d'AGNE sanguins et de tenir compte de multiples facteurs. Les cinétiques individuelles très diverses, notamment pour le BHB rendent par ailleurs difficile l'établissement de règles de classement. Les corrélations entre BHB et AGNE, variables selon qu'elles soient évaluées en allaitement-traite ou au 1er CL, étaient globalement faibles, en accord avec la littérature chez les vaches laitière (McCarthy et al, 2015). Enfin, la NEC en allaitement-traite ou au 1er CL et l'évolution de la NEC depuis la fin de gestation est apparue associée à des différences significatives de valeurs d'AGNE mais pas de BHB, illustrant aussi les interprétations différentes qui doivent être faites de ces deux métabolites. Le fait que cette association soit significative uniquement en période d'allaitement-traite suggère que c'est durant cette période que la mobilisation des réserves corporelles est la plus intense comme l'avaient observés Gonzalez-Garcia et al (2015), et que les besoins énergétiques sont beaucoup mieux couverts dès le 1er CL. Ces résultats confirment encore l'importance de l'exploration de la période d'allaitement-traite chez les brebis laitières.

CONCLUSION

Ces premiers résultats obtenus dans le cadre du projet IRMA illustrent la diversité des statuts énergétiques et métaboliques des brebis en début de lactation et la complexité de l'interprétation des valeurs de deux métabolites sanguins classiquement utilisés chez la vache laitière. L'exploitation des données de l'ensemble de la campagne laitière, devrait permettre de définir des profils d'évolution de NEC associés à des performances de production et reproduction optimales afin de proposer un outil d'aide à la décision pour les éleveurs de brebis laitières, s'appuyant sur une interprétation multicritère d'indicateurs non invasifs accessibles notamment à partir du lait (spectres dans le moyen infra-rouge).

Les auteurs remercient les éleveurs et techniciens associés à l'étude et notamment ALLAIN C. (Domaine INRAE de La Fage), HARDY A. (Ferme de la Cazotte, EPLEFPA St-Affrique), POQUET M. (SE de la Confédération de Roquefort), BATUT L. (UNOTEC) et SOMERA A. (CCDEO), ainsi que les personnels et étudiants de l'ENVT impliqués dans le projet (VERGNES JP., FARIZON Y. CHEMIT ML, GONCALVES-BRANDAO M., GUINARD L., SOULIE S. et GOUACHE E. Cette étude a bénéficié de financement des programmes IRMA (F2E Carnot), SMARTER (H2020) et GIROL (FGE).

Benedet A., Manuelian C.L., Zidi A., Penasa M., De Marchi M. 2019. Animal. 13(8):1676-1689

Gonzalez-Garcia E., Tesnière A., Camous S., Bocquier F., Hassoun P., 2015. Domest Anim Endocrinol. 50: 32-44

Horst E.A., Kvidera S.K., Baumgard L.H. 2021. J Dairy Sci, 104(8):8380-8410

McCarthy M.M., Mann S., Nydam D.V., Overton T.R., McArt J.A. 2015. J Dairy Sci. 98(9):6284-6290

Ospina P.A., Nydam D.V., Stokol T., Overton T.R. 2010. J Dairy Sci, 93(4):1596-1603

Overton T.R., McArt J.A.A., Nydam D.V. 2017. **J** J Dairy Sci, 100(12):10398-10417

Seely C.R., Bach K.D., Barbano D.M., McArt J.A.A. 2021. J Dairy Sci, 104(1):818-825

Effets d'une supplémentation en vitamines B rumino-protégées sur les performances des veaux pendant la période de sevrage

Effect of rumen protected B vitamins on the performance of calves during the weaning period

BOUCHUT D. (1), ROSZKOS R. (2,3), BENABEN S. (1), ALZAHAL O. (4)
(1) Jefo Europe, Carquefou, France
(2) Department of Feed Safety, Institute of Physiology and Nutrition, Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Gödöllő, Hongrie. (3) ADEXGO Ltd., Balatonfüred, Hongrie.
(4) AlZahal Innovation & Nutrition, Kitchener, ON, Canada

INTRODUCTION

Les micro-organismes du rumen étant capables de synthétiser les vitamines B, il a longtemps été considéré qu'il n'était pas nécessaire de les ajouter à la ration des ruminants. Néanmoins, avec l'augmentation de la productivité des animaux, cette notion a été remise en question. En effet, de récents travaux ont mis en évidence que les quantités de vitamines B synthétisées dans le rumen n'étaient pas suffisantes pour couvrir les besoins des animaux à forte production (Girard *et al*., 2005, Santschi *et al*., 2005). Une forte proportion des vitamines B apportées par les aliments étant dégradée par la microflore du rumen, l'idée est de les apporter sous une forme protégée permettant ainsi une faible dégradation ruminale et une libération intestinale de ces vitamines. Les animaux peuvent alors en tirer profit de façon optimale au niveau métabolique. L'objectif de cette étude est d'évaluer les effets d'une supplémentation en vitamines B protégées (vitamines B1, B5, B6, B9 et B8) sur la croissance des veaux en période de sevrage.

1. MATERIEL ET METHODES

L'essai a été mené dans une ferme laitière comptant 950 vaches Holstein avec une production laitière moyenne de 11 800 kg/vache/an. Quatre-vingts veaux femelles nés dans la ferme ont fait partie de cet essai. Les veaux ont été allotés en fonction de leur date de naissance de manière à répartir les animaux en 4 lots consécutifs de 20 veaux chacun. Deux lots ont reçu une alimentation supplémentée en vitamines B (le 1er et le 3ème chronologiquement) et les deux autres lots sont restés sur l'aliment de base (témoin). Les veaux ont suivi un plan d'alimentation lacté avec 2x3 L par jour de J5 à J67 puis 2x1,5 L de J68 à J75 (170 g/L de lacto-remplaceur). Ils ont été progressivement sevrés et ont reçu de l'aliment solide à volonté, conformément au tableau 1. Les veaux ont été sevrés au 75e jour de leur vie. Le mélange de vitamines B a été intégré à l'aliment mash pendant 3 semaines avant le sevrage et dans la ration totale mélangée pendant 3 semaines après le sevrage (l'essai a duré 6 semaines). Le mélange de vitamines B a été inclus dans le régime de manière à fournir 3 g/veau/jour au sevrage. Le poids vif (PV) a été enregistré au début et à la fin de l'essai. Les veaux de chaque lot sont nés à 2 semaines les uns des autres et leur âge moyen au début de l'essai était de 53 jours (écart-type = 4,9). Le PV initial (3 semaines avant le sevrage) variait de la même manière que l'âge initial des veaux (75 kg, écart-type = 8,6).

Ingrédients (en %, base brute)	54 à 75j	75 à 96j
Foin	37	35
Ensilage de maïs	0	23
Tourteau de soja	22	14
Triticale	15	10
Maïs	15	10
Paille de blé	6	4
CMV	6	4

Tableau 1 : Composition du régime alimentaire solide

Le gain corporel global a été calculé en soustrayant le PV initial du PV final. Le gain moyen quotidien (GMQ) a été calculé en divisant le gain corporel global par le nombre total de jours (41 à 42 jours). Les données ont été analysées à l'aide de la procédure Proc Mixed (SAS v. 9.4) en utilisant le lot (1, 2, 3, 4) comme effet fixe. Des contrastes orthogonaux (lot 1+3 c. 2+4) ont servi à évaluer l'effet des vitamines B. Le PV initial a été utilisé comme covariable dans l'analyse du PV final et du GMQ pour tenir compte des différences de PV initial (ajustement moyen).

2. RESULTATS

Les veaux recevant des vitamines B ont gagné 8,5 ± 1,4 kg de plus que les veaux du groupe témoin pendant la période d'essai (figure 1). Les veaux recevant des vitamines B ont gagné 178 ± 0,3 g/jour de plus que les veaux du groupe témoin pendant cette même période. Les poids corporels finaux des veaux recevant des vitamines B étaient supérieurs à ceux des veaux du groupe témoin.

CONCLUSION

Les veaux qui ont reçu le mélange de vitamines B protégées de la dégradation dans le rumen pendant la période de sevrage ont gagné 8,5 kg de plus que les veaux témoins. Cette solution nutritionnelle innovante a le potentiel d'améliorer les performances des veaux pendant la période stressante du sevrage.

Girard C.L., Lapierre H., Matte J.J., Lobley G.E., 2005. J. Dairy Sci. 88 : 660-670
Santschi D.E., Berthiaume R., Matte J.J., Mustafa A.F., Girard C.L., 2005. J. Dairy Sci. 88 : 2043

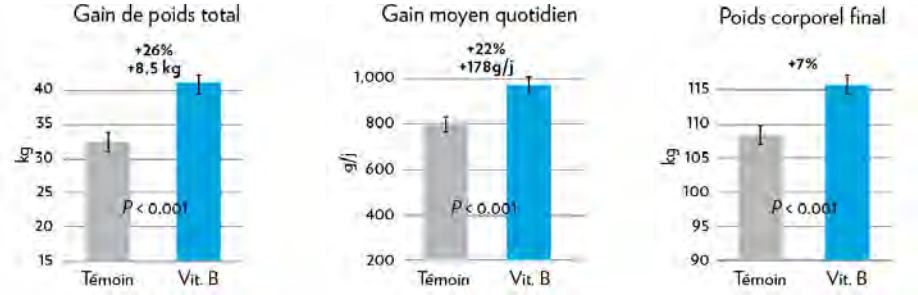


Figure 1 : Performances des veaux durant la période d'essai

Effets de la durée de conservation et de la déshydratation du maïs fourrage sur la dégradabilité ruminale de l'amidon

Effects of ensiling time and whole-plant corn silage dehydratation on ruminal starch degradation

COULMIER D. (1), CHAUVEAU H. (2), BOISNEAU A. (2)
(1) DESIALIS, Complexe Agricole Mont Bernard, F-51007 Châlons en Champagne
(2) ARVALIS-Institut du Végétal, Station expérimentale de la Jaillière, F-44370 Loireauxence

INTRODUCTION

La connaissance de la dégradabilité de l'amidon des aliments dans le rumen est nécessaire pour prédire la quantité de matière organique fermentescible et le flux de glucose disponible dans l'intestin grêle. Dans le système d'alimentation des ruminants INRA 2018, la dégradabilité de l'amidon du maïs fourrage est calculée à partir de l'équation proposée par Peyrat et al. (2016) intégrant les effets du stade de récolte (teneur en MS et en amidon) et de la durée de conservation. Néanmoins, d'autres facteurs moins documentés ont aussi un impact sur la dégradabilité de l'amidon : le niveau d'éclatement du grain, la génétique de l'hybride, voire le séchage à haute température. Dans le cadre de son activité de déshydratation de fourrages et de coproduits, Desialis a investigué en partenariat avec Arvalis l'effet de la déshydratation et de la durée de conservation du maïs ensilage sur la dégradabilité de l'amidon.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1 LES ALIMENTS ETUDIES

Les aliments étudiés sont issus de 2 variétés de maïs fourrage (précocité S2, grain corné denté ; précocité S3, grain denté selon le classement CTPS) cultivées selon un dispositif en bandes en grande parcelle à Sarry (51). Les maïs S2 et S3 ont respectivement été récoltés à des teneurs en matière sèche (MS) de 35,8 et 40,7 % le 30/08/2019. Les conditions chaudes et sèches de fin de cycle ont favorisé le dessèchement de l'appareil végétatif et limité la production de grains (teneur en amidon moyenne de 239 g/kg MS). Chaque variété a été ensilée 74 ou 109 jours dans des silos boudins distincts, puis déshydratée à haute température en sécheur rotatif (température entrée = 540°C, température sortie = 135°C, humidité produit finale = 11 %). Les mesures ont porté sur les échantillons vert (à la récolte), fermentés 74 et 109 jours et déshydratés après 74 et 109 jours de conservation. Les analyses de composition chimique (en vert) ont permis de caractériser les 10 échantillons de maïs fourrage, et la teneur en furosines a été dosée sur les échantillons ensilés.

1.2 L'ESSAI IN SACCO

Un essai de dégradabilité ruminale *in sacco* a été réalisé à la station expérimentale ARVALIS Institut du végétal de La Jaillière. La dégradabilité de l'amidon a été mesurée pour chaque aliment selon la méthode des sachets de nylon à 7 temps d'incubation dans le rumen (0, 2, 4, 8, 24, 48 et 72 h) avec 6 répétitions (3 vaches ; 2 séries). La DT6Amidon a été calculée pour un taux de sortie de 6 %.h-1 à partir des paramètres cinétiques d'Ørskov et Mac Donald (1979) déterminés à l'aide du logiciel R. Un modèle à un facteur combinant les effets de la durée de conservation et de la déshydratation a été ajusté sous R, la méthode des contrastes particuliers a permis de réaliser les comparaisons multiples.

2. RESULTATS

2.1 EFFET DE LA DUREE DE FERMENTATION

La conservation par ensilage du maïs fourrage a significativement amélioré la dégradabilité de l'amidon de 13 points entre les maïs vert et les maïs ensilés 74 jours (*P<0,001*). Entre 74 et 109 jours, la DT6Amidon a peu évolué, de l'ordre de 2 points (*P=0,20*). Ceci s'explique par l'activité des enzymes protéolytiques dans le silo qui dégradent une partie de la matrice protéique protégeant les granules d'amidon, les rendant ainsi plus accessibles aux microbes du rumen.

2.2 EFFET DE LA DESHYDRATATION

La déshydratation à haute température du maïs fourrage ensilé n'a pas eu d'effet significatif sur la dégradabilité de l'amidon. Le processus de déshydratation n'a pas non plus eu d'effet significatif sur sa valeur énergétique, prédite à partir de la dégradation de la MS à 48h dans le rumen. En revanche, la déshydratation a diminué la fraction soluble du maïs de 5,0 points (*P<0,05*) et augmenté la fraction potentiellement dégradable de 3,3 points (*P<0,05*). Le taux horaire de dégradation de la fraction dégradable a eu tendance à augmenter de 0,01 pt pour les maïs déshydratés (*P=0,06*). L'augmentation en valeur absolue de la teneur en furosines avec la déshydratation (*P=0,11*) suggère un début de réaction de Maillard, pouvant expliquer la moindre solubilité du maïs déshydraté.

3. DISCUSSION – CONCLUSION

L'amélioration de la dégradabilité de l'amidon du maïs fourrage au cours de la fermentation est cohérente avec la littérature (Férard et al., 2016). Malgré un effet de la déshydratation sur les fractions soluble et potentiellement dégradable du maïs ensilage, la valeur énergétique prédite à partir de la MS non dégradée à 48 h dans le rumen n'a pas été modifiée. La déshydratation n'a pas non plus impacté la dégradabilité ruminale de l'amidon. Ceci valide la possibilité d'utiliser l'équation de prédiction développée pour le maïs ensilage (Peyrat et al., 2016), dont l'erreur de prédiction (4,7 pts) est supérieure aux écarts mesurés entre les maïs ensilés et les maïs ensilés déshydratés dans les conditions de cet essai.

Férard A. et al., 2016. 17th ICFC, 157-158.
INRA, 2018. Ed. Quae, 728p.
Ørskov E. R., McDonald I., 1979. J. Agr. Sc.. 92: 499-503
Peyrat J. et al., 2016. Rencontres Recherches Ruminants, 23, 80.

Etat du maïs Durée conservation	Vert 0 j	Fermenté 74 j	Fermenté 109 j	Déshydraté 74 j	Déshydraté 109 j	P(déshy-dratation)	ETR
Dég. MS 4h (%)	40,5 a	46,9 b	47,1 b	44,8 b	46,2 b	NS	1,85
Dég. MS 48h (%)	81,3	81,3	81,5	81,0	80,6	NS	0,86
Fraction MS a (%)	31,6 a	39,1 c	38,8 c	34,4 b	33,5 b	*	2,09
Fraction MS b (%)	55,6 c	48,1 a	47,3 a	51,2 b	50,8 b	*	1,68
Taux MS c (%/h)	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06	t	0,005
DT6MS (%)	55,2	59,1	59,4	57,9	58,0	NS	1,47
DT6Amidon (%)	76,1 a	89,1 b	91,4 b	89,6 b	90,7 b	NS	1,09
Furosines (mg/100 g protéines)		47,1	71,7	85,3	89,9	NS	19,9

Tableau 1 : Dégradabilité de la MS et de l'amidon du maïs fourrage vert, fermenté et déshydraté (moyenne des 2 variétés)
* : P<0,05 ; P<0,10 : t ; NS : Non Significatif ; a : fraction soluble ; b : fraction potentiellement dégradable ; c : taux horaire de disparition de la fraction b

Effets de deux sources de choline rumino-protégée pendant la période de transition sur la performance des vaches laitières de race Holstein

Effects of two rumen-protected choline sources during transition period on Holstein dairy cows' performance

SAINZ DE LA MASA-ESCOLA V. (1), TREVISI E. (2), GRILLI E. (1)(3), CAILLIS P. (3) PICCIOLI-CAPPELLI F. (1)(2)
(1) DIMEVET, University of Bologna, Bologna, Italy
(2) DIANA, Università Cattolica del sacro Cuore, Piacenza, Italy
(3) Vetagro S.p.A., Reggio Emilia, Italy

INTRODUCTION

En début de lactation, les vaches laitières connaissent généralement un bilan énergétique négatif, entraînant la mobilisation des réserves corporelles et favorisant la stéatose hépatique et la cétose (Grummer 2007). La choline est un composé impliqué dans de nombreuses voies métaboliques qui permet notamment d'éviter l'accumulation excédentaire des triglycérides hépatiques (McFadden et al., 2020). Or, les populations microbiennes du rumen dégradent rapidement la choline alimentaire. Cela souligne donc l'intérêt d'une supplémentation en choline sous forme rumino-protégée, notamment pendant la période de transition, ce qui peut réduire l'incidence des maladies métaboliques post part-partum et améliorer la production laitière et les taux de matières utiles (Arshad et al., 2020). L'objectif de cette étude était d'évaluer les effets de deux sources de choline rumino-protégée (CRP) apportées pendant 8 semaines (21 jours avant à 35 jours après la mise-bas) sur la santé et les performances des vaches laitières.

1. MATERIEL ET METHODES

Vingt-quatre vaches laitières Holstein multipares (248 ± 4,9 jours de gestation, parité = 3,6 ± 2, NEC = 2,7 ± 0,3) ont été recrutées dans cette étude, entièrement randomisée. Deux rations totales mélangées (RTM) ont été formulées pour fournir respectivement 2,38 (pré-) et 2,19 (post-partum) % méthionine (% des protéines métabolisables). L'apport en fourrages était principalement de l'ensilage d'orge (74% de la MS de la ration) dans la RTM pré-partum et 34% d'ensilage de maïs, 20,5% de foin de luzerne et 6,6% d'ensilage d'orge dans la RTM post-partum (% de MS de la ration). Les vaches ont été réparties dans les 3 groupes (n = 8/groupe) : RTM non supplémentée (CTR), RTM supplémentée avec 60 g/j de CRP (CRP1 ; chlorure de choline (CC) microencapsulé dans des lipides, [CC] = 25 % ; Ruprocol®, Vetagro S.p.A., Italie) et RTM supplémentée avec 25 g/j de CRP (CRP2 ; CC encapsulé dans des lipides, [CC] = 60 % ; Reashure® XC, Balchem™ Corp., USA). Les deux additifs ont été ajoutés une fois par jour directement dans la RTM, fournissant 15 g/j de CC. Les vaches ont été nourries une fois par jour et traites deux fois par jour. La matière sèche ingérée (MSI) et le poids corporel post-partum (PC) ont été enregistrés quotidiennement pendant la période de supplémentation, la production Laitière (PL) et les taux jusqu'à 100 jours en Lactation (JEL). Les données ont été analysées à l'aide d'un modèle mixte avec la vache comme effet aléatoire et la parité, le JEL, la MSI, et leur interaction comme effet fixe.

2. RESULTATS

Les variations pré/post-partum des NEC n'étaient pas significatives pour l'ensemble des groupes (CTR= -0,4 ; CRP1= -0,5 ; CRP2= -0,45, *P* >0,1). Au cours de la supplémentation, aucune différence n'a été détectée pour la MSI post-partum, la PL, le lait corrigé sur l'énergie (LCE) et les matières utiles du lait entre les traitements. En outre, une interaction traitement x temps suggère que l'alimentation CRP a augmenté la PL (*P* < 0,01), le LCE (*P* = 0,06) et le rendement en matière grasse du lait (*P* < 0,01) au fil du temps pendant la supplémentation en CRP (Tableau 1). Ceci est probablement dû à la matière utile du lait numériquement supérieure, notamment pour CRP1 par rapport à CTR et CRP2 (Tableau 1). La même interaction a été observée pendant la période post-supplémentation pour PL et LCE (*P* <0,01).

(kg/j)	CTL	CRP1	CRP2	*P* value		
				Traitement	Temps	Intéraction
MG	1,79	1,92	1,8	0,3	< 0,01	< 0,01
Protéine	1,25	1,37	1,3	0,51	< 0,01	0,24
Lactose	1,95	2,11	2,03	0,37	< 0,01	0,08
PL	35,98	38,3	36,27	0,59	< 0,01	< 0,01
LCE	44,43	47,91	45,17	0,41	< 0,01	0,06
Post-MSI	21,52	21,74	21,64	0,98	< 0,01	0,01
Pre-MSI	13,01	11,53	11,81	0,29	<0,01	0,01

Tableau 1. Matières utiles du lait (matière grasse (MG), protéines, Lactose), PL, LCE et MSI pré- et postpartum (Pré-MSI ; Post -MSI) la période de supplémentation en CRP.

3. DISCUSSION

Avec une MSI numériquement réduite en pré-partum par rapport à CTR (-1,35 kg/j) et sans indicateur de bilan énergétique négatif, les vaches supplémentées en CRP semblaient être métaboliquement mieux préparées à l'entrée en lactation. C'est ce que valide les valeurs supérieures de l'efficacité de la MSI pré-partum par rapport à la PL et au LCE des vaches CRP par rapport à CTR, pendant et après la supplémentation (Tableau 2). On remarquera que CRP1 était plus efficace sur le LCE pendant la supplémentation par rapport à CTR et CRP2. Ce scénario permet d'émettre l'hypothèse qu'en influençant l'efficacité de l'utilisation des nutriments et leur répartition, les vaches CRP ont satisfait les besoins en nutriments et en énergie avec moins de MSI en prépartum mais aussi en début de lactation. De plus, l'efficacité de la PreMSI par rapport au LCE ainsi que les performances observées post-supplémentation semblent également indiquer des effets à long terme de la supplémentation en CRP pendant le péripartum et réaffirmer ce qui a été observé par Holdorf et al., 2022.

Efficacité, kg/kg	CTL	CRP1	CRP2	*P* value
PL/Pre-MSI, Sup	2,7	3,4	3	0,06
PL/Pre-MSI, Post-sup	3,3	4,2	3,9	0,07
LCE/Pre-MSI, Sup	$3,3^{b}$	$4,1^{a}$	$3,6^{ab}$	0,03
LCE/Pre-MSI, Post-sup	3,7	4,7	4,2	0,06

Tableau 2. Efficacité de la MSI pré-partum (Pre-MSI) par rapport à la PL et LCE, pendant (Sup) et après la supplémentation en CRP (Post-sup).

CONCLUSION

Ces résultats préliminaires suggèrent que la CRP a un effet sur l'utilisation de l'énergie non seulement pendant la période de supplémentation mais aussi plus tard au cours de la lactation. Dans cette étude, CRP1 montre une réponse plus prononcée par rapport à CRP2.

Arshad et al., 2020. J. Dairy Sci. 103:282–300.
Grummer R.R. 2008. Vet. J. 176:10–20.
Holdorf et al., 2022. (Abstract ADSA and EAAP)
McFadden et al., 2020. J. Dairy Sci. 103:5668–5683

Étude des effets de l'administration d'un noyau phytogénique sur la diminution de la production laitière au tarissement chez des vaches laitières

Effect of the administration of a phytogenic complementary feed on the decrease of milk yield at dry-off in dairy cows

PINON G. (1), PLICHART G. (2), GUATTEO R. (3)
(1) Clinique vétérinaire Vet&Sphère, 12 rue de la Corderie 22800 Quintin
(2) Biodevas Laboratoires, 21 rue des chardons, 72460 Savigné-l'Évêque
(3) UMR Oniris & INRAE BioEpar, 101 route de Gachet, 44307 Nantes Cedex 03

INTRODUCTION

Le tarissement, défini comme l'arrêt de la traite en fin de lactation chez les vaches laitières, est une étape essentielle. Toutefois, il peut engendrer des complications comme l'œdème mammaire et des pertes de lait favorisant la survenue de mammites. L'un des principaux facteurs de risque de complication est la production laitière le jour du tarissement (Robert *et al.,* 2005). Diminuer rapidement la sécrétion lactée devrait limiter les complications et améliorer le bien-être notamment chez les vaches produisant encore plus de 20 kg de lait au moment du tarissement.

1. MATERIEL ET METHODES

L'étude, ayant reçu l'accord d'un comité d'éthique, consistait en un essai multicentrique en double aveugle visant à évaluer l'efficacité d'un aliment complémentaire phytogénique d'artichaut (*Cynara scolimus*) et de gattilier (*Vitex agnus-castus*) (Parlac®, Biodevas Laboratoires) sur la diminution de la sécrétion lactée les 2 jours qui suivent le tarissement chez la vache, en comparaison à un placebo. Sur l'hypothèse d'une réduction de 50 % des vaches avec des pertes de lait, facteur le plus lié au risque de nouvelles infections, pour une puissance statistique à 90 %, avec une précision à 5 %, cent-six vaches Prim'Holstein produisant en moyenne 21,9 kg (+/- 5.2) de lait le jour du tarissement réparties dans 4 fermes de Sarthe, ont été aléatoirement réparties en 2 lots. Pour trois fermes, les vaches étaient traites 2 fois par jour avec compteur à lait pour mesurer la production. Pour la dernière, possédant un robot, la moyenne de traite était de 2.4 traites/jour. Les vaches du lot A recevaient par voie orale, après leur dernière traite, 100 mL d'un placebo, les vaches du lot B recevaient 100 mL d'extraits phytogéniques.
La sécrétion lactée a été évaluée indirectement avant la dernière traite, le matin (J0), puis à la même heure (+/- 1 heure), 24h (J1) et 48h (J2) après par deux paramètres : le seuil nociceptif mécanique (SNM) mesuré avec un algomètre reflétant l'engorgement mammaire et la morphologie de la mamelle, (Krug *et al*, 2018), évaluée par la distance entre les deux trayons arrière (DTA) (Albaaj *et al.*, 2018) et, lorsque possible, entre les quatre trayons (DTT). Aux mêmes moments, les pertes de lait (PDL) ont été évaluées par observation pendant 30 minutes et les baisses de temps de rumination pouvant être provoquées par de la douleur (Silanikov *et al.,* 2013) ont également été comparés (Abuelo *et al*, 2021). L'unité statistique était la vache. Un test de Student a été réalisé sur le seuil nociceptif et le temps de rumination (TR), un modèle mixte avec effet aléatoire sur les distances entre les trayons et un test du Chi² sur le pourcentage de vaches avec des pertes de lait.

2. RESULTATS

A J0, aucune différence n'a été mise en évidence concernant les caractéristiques des animaux des 2 lots permettant de considérer la randomisation comme effective. Tous les résultats sont reportés dans le tableau 1.

	J	Lot A	Lot B	*p-value*
SNM	J0	9,92 N	10,13 N	*NS*
	J1	8,06 N	8,09 N	*NS*
	J2	8,07 N	7,42 N	*NS*
DTA (variation)	J0	41,98 mm	38,35 mm	*NS*
	J1	60,67 mm (+18,34 mm)	50.56 mm (+12,20 mm)	*0,1 (0,071)*
	J2	52,92 mm (-7,75 mm)	46,1 mm (-4,46 mm)	*NS (0,24)*
DTT	J0	400 mm	374 mm	*NS*
	J1	445 mm	403 mm	*0,035*
	J2	405 mm	376 mm	*NS*
Vaches avec PDL	J0	0%	0%	*NS*
	J1	47%	23%	*0,0067*
	J2	38%	15%	*0,017*
TR (variation)	J0	575 min	554 min	*NS*
	J1	523 min (-52) min	537 min (-18) min	*NS (0,06)*
	J2	499 min (-77) min	516 min (-38) min	*NS (0,07)*

Tableau 1 : moyennes des SNM, DTA, DTT et TR

La variation de la DTA était significative (p-value = 0.0188) avec respectivement +13.26mm pour le lot A et +7.035 mm pour le lot B chez les vaches produisant plus de 20 kg à J0

3. DISCUSSION

Une diminution du SNM (p-value = $4{,}35.10^{-6}$) a été observée entre J0 et J2. Cette diminution du SNM dans le temps est dûe à l'engorgement, et non au produit à J2.
Si les variations morphologiques semblent pertinentes pour évaluer la sécrétion lactée après le tarissement, les variations du SNM sont plus délicates à interpréter soit du fait de la grande variabilité de l'expression du seuil d'une vache à l'autre soit parce que la diminution de sécrétion lactée induite par Parlac® n'est pas suffisamment grande pour être mise en évidence par cette méthode.

CONCLUSION

Parlac® diminue significativement la sécrétion lactée et les pertes de lait 24h après le tarissement. Il apporte une solution naturelle aux éleveurs pratiquant un tarissement brutal et souhaitent diminuer le risque de complications le jour du tarissement des vaches haute productrices.

Nos remerciements aux équipes du GAEC des 2 sabots, de la SCL de la Proutière, du GAEC Alix et du GAEC Chambrier

Abuelo A., Wisnieski L., Brown J.L., Sordilo L.M., 2021
Albaaj A., Marnet P. G., Hurtaud C., Quinard-Flament J., 2018, J. Dairy Sci.
Krug C., Devries T. J., Roy J. P., Dubuc J., Dufour S., 2018, Frontiers in Vet. Sci.
Robert A., Roussel P, Bareille N., Ribaud D.,Serieys F., LeGuenic M., Baudet H., Heuchel V., Seegers H. 2005, 3R
Silanikove, N., U. Merin, F. Shapiro, and G. Leitner., 2013, J. Dairy Sci. 96. 6400–6411

Effet d'une supplémentation des vaches laitières en levures probiotiques (*Saccharomyces cerevisiae* CNCM I-4407) sur l'écosystème microbien en lait cru au sein de filières fromagères AOP et IGP en Savoie

Effect of yeast probiotic (Saccharomyces cerevisiae CNCM I-4407) in dairy cows on microbial ecosystem of raw milk farms on AOP and IGP in Savoie

BRICHE M. (1), BRETON S. (2), PIGNOL C. (2), MARCHANDISE C. (3), SALAH N. (1).
(1) Phileo by Lesaffre - A business unit of S.I. Lesaffre, 137 rue Gabriel Péri, 59700 Marcq-en-Barœul
(2) AFTALP – Association des Fromages Traditionnels des Alpes Savoyardes – 28 rue Louis Haase, 74230 Thônes
(3) Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, 23 Chemin des Capelles, 31300 Toulouse

INTRODUCTION

Les Savoies sont connues pour leurs fromages protégés par des appellations (IGP/AOP) dont le process de fabrication suit un cahier des charges spécifique adapté aux pratiques agricoles de la région. Ces fromages typiques sous appellation ont convaincu le consommateur, notamment grâce à leur lien étroit au terroir caractérisé par des élevages basés sur l'utilisation de prairies de montagnes, de races locales et surtout de lait cru qui donnent à ces fromages des qualités organoleptiques particulières.
Bien que leurs effets sur les performances laitières soient prouvés, l'utilisation des levures probiotiques dans les filières fromagères IGP/AOP de Savoie est interdite par les cahiers des charges, sauf sous prescriptions vétérinaires. Néanmoins, une enquête réalisée en 2016 a révélé que certains éleveurs faisaient appel à ces additifs. L'objectif est ici d'étudier l'effet de la supplémentation des vaches avec la levure *Saccharomyces cerevisiae* – *Actisaf Sc47*® (*Sc*) sur l'écosystème microbien du lait cru et de l'environnement de l'élevage qui peuvent avoir une incidence sur la fromageabilité et les caractères organoleptiques des fromages.

1. MATERIEL ET METHODES

La qualité organoleptique des fromages dépend à la fois de la qualité du lait et de sa microflore. Les principaux réservoirs de microflore dans l'environnement global de l'exploitation sont les trayons, les bouses et l'air. Se pose donc la question de l'impact d'une supplémentation probiotique telles que les levures vivantes sur ces réservoirs.
La présente étude, qui a fait l'objet d'une thèse vétérinaire, a été menée au sein de 10 exploitations. Afin de limiter les facteurs extérieurs d'influence des microflores, le suivi a été effectué sur une période d'élevage en bâtiment.
Les éleveurs ont distribué 100g de prémix/VL/j, correspondant à 5 g de *Saccharomyces cerevisiae* Sc47 CNCM I-4407, Actisaf® (Phileo by Lesaffre, France), soit 50.10^{e}9 UFC/VL/j dans la ration (en top feeding ou via mélangeuse).
Un design expérimental de crossover en 3 périodes a été mis en place : avant (2 semaines), pendant (4 semaines) et après (5 semaines) supplémentation en levure.
Les prélèvements, réalisés par une étudiante vétérinaire, étaient au nombre de 2 avant, 2 pendant et 3 après supplémentation. Ils ont été effectués à la fin de chaque période et ce sur 4 matrices : les bouses, le lait du tank, les trayons et l'air. Les germes totaux, moisissures et levures ont été analysés par le laboratoire Actalia et Phileo by Lesaffre. Au total, 280 échantillons ont été analysés pour le dénombrement de *Sc*. Les dénombrements de germes totaux et moisissures ont été réalisés uniquement une fois par période pour les quatre types d'échantillons. L'impact de la période (avant, pendant ou après distribution) a été statistiquement évalué grâce à une ANOVA de type modèle linéaire généralisé, accompagné par un test de Tukey. Le seuil de signification a été considéré si $p<0.05$ et les tendances entre 0.05 et 0.1.

2. RESULTATS

2. 1EFFET DE LA LEVURE SUR L'ECOSYSTEME MICROBIEN

Dans les bouses, l'analyse des levures totales ainsi que la souche *Sc* (tableau 1) a montré une augmentation puis une chute significative ($p < 0,001$) pendant et après l'arrêt de la distribution de levures, respectivement. Parmi ces *Sc*, après génotypage, la souche CNCM I-4407 a été identifiée uniquement lors des deux prélèvements pendant la période de distribution dans les bouses (8 et 7 exploitations sur 10) et sur les trayons (5 et 6 exploitations sur 10). La distribution de levure n'a pas modifié les dénombrements en germes totaux et moisissures ($p > 0,05$).

Période	Avant		Pendant		Après	
	L totales	*Sc*	L totales	*Sc*	L totales	*Sc*
Bouses	1,47^{a}	0,84^{a}	3,16^{b}	2,18^{b}	1,63^{a}	0,44^{a}
Trayons	3,28^{a}	0,92^{a}	2,86^{a}	0,90^{a}	2,49^{a}	0,30^{b}
Air	1,83^{a}	0,70^{a}	1,69^{a}	0^{b}	2,52^{a}	0^{b}
Lait	0,99^{a}	0,77^{a}	0,94^{a}	0,48^{a}	0,63^{a}	0,40^{a}

Tableau 1. Evolution des levures totales et *Saccharomyces cerevisiae* dans les différents supports (entre les colonnes, différentes lettres indiquent une différence significative)

3. DISCUSSION

La composition initiale du lait ainsi que le système microbien de l'exploitation peuvent moduler les caractéristiques des fromages fabriqués à partir de lait cru. C'est la raison pour laquelle, dans certaines régions comme en Savoie, l'utilisation des levures probiotiques n'est pas autorisée. Lors de cette étude, la supplémentation en levures Sc CNCM I-4407 a entrainé une augmentation temporaire dans les bouses en levures sans qu'il n'y ait eu d'impact observé (germes totaux, levures et moisissures) sur les trayons, l'air et le lait. Cela peut être expliqué par leur très faible multiplication et leur vitesse de passage dans le rumen de l'ordre de 0,17/h (Newbold et al. 1989). Dans notre étude sur les 3 fromages qualifiés de sensibles au moindre changement, aucune contamination ou modification du lait de tank n'a été détectée pendant la distribution de levure comme d'autres études l'avaient déjà démontré (Grilli et al. 2016).

CONCLUSION

La supplémentation en levures probiotiques n'entraîne pas de modifications significatives des dénombrements microbiens effectués sur trayons, air et lait malgré l'augmentation temporaire de levures dans les bouses et la présence de la souche distribuée mise en évidence dans les bouses et sur les trayons.

Grilli E et al., 2016. JDS., 11,3, 124-129. Rep. Int., 24, 47-56
Newbold C.J et al., 1990. Proceedings of the Nutrition Society 49: 47

Impact technico-économique de l'utilisation de la betterave fourragère dans la ration hivernale des vaches laitières

Technical and economic impact of the use of fodder beet in the winter diet of dairy cows

TRANVOIZ E. (1), BROCARD V. (2), HENAFF J. (3), LE COEUR P (1)
(1) Chambre d'agriculture de Bretagne, 24 route de Cuzon, CS 26032 29322 Quimper Cedex
(2) Institut de l'Elevage, BP85225, 35652 Le Rheu Cedex
(3) KWS MOMONT SA, 7 rue Martinval, 59246 Mons en Pevele

INTRODUCTION

Les betteraves dites « fourragères » sont cultivées depuis de nombreuses années sur le continent européen, permettant de fournir un aliment riche aux ruminants (Chenais, 1994). Ce fourrage appétant est bien adapté pour la production laitière grâce à sa densité énergétique. Il assure un bon rendement car il est peu sensible aux aléas climatiques. Le regain d'intérêt pour cette culture ces dernières années en Bretagne, et l'ancienneté des derniers essais zootechniques sur ce fourrage, ont conduit la Chambre d'agriculture de Bretagne et IDELE à réaliser un essai sur l'incorporation de betteraves fourragères dans la ration hivernale des vaches laitières.

1. MATERIEL ET METHODES

La station de Trévarez dispose d'un troupeau de vaches Prim' Holstein en agriculture conventionnelle. L'essai a été mené durant 2 hivers (2019/20-2020/2021). La ration à volonté était composée d'ensilage de maïs (EM) et de 4 kg de MS d'ensilage d'herbe précoce (à 40% de MS). Le correcteur azoté (tourteau de colza) était apporté pour corriger la ration de base à 95 g de PDI/UFL. Durant 10 semaines, le lot Expérimental recevait 4 kg de MS de betteraves tandis que le lot Témoin n'en recevait pas. Les autres fourrages distribués étaient identiques. Le maïs était apporté à volonté dans les deux lots. Les ingestions de chaque lot ont été mesurées ainsi que les productions laitières individuelles et les taux.

2. RESULTATS

2.1 RENDEMENT ET VALEURS ALIMENTAIRES

A Trévarez, la betterave, de type moyennement à très riche en MS, est implantée après une prairie. Les levées échelonnées de 2020 ont impacté le rendement matière sèche alors qu'en 2019, le rendement MS était supérieur 25% par rapport à celui du maïs ensilage (16 TMS/ha vs 12,9TMS/ha). Dans un contexte arrosé et malgré des sols peu portants, la récolte s'est bien déroulée en profitant des accalmies ou des jours de gel pour récolter dans de bonnes conditions. Au final, le rendement MS de la betterave est, dans la situation la moins favorable, équivalent à celui d'un maïs. Nous constatons une production d'UFL/ha supérieure de 20% en comparaison d'un EM.

2.2 PERFORMANCES LAITIERES

Sur un régime EM dominant, l'incorporation de betteraves fourragère n'a pas eu d'impact sur l'ingestion des animaux. On a constaté une substitution de 1/1 entre l'EM et la betterave. Avec un respect des transitions alimentaires, le risque d'acidose était limité d'autant plus que les vaches ne recevaient pas de concentré de production. Sur l'ensemble de l'essai, le lot Témoin a produit 29,3 kg de lait contre 28,3 kg pour le lot Expérimental. Cet écart en faveur du lot Témoin est significatif (p-value < 0.001) uniquement la première année. Pour les taux, le lot Témoin a produit 43,1g/kg de TB et 31,8 g/kg de TP contre 44,0 g/kg de TB et 32, g/kg de TP pour le lot Expérimental (tableau 1). Les écarts de taux ne sont significatifs que pour les multipares (+1,9 g/kg pour le TB et +1,6 g/kg pour le TP) (p-value < 0.001). Les matières produites sont stables, la baisse de lait étant compensée par l'augmentation des taux.

2.3 PERFORMANCES ECONOMIQUES

L'évaluation a été réalisée pour un troupeau livrant 544 000L /an avec 3 mois d'utilisation de la betterave. Avec un prix du litre de lait majoré de 10€/1000L lors de l'utilisation de la betterave grâce à l'augmentation des taux, un coût alimentaire plus élevé et une légère baisse de lait pour le lot avec betterave, l'impact économique de l'introduction de la betterave sur la marge d'atelier annuelle est très faible (tableau 2).

3. DISCUSSION

La substitution entre la betterave et l'EM augmente par rapport aux essais passés (Chenais, 1994). La ration à volonté et de qualité à base d'ensilage de maïs et d'ensilage d'herbe explique cette substitution par rapport à des rations moins riches (Dulphy et al, 1990). La perte de lait est cohérente avec certains essais plus anciens (Chenais, 1994). Par contre, l'effet sur les taux liés à la parité n'avait jamais été constaté auparavant et pourrait être liée à une moindre ingestion de betteraves par les primipares (concurrence à l'auge).

CONCLUSION

Avec des rendements et avec des valeurs UFL supérieurs à l'ensilage de maïs, la betterave fourragère permet de produire +20% UFL/ha. Au niveau de son impact zootechnique, ce fourrage entraîne une légère baisse de production laitière (-1,0 kg/VL/jour), mais une augmentation des taux chez les multipares. L'impact économique de l'introduction de la betterave est très faible.
Au niveau du paiement vert de la PAC, elle est intéressante pour les exploitations laitières n'ayant pas de cultures de vente et devant présenter 3 cultures différentes dans leurs assolements. Cette culture peut permettre d'assurer les rendements dans des zones à aléas pour le maïs.

Chenais, V., 1994, GTV 94-1-B-478
Dulphy JP., Rouel J. et Bony J., 1990, Productions animales, vol 3, n°3, 195-200

Différence entre le lot « Expérimental » et le lot « Témoin » (moyenne des deux années)	
Lait (kg)	-1.0 (* en 2019/2020, NS 2020/2021)
TB (g/kg)	+ 1,9 * pour les multipares
TP (g/kg)	+ 1,6 * pour les multipares

Tableau 1. Effet de l'incorporation de betteraves fourragères dans la ration hivernale des vaches laitières
Légende : écart significatif au seuil : * p< 0.001

€	Lot Témoin	Lot Expérimental
Prix payé (/1 000L)	338	341
Produit lait	235 013	236 964
Charges opérationnelles	80 995	83 128 €
Marge atelier	154 018	153 836
Ecart de marge d'atelier	- 182	

Tableau 2 : Impact économique annuel

Efficience azotée des vaches laitières nourries avec des régimes à base d'herbe verte ou de maïs fourrage : une comparaison par méta-analyse

Nitrogen efficiency of dairy cows fed fresh herbage or maize diets: a meta-analysis

FERREIRA M. (1), DELAGARDE R. (1), EDOUARD N. (1)
(1) PEGASE, INRAE, Institut Agro, 16 Le Clos, Saint-Gilles 35590, France

INTRODUCTION

Pour assurer leur pérennité, les systèmes bovins laitiers doivent maximiser la valorisation des ressources protéiques afin de limiter l'utilisation d'intrants et de réduire leur impact environnemental lié aux pertes d'azote (N). Pour ce faire, les éleveurs peuvent s'appuyer sur les fourrages, aliments peu coûteux qu'ils peuvent produire sur leur exploitation et dont la diversité permet de multiples stratégies alimentaires. L'objet de cette étude est de comparer les déterminants de l'efficience N selon différents régimes alimentaires constitués principalement soit d'herbe verte soit de maïs fourrage, par méta-analyse de la base CowNflow (Ferreira *et al*., 2021).

1. MATERIEL ET METHODES

La base CowNflow regroupe des données de bilans individuels hebdomadaires (ingestion – excrétion) d'N de vaches Holstein en lactation nourries à l'auge, mesurées à la ferme laitière de Méjusseaume (Le Rheu, France, https://doi.org/10.15454/yk9q-pf68). Les données de matière sèche ingérée (MSI), de production laitière (PL), de composition du lait et de composition chimique des aliments et des rations sont disponibles. La méta-analyse s'est concentrée sur un sous-ensemble de cette base (n = 266 données), correspondant à des vaches nourries avec deux types de régimes classés suivant la nature des fourrages de la ration, le type de régime « Herbe verte » (n = 113 données) et le type de régime « Maïs » (n = 153 données). La proportion moyenne de concentrés dans la ration ingérée est de 70 ± 126 g/kg de MSI pour les régimes « Herbe verte » et 270 ± 73 g/kg de MSI pour les régimes « Maïs ». Cela correspond à des doses quotidiennes de concentrés ingérés de 1,1 ± 1,95 kg MS pour le régime « Herbe verte » et 5,6 ± 1,90 kg MS pour le régime « Maïs ». L'effet du type de régime sur l'efficience N (%) a été étudié par analyse de covariance à l'aide d'un modèle mixte (effets vache et essai en aléatoires). L'efficience N a été calculée comme le rapport entre N exporté dans le lait et N ingéré. Un panel de variables explicatives liées à des caractéristiques zootechniques et de la ration a été testé pour construire le modèle : la teneur en matière azotée totale de la ration ingérée (MAT, g/kg MS), la MSI (kg/j), la PL (kg/j) et le taux protéique (TP, g/kg de lait). Les teneurs en protéines (PDI, g/kg MS) et énergie (UFL, UFL/kg MS) de la ration ont été calculés à l'aide du système d'alimentation INRA (2018). L'effet linéaire et quadratique de chacune de ces variables a été testé, ainsi que leurs interactions avec le type de régime. Le modèle le plus parcimonieux a été déterminé en partant du modèle le plus complet possible, puis en retirant une à une les variables les moins significatives afin de ne conserver que des variables et interactions significatives.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

Les vaches nourries avec le régime « Maïs » ont une efficience N plus importante que celles nourries avec le régime « Herbe verte » (respectivement 31 ± 5,7 % et 24 ± 7,6 %). L'augmentation de la teneur en MAT du régime entraîne une diminution non linéaire de l'efficience N (Figure 1a). La teneur en MAT du régime « Herbe verte » (178 ± 45,5 g/kg MS) est en moyenne plus élevée et plus variable que celle du régime « Maïs » (149 ± 20,8 g/kg MS). A même teneur en MAT, les régimes « Maïs » sont plus efficients que les régimes « Herbe verte », sans doute car ils correspondent à des PL plus élevées. Or, l'augmentation de la PL entraîne une hausse non linéaire de l'efficience N (Figure 1b). La PL est plus élevée chez les vaches nourries avec le régime « Maïs » (29 ± 6,9 kg/j) que chez celles nourries avec le régime « Herbe verte » (18 ± 5,0 kg/j). Ces différences de PL sont en partie dues à une MSI plus importante pour les régimes « Maïs » (21 ± 2,5 kg/j) que pour les régimes « Herbe verte » (14 ± 2,4 kg/j). A l'inverse, à même PL, les vaches du régime « Herbe verte » sont plus efficientes que celles du régime « Maïs ». Une des hypothèses est que les vaches nourries avec de l'herbe mangent moins pour produire autant de lait que les vaches nourries avec du maïs. La courbe de l'efficience N en fonction de la PL a une pente plus importante pour le régime « Herbe verte » (pente de 1,95) que pour le régime « Maïs » (pente de 1,89), ce qui signifie que la hausse de l'efficience N avec la hausse de la PL est plus forte chez les vaches nourries avec de l'herbe que chez celles nourries avec du maïs.

CONCLUSION

La nature des fourrages de la ration, herbe verte ou maïs fourrage, a une influence sur la valorisation de l'N par la vache laitière. Ceci est lié directement à leur teneur en MAT, mais aussi à leurs effets sur la MSI et la PL. Les régimes « Maïs » sont les plus efficients à même teneur en MAT de la ration, alors que les régimes « Herbe verte » sont les plus efficients à même PL.

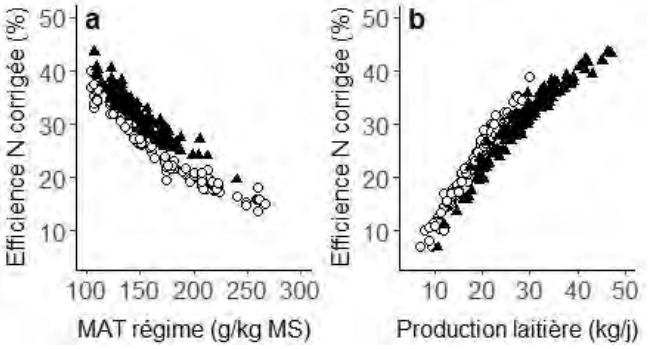


Figure 1 Effet de la teneur en MAT du régime (a) et de la production laitière (b) sur l'efficience N corrigée de vaches nourries avec un régime à base d'herbe verte (○) ou de maïs fourrage (▲). Pour chaque point, l'efficience N a été corrigée avec les valeurs observées et les coefficients du modèle pour toutes les variables explicatives, à l'exception de celles liées au type régime et à la MAT (a) ou à la PL (b), puis centrée sur les valeurs moyennes par type de régime pour chacune des variables dont elle a été corrigée.

Les auteurs remercient tous les personnels INRAE impliqués dans la production des données. Ce travail est soutenu par l'ADEME dans le cadre du projet EMIGRAZE.

Ferreira, M., Delagarde, R., Edouard, N., 2021. Data in Brief, 38.
INRA, 2018. Alimentation des Ruminants. Editions Quae, Paris, France, 736 pp.

Effet comparé du monensin et d'actifs végétaux sur le bilan de l'azote (N) et l'utilisation de l'énergie chez des vaches en milieu de lactation

Comparative effect of monensin and plant active ingredients on nitrogen (N) balance and energy use in cows in mid-lactation

GUILLAUME S. (1), KERROS S (1)., DE FREITAS Jr.J.E. (2)
(1) Phytosynthese, 63200 Mozac
(2) Université fédérale de Bahia, Brésil

INTRODUCTION

La valorisation de l'Energie et de la Protéine représente un point clé pour l'élevage aujourd'hui, d'abord pour des questions économiques, mais aussi de durabilité. Pour améliorer leur efficacité, des additifs alimentaires, y compris les antibiotiques (peuvent être classés comme non-ionophores et ionophores), sont utilisés pour manipuler les paramètres de fermentation du rumen (Beeson et Perry, 1952). Cette étude a été menée pour évaluer les effets d'une supplémentation en monensin et saponines seuls ou combinés avec des Huiles Essentielles (HE) sur l'ingestion, la production laitière et le bilan azoté.

1. MATERIEL ET METHODES

Huit vaches canulées Jersey en lactation (production moyenne de 17,6 ± 5,5 kg / jour et stade de lactation moyen = 100,5 ± 2 jours) ont été disposées selon un schéma en carré latin répliqué avec des périodes de 21 jours : 14 jours d'adaptation et 7 jours de prélèvement. Les vaches étaient logées dans des enclos individuels avec libre accès à la ration et à l'eau. La ration, équilibré à 16,4% de protéine brute est à base d'ensilage de Maïs (50%) supplémenté par de la farine maïs (20%), du tourteau de soja (17,3%), son de blé (9%) et minéraux (3,7%). Les traitements ont été assignées au hasard : CON : Témoin négatif ; SAP : CON + 10g/j/vache de Saponines (Fenugrec) ; SAPEO : SAP + mélange d'Huiles Essentielles naturelles standardisées ; MON : monensin (24mg/kg MS)

2. RESULTATS

2.1 INGESTION ET PRODUCTION DE LAIT

Les vaches du lot CON ont présenté des niveaux d'ingestion plus élevés que le lot MON (p=0.03). Les traitements n'ont pas eu d'effet sur la production de lait. Les taux butyreux (TB) et protéiques (TP) ont toutefois été améliorés (P = 0,01) pour les vaches nourries avec SAPEO en comparaison du MON.

2.2 BILAN AZOTE ET UTILISATION DE L'ENERGIE

Aucune différence significative n'a été observée sur l'azote retenu dans le lait (Tableau 2). SAP et SAPEO ont eu une tendance (p=0.08) à réduire les pertes azotées dans les urines et fèces. Les vaches nourries avec CON, SAP et SAPEO ont montré des apports énergétiques nets et digestibles similaires qui étaient supérieurs à ceux nourris avec MON (P=0,01).

Les vaches nourries avec SAPEO ont montré une efficacité plus élevée (Energie lait /Energie Digestible ; P = 0,01) que celles nourries avec CON et SAP, et une efficacité similaire avec MON.

	CON	SAP	SAPEO	MON	P value
Matière Sèche Ingéré (kg/jour)	11,9^{a}	11,2^{ab}	11,6^{ab}	9,99^{b}	0.03
Lait Produit (kg/j)	17,5	16,4	18,7	17,7	0.38
TB (g/kg)	47,5^{ab}	49,3^{ab}	52,5^{a}	46,0^{b}	0.01
TP (g/kg)	36,7^{ab}	37,5^{ab}	38,8^{a}	36,0^{b}	0.01

Tableau 2 Ingestion et Production de Lait

3. DISCUSSION

Les traitements n'ont pas influencé la production de lait par rapport au témoin bien que SAPEO ait significativement augmenté le TB et TP par rapport au MON. Selon Vendramini et al. (2016), un plan expérimental en carré latin n'est pas le plus approprié pour évaluer les performances des animaux. Ainsi, l'absence d'effets des additifs sur la production de lait ne peut pas être confirmée dans cette étude. Les vaches nourries avec SAPEO ont montré une meilleure efficacité énergétique que celles nourries avec CON et SAP. Ce résultat indique une meilleure utilisation de l'énergie lorsque les HE étaient associés aux saponines. L'activité anti protozoaire des saponines et l'activité antimicrobienne des HE peuvent entraîner la modification de la fermentation du rumen. Il a été démontré qu'un mélange d'HE combinées avec des saponines améliorait l'efficacité de la production laitière (Cadudal et al., 2017).

CONCLUSION

Le monensin et l'association des saponines et HE permet d'améliorer l'efficacité énergétique, mais n'ont pas modifié la production de lait. Toutefois, une tendance de réduction des pertes azotées dans les urines et feces a été observée dans l'association saponines et HE. Un essai à plus grande échelle permettrait de mieux évaluer l'effet de cette association sur l'efficacité de la production laitière.

Beeson, W.M., Perry, T.W., 1952. J. Anim. Sci. 11, 501–515. L.O.
Vendramini, T.H.A., Takiya, C.S., Silva, 2016. Anim. Feed Sci. Technol. 214, 12–21.
Cadudal, B., Kumprechtova, D., Jancik, F., 2017. ADSA Annual Meeting. American Dairy Science Association, 2017.

Tableau 1: Utilisation de l'azote et de l'énergie

		CON	SAP	SAPEO	MON	P value
Utilisation de l'azote	N Ingéré (g/j)	322	325	312	290	0.12
	N Lait (% N ingéré)	21,2	20,3	24,1	21,2	0.32
	N excrété (Urine + Fèces) (% N ingéré)	67,9^{a}	61,2^{b}	64,1^{b}	65,9^{ab}	0.08
Utilisation de l'énergie (MJ/j)	Energie nette ingéré	80,8^{a}	75,3^{a}	76,6^{a}	67,4^{b}	0.01
	Energie digestible ingérée	146^{a}	140^{a}	141^{a}	123^{b}	<0.01
	Energie Lait/ Energie digestible ingérée	0,41^{b}	0,37^{b}	0,48^{a}	0,47^{ab}	0.01

Effets *in vivo* d'un mélange d'huiles essentielles, en substitution de sources d'énergie, sur les performances des vaches laitières

In vivo effects of a blend of essentials oils, in substitution of energy sources, on the performance of dairy cows

LEMESLE A. (1), FORGEARD G. (1), LELOUTRE L. (1), BULCKE Q. (2)
(1) TECHNA FRANCE NUTRITION, Les Landes de Bauche, 44 220 COUERON, France
(2) Ferme expérimentale, AgroParisTech, 78850 Thiverval-Grignon, France

INTRODUCTION

La modulation de la fermentation du rumen avec des actifs naturels spécifiques peut participer à l'amélioration de la digestibilité et de l'efficacité énergétique. Les huiles essentielles sont connues pour modifier l'activité microbienne du rumen, y compris la possibilité d'améliorer ou d'inhiber des populations microbiennes spécifiques pour optimiser les fermentations des glucides (Calsamiglia *et al.*, 2007 ; Bodas & al., 2012). Des publications scientifiques ont également montré le potentiel des huiles essentielles pour améliorer les performances des ruminants (Calsamiglia *et al.*, 2021). L'objectif de cet essai est de mesurer, *in vivo*, l'effet d'un mélange d'huiles essentielles (principes actifs d'ELENSIS®), en substitution de sources d'énergie, sur les performances des vaches laitières.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. ANIMAUX

Deux lots homogènes (Essai et Témoin) de dix-huit vaches de race Prim'Holstein en production (stade moyen 160 j) ont été constitués sur la base du stade, du numéro de lactation, du poids vif et des données laitières collectées la semaine précédant la mise en lot : lait brut, TB, TP, lactose, urée. Les vaches sont intégrées dans un schéma expérimental continu.

1.2. DISPOSITIF EXPERIMENTAL

Pendant la période expérimentale de onze semaines, le lot Essai, qui est complémenté avec le mélange d'huiles essentielles, a reçu une ration avec un niveau inférieur en énergie par rapport à la ration du lot Témoin (Tableau 1). La ration distribuée à l'auge est différente entre les lots avec une base commune composée de 21,6% d'ensilage de luzerne, 13,4% de tourteau de colza, 6,5% de pulpe de betterave surpressée, 5,2% de tourteau de colza gras, 3,8% d'orge et 2,3% de CMV. L'ensilage de maïs représente 38,8% et 39,7% dans les lots Témoin et Essai respectivement. Le maïs grain représente 7,4% dans le lot Témoin et 6,7% dans le lot Essai. De plus, 200g de matière grasse hydrogénée (Huile de colza) est apportée dans le lot Témoin contre 120 g dans le lot Essai.

1.3. MESURES ET ANALYSES

Les données mesurées ont été les suivantes : production laitière individuelle quotidienne par des compteurs à lait, qualité du lait (TB, TP, cellules, lactose, urée, acétone) toutes les semaines par des contrôles laitiers sur 4 traites successives, note d'état corporel tous les mois.

1.4. ANALYSE STATISTIQUE

Les données ont été traitées par une analyse de variance covariance, à mesures répétées d'ordre 1 (procédure GLM / SAS). Aucun test n'a été réalisé concernant le GMQ et la NEC.

2. RESULTATS

2.1. EFFET SUR LES PERFORMANCES LAITIERES

Nutriments	Témoin	Essai
Matière Sèche, *%*	47,5	48,9
Protéine Brute, *%MS*	15,6	15,6
Cellulose Brute, *%MS*	18,9	19,1
Amidon+Sucre, *%MS*	20,8	20,5
Matière grasse, *%MS*	3,7	3,3
UFL, UF/kgMS	0,98	0,96

Tableau 1 : Caractéristiques nutritionnelles des rations

La production du lot Essai devient supérieure au lot Témoin dès la S4 avec respectivement 31,3 et 30,8 kg lait/VL/j soit +0,5 kg pour le lot Essai, cependant cette différence n'est pas significative (P>0,1). Le TB est supérieur pour le lot Essai avec 41,9 g/L par rapport au lot Témoin (40,2 g/L). Par conséquent, la production de lait corrigée de l'énergie (ECM) est supérieure dans le lot Essai avec 32 kg lait/VL/j soit +1 kg par rapport au lot Témoin. L'efficacité alimentaire (ECM/kgMSI) est relativement proche entre les lots tout au long de l'essai.

2.2. EFFET SUR LES NOTES D'ETAT CORPOREL

La reprise de poids est plus importante dans le lot Essai avec 408 g/j soit +113g par rapport au lot Témoin. La NEC, durant la période expérimentale, est identique entre les deux lots.

Variables	Moyenne des Moindres Carrés		*Valeur p*
	Témoin	Essai	
Lait Brut, $kg.j^{-1}$	30,8	31,3	>0,1
Lait ECM, $kg.j^{-1}$	31,0	32,0	0,008
TP, $g.l^{-1}$	33,5	33,2	>0,1
TB, $g.l^{-1}$	40,2	41,9	<0,001
Urée, $mg.l^{-1}$	250	249	>0,1
Eff. Alimentaire $LaitECM.kgMSI^{-1}$	1,39	1,37	

Tableau 2 *:* Principaux résultats statistiques

3. DISCUSSION

Les résultats de cet essai montrent des résultats zootechniques significativement supérieurs pour la production laitière corrigée de l'énergie et le taux butyreux pour le lot Essai. Associé à une ration, le mélange d'huiles essentielles semblerait compenser le niveau inférieur d'énergie, par kg de MSI, sous forme de matières grasses et de glucides dans les conditions de l'essai. Cet effet serait dû, à la fois, à une action sélective, dans le rumen, sur certaines bactéries (Calsamiglia *et al.*, 2007) et, également, à un meilleur niveau de digestibilité globale de la ration (digestion ruminale et intestinale).

CONCLUSION

L'utilisation d'un mélange d'huiles essentielles spécifiquement sélectionnées (ELENSIS®) permettrait de maintenir ou d'améliorer les performances et l'efficacité énergétique lorsqu'il est utilisé en substitution de sources d'énergie dans la ration (matières grasses et glucides en kg MSI) chez les ruminants. Cette propriété pourrait être utilisée pour reformuler les rations pour améliorer les performances ou diminuer la part d'énergie.

Bodas, R., Prieto, N., García-González, R., Andrés S., Giráldez, F.J., López, S., 2012. Anim. Feed Sci. Techno. l. 176, 78– 93
Calsamiglia, S., Busquet, M., Cardozo, P.W., Castillejos, L., Ferret, A., 2007. J. Dairy Sci. 90, 2580–2595
Calsamiglia, S., Rodriguez-Prado, M., Fernandez-Turren, G., Castillejos, L., 2021. J. Animal Science 99, 132

Prouver le concept d'un pilotage de précision de l'alimentation des vaches laitières
Development and proof the concept of precision feeding for dairy cows

FISCHER A. (1), CHEVALIER G. (2), GAILLARD C. (3), GAUDILLIERE N. (4), GILLIER M. (5), JURQUET J. (1)
(1) Institut de l'Elevage, F-75595 Paris, France
(2) Chambre d'Agriculture Pays de la Loire, F-49500 Segré-en-Anjou, France
(3) PEGASE, INRAE, Institut Agro, F-35590 Saint Gilles, France
(4) Eliance, F-75595 Paris, France
(5) SAS ferme expérimentale laitière des Trinottières, F-49140 Montreuil-sur-Loir, France

INTRODUCTION

Avec environ 40% des élevages équipés de DAC (Allain et al., 2015), la ration semi-complète redevient une pratique courante en élevage laitier. Cette pratique d'alimentation consiste à distribuer une ration de base à l'auge et complémenter individuellement en concentré chaque vache selon sa production et son stade de lactation. Les concentrés représentent le premier poste de charge d'alimentation du troupeau (Inosys, 2019). La ration semi complète serait un moyen d'optimiser le coût de la ration. Cette pratique augmente le coût de la ration par un usage accru des concentrés dans les élevages équipés de robots de traite, donc de DAC (EILYPS, 2020). Or, à même quantité distribuée de concentrés sur la lactation, les performances techniques et économiques de la ration semi-complète sont similaires à celles d'une ration unique sans complémentation individuelle (Yan et al., 1998). Pour éviter de réitérer ces pratiques, la complémentation individuelle doit tenir compte de l'ensemble des leviers d'utilisation du concentré par la vache et pas seulement de la production laitière.
Le projet HARPAGON propose de faire la preuve de concept d'un nouveau pilotage des concentrés distribués en complément de la ration de base en se basant sur les technologies déjà disponibles en élevage, sur les objectifs de l'éleveur et sur la diversité d'utilisation de la ration par les vaches. Ce papier présente le concept et les résultats attendus.

1. PRESENTATION DU CONCEPT DEVELOPPE

La finalité du projet est de combiner les informations issues des outils de monitoring des performances individuelles (compteur à lait, balance pour le poids vif, analyseur de lait) et de DAC disponibles en élevage pour optimiser l'alimentation de chaque vache. L'offre alimentaire sera adaptée à la « réaction » de chaque vache et non plus à une vache « moyenne » comme c'est le cas actuellement dans les systèmes d'alimentation des vaches laitières.
Le concept est basé sur 3 étapes (Figure 1). Pour identifier la réaction de chaque vache, l'outil va suivre les performances de chaque vache avant, pendant et après une variation en quantité et qualité de la ration en diminuant le concentré offert au DAC. Les performances suivies sont celles qui peuvent servir de levier aux vaches pour compenser cette baisse du concentré. Ces leviers sont : l'augmentation de consommation de ration à l'auge; une plus forte mobilisation des réserves corporelles et/ou une diminution de la production laitière. Le niveau de concentrés au DAC est ensuite ajusté en fonction du profil de réponse de chaque vache et des objectifs de l'éleveur (tableau 1).

Profil de réponses / Exemples d'objectif éleveur	L	C	RC
Concentré trop cher, je veux baisser son utilisation mais sans perdre en production.	=	-	-
Augmenter la production rapidement, mais n'ai pas les fourrages nécessaires.	+	=	=

Tableau 1 Exemple de décision d'allocation du concentré ('=' = maintien, '-' = baisse, '+' = augmentation du concentré) selon le profil de réponse (L : lait, C : consommation à l'auge, RC : réserves corporelles) et de deux objectifs de l'éleveur.

Pour être sûr de développer un outil utile et utilisable par les éleveurs et conseillers, le projet inclut des enquêtes auprès de ces futurs utilisateurs et la **participation d'éleveurs et conseillers** dans la construction de l'outil. Le projet inclut à la fois le **développement du concept** et sa **comparaison par rapport à une ration complète** sur les plans zootechnique, économique et environnemental. Pour s'assurer de la faisabilité du concept, une partie du projet visera à **adapter les outils déjà présents en élevage** pour assurer le suivi à haut débit des trois réponses.

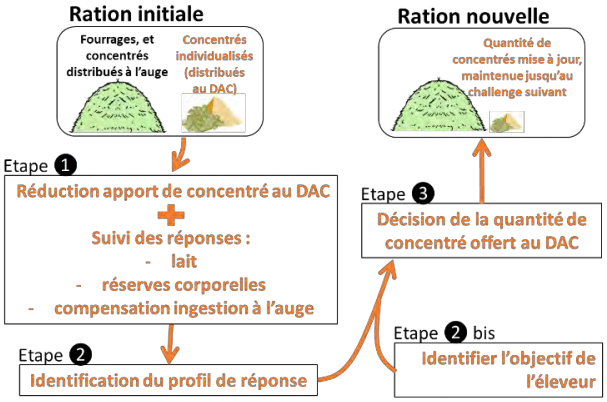


Figure 1 Les 3 étapes du concept d'alimentation de précision développé et testé dans le projet HARPAGON.

2. RESULTATS ATTENDUS

Ce projet, débuté en novembre 2021 pour 3,5 ans, aboutira :
- à une description des profils adaptatifs des vaches laitières à une modulation des apports de concentré,
- à un guide contenant les clés de décision permettant à l'éleveur de définir la quantité de concentré individualisé à allouer à chaque vache selon son profil de réponse,
- à une notice décrivant les procédures d'une alimentation de précision des vaches laitières,
- à un état des lieux de l'intérêt des acteurs et du niveau d'équipements sur le terrain pour la mise en œuvre d'une alimentation de précision,
- à une preuve de concept de la mesure de la substitution entre ration de base et concentrés à partir de données disponibles en élevage, et
- à une preuve de concept et évaluation du bénéfice d'une alimentation de précision en vaches laitières.

CONCLUSION

Le projet Harpagon développe et teste un nouveau concept de pilotage de l'allocation du concentré de production pour les élevages laitiers équipés en DAC, stalle de pesée et compteurs à lait. L'idée est d'identifier comment chaque vache utilise le concentré pour ensuite adapter les quantités offertes à chaque vache en accord avec les objectifs fixés par l'éleveur. Les résultats sont attendus pour avril 2025.

Ce projet bénéficie du soutien financier du CASDAR (n°21ART3944406).

Allain C., et al. 2015. Renc. Rech. Rum., Paris, France.
INOSYS réseaux d'élevage, (INOSYS) 2019. INOSYS.
Yan T., et al. 1998. Anim. Sci. 67, 395-403.

Le comportement de tri chez la chèvre laitière. Un trait de caractère qui peut influencer la valeur nutritive de rations à base de foin de luzerne et d'ensilage de maïs ?
Sorting behaviour in dairy goats. A trait affecting the nutritive value of diets based on alfalfa hay and corn silage?

GIGER-REVERDIN S. (1), ERHARD H. W. (1)
(1) Université Paris-Saclay, INRAE, AgroParisTech, UMR Modélisation Systémique Appliquée aux Ruminants, 91120, Palaiseau, France

INTRODUCTION

La chèvre se différencie des autres ruminants par sa capacité d'adaptation liée notamment à son comportement de tri très développé (Morand-Fehr *et al.*, 1980). Des travaux précédents ont montré que le comportement alimentaire d'une chèvre était répétable dans le temps, mais variable entre des animaux d'un même troupeau recevant la même ration (Giger-Reverdin *et al.*, 2020).
Cette étude concerne le comportement de tri de chèvres recevant une ration contenant du foin de luzerne et de l'ensilage de maïs distribués dans deux auges séparées. La caractérisation chimique et morphologique des aliments distribués et des refus permet de calculer l'impact de ce tri sur la valeur nutritive et l'encombrement de ces fourrages.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. PROTOCOLES EXPERIMENTAUX
Les données sont issues de trois essais de digestibilité avec du foin de luzerne et de l'ensilage de maïs distribués simultanément, mais séparément (Hervieu et Giger, 1986). Dans l'essai A, les chèvres étaient en début de lactation et recevaient un aliment concentré en complément. Dans les essais B et C, elles étaient taries. Une moyenne sur cinq jours des quantités distribuées et refusées a été calculée pour chaque animal. Des échantillons moyens du fourrage distribué et des refus individuels ont été constitués. Seules les données avec des pourcentages de refus pour chaque fourrage supérieurs à 10 % ont été gardées. Dans chaque essai, une chèvre n'a été prise en compte qu'une seule fois.

1.2. ANALYSES CHIMIQUE ET MORPHOLOGIQUE
L'analyse des constituants pariétaux a été fait par la méthode séquentielle de Van Soest (Goering et Van Soest, 1970). Les échantillons de foin de luzerne ont été séparés en deux fractions (tiges et feuilles) et ceux de l'ensilage de maïs, en cinq (grain, rafles, spathes, tige et feuilles (TF) fin, TF moyen). Les deux fractions TF se différenciaient sur la taille des éléments (seuil à 1 cm).

2. RESULTATS

2.1. CARACTERISATION DES ESSAIS
Les quantités ingérées pour chaque fourrage et leur pourcentage dans la ration sont donnés dans le Tableau 1

	Essai A	Essai B	Essai C
nb chèvres	8	3	4
MSI (kg/j)	2,16 ± 0,546	1,09 ± 0,294	1,20,±,0,194
% Foin	40,5 ± 7,72	70,3 ± 2,95	74,7 ± 2,04
% Ensilage	36,2 ± 9,00	29,7 ± 2,95	25,3 ± 2,04

Tableau 1 Quantité ingérée et Pourcentage de fourrages

2.2 TENEUR EN LIGNOCELLULOSE DE L'INGERE
Intra-essai, la teneur en lignocellulose (ADF) des fourrages ingérés a été variable entre les chèvres avec une corrélation positive entre les deux fourrages (R^2 = 0,91, ETR = 9,18 g/kg MS) avec une pente moyenne positive de 0,728. Les teneurs en ADF des fourrages ingérés étaient inférieures à celles du fourrage correspondant distribué (Figure 1).

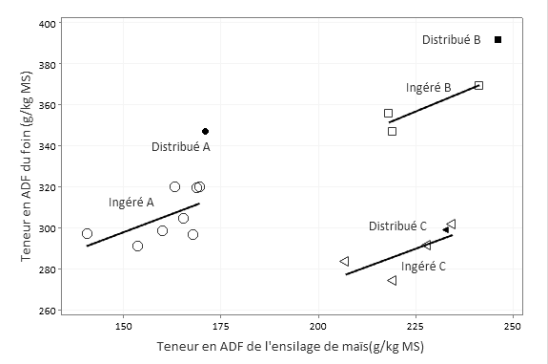


Figure 1 Liaison entre les teneurs en ADF ingéré du foin de luzerne et de l'ensilage de maïs

Les chèvres ont préféré les feuilles du foin, et les grains aux dépends des rafles de maïs (ainsi. L'essai A : grain distribué 40,8 % vs ingéré 46,9 ; rafles 7,0 % vs 4,1). Le comportement de tri a différé suivant les animaux.
En utilisant des relations intra-fourrages basées sur les tables INRA 2018 et les quantités ingérées, le gain moyen/chèvre a été de 0,037 UFL/j (± 0,027), mais a varié de 0 à 0,108 UFL/j. La valeur d'encombrement de la partie fourrage a diminué de 0,049 (± 0,027) UEL avec une grosse variabilité inter-chèvres (de -0,102 à 0,004).

3. DISCUSSION

Lorsqu'elles ont le choix entre du foin de luzerne et de l'ensilage de maïs, les chèvres semblent préférer le foin dont la palatabilité est bien connue, avec une préférence pour les feuilles comme déjà observé (Morand-Fehr *et al.*, 1980). Elles choisissent aussi les parties les plus nutritives de l'ensilage. La variabilité observée inter-animaux montre qu'il y a des animaux qui trient plus que d'autres, ce qui a des conséquences importantes en termes de valeur énergétique et d'encombrement. Cette variabilité pourrait être un trait de personnalité des animaux qui aurait un impact sur leurs performances zootechniques.

CONCLUSION

Ce travail a mis en évidence deux niveaux de tri : le premier concerne le choix entre deux fourrages (foin vs ensilage) et le second, les fractions morphologiques à l'intérieur d'un fourrage donné avec une forte variabilité de tris entre animaux, y compris pour l'ensilage de maïs, ce qui n'avait jamais été publié. Cet aspect doit être pris en compte dans les essais avec des fourrages distribués *ad libitum*.

Les auteurs remercient Jean Hervieu, responsable de la ferme des Granges à Palaiseau qui a assuré le déroulement de ces essais et fait les analyses morphologiques.

Giger-Reverdin S., Duvaux-Ponter, C., Sauvant, D., Friggens, N.C. 2020. Animal 14, 1083-1092.
Goering HK, Van Soest, PJ 1970. Agriculture Handbook 379, 1-20.
Hervieu J., Giger, S. 1986. Cah.Tech. INRA 13, 9-13.
Morand-Fehr P., Hervieu, J., Sauvant, D. 1980. Reprod. Nutr. Dev. 20, 1641-1644.

Etude comparative des activités et du comportement alimentaire des brebis de race locale (Berbère) et des chèvres de race croisée « Arbia » au niveau de l'aulnaie de Ain khiar (Algérie)

Comparative study of the activities and feeding behavior of local breed ewes (Berber) and "Arbia" cross breed goats in the alder grove at the Ain Khiar aulnaie (Algeria)

HOUD-CHAKER K. (1), BELAIDI R. (2), MEBIROUK-BOUDECHICHE L. (2), BOURAS R. (2)
(1) Laboratoire d'agriculture et fonctionnement des écosystèmes, Université Chadli Bendjedid, B.P 73, 36 000, EL Tarf, Algérie
(2) Laboratoire d'épidémio-surveillance, santé, productions et reproduction, expérimentation et thérapie cellulaire des animaux domestiques et sauvages, Université Chadli Bendjedid, B.P 73, 36 000, EL Tarf, Algérie.

INTRODUCTION

L'élevage extensif des ruminants reste une clé de voûte des activités des populations rurales en Afrique par ses fonctions économique, écologique et sociale (Chirat *et al.,* 2008 Cependant, les interactions entre ces troupeaux et les ressources naturelles dans un milieu caractéristique et particulièrement rare tel que l'aulnaie de Ain Khiar sont mal connues. L'objectif de ce travail est la comparaison des activités diurnes et du comportement alimentaire des femelles de deux races locales de ruminants, soit des chèvres de race croisée (Arbia) et des brebis de race (Berbère) au niveau de l'aulnaie de Ain Khiar, et ce durant la période hivernale dans une optique de rationalisation de la gestion des ressources naturelles en décroissance durant cette période (Mebirouk-Boudechiche *et al*, 2011).

1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

Le suivi du rythme des activités de 5 chèvres et 5 brebis, âgées de trois ans a été effectué quotidiennement le matin et l'après-midi, par des observations visuelles à intervalles de 40 minutes pendant toute la durée d'un essai de 10 jours, et cela durant l'hiver, la présence des troupeaux en cette période est une situation exceptionnelle et inédite due à l'assèchement de l'aulnaie en 2021. La quantité de matière sèche consommée a été évaluée par des prélèvements simulant le coup de dent des animaux (méthode du *hand plucking*).

2. RESULTATS ET DISCUSSION

2.1. ACTIVITES DES FEMELLES SUR LE PARCOURS DE L'AULNAIE

Le suivi des chèvres et des brebis sur le parcours place le broutage comme la principale activité journalière. Les chèvres consacrent un peu moins de temps que les brebis à l'alimentation (272 *vs* 280 min/j/animal), mais plus de temps pour le déplacement (145 *vs* 121 min/j/animal) ; 63 et 79 min/j/animal sont consacrées au repos par les chèvres et les brebis respectivement (Tableau 1). Houd-Chaker *et al* (2020) avancent aussi des durées plus ou moins proches à cette étude.

	Temps. alimentation	Temps. déplacement	Temps. repos
Chèvres	272 min	145 min	63 min
Brebis	280 min	121 min	79 min

Tableau 1 Activités et comportement alimentaire des chèvres et brebis sur le parcours de l'aulnaie (minutes/jour/animal).

2.2. PARAMETRES DU COMPORTEMENT ALIMENTAIRE DES DEUX ESPECES ETUDIEES

Le temps de libre pâture en hiver est similaire chez les deux espèces de petits ruminants, soit 480 min/j/animal. Néanmoins, chez les chèvres, nous avons enregistré moins de coups de dents comparativement aux brebis (344 *vs.* 368 CD/8min). Néanmoins, le poids de coups de dents et les quantités de matière sèche ingérées par les chèvres (0,20 g MS et 0,897kg MS/animal/jour) sont supérieurs à ceux des brebis (Tableau 2). Les ruminants essayent de compenser la faible quantité prélevée par bouchée en accroissant la fréquence des bouchées et/ou le temps de broutage. Nos résultats concordent avec ceux de Geoffroy (1974) et Bourbouze (1980).

	TP	TPE	TC	NCD	PCD	QI
Chèvres	480	272	48	344	0,20	0.897
Brebis	480	280	48	368	0,18	0,888

Tableau 2 Résultats des paramètres du comportement alimentaire des deux races étudiées.
TP : Durée totale de pâturage (en minute/animal/jour), **TPE :** Tempe de pâturage effectif (en minutes), **TC :** Tempe de comptage en minutes, **NCD :** Nombre total de coups de dents portés sur la végétation durant la période de comptage des coups de dents 8 minute, **PCD :** Poids du coup de dents moyen (en g MS), **QI :** Quantité ingérée (en kg MS /animal /jour).

2.3. COMPARAISON DES PREFERENCES ALIMENTAIRES DES ESPECES ETUDIEES

Les chèvres se portent plus volontiers vers les buissons et les arbustes et ne broutent jamais les herbacées. Toutefois, les brebis ne semblent pas avoir un comportement alimentaire très sélectif, les taux des arbustes et des herbacées sont presque similaires dans la ration quotidienne (Tableau 3), ce qui pourrait être expliqué par la disponibilité de l'herbe, principalement favorisée par la pluviométrie ainsi que le caractère génétique propre à chaque espèce.

Espèces	Chèvres	Brebis
Arbustes	100%	53,55%
Herbacées	0%	46,45%

Tableau 3 Pourcentage des coups de dents en fonction du type de la végétation et de l'espèce.

CONCLUSION

L'étude comparative du comportement alimentaire montre que les chèvres et les brebis ont un comportement alimentaire et mérycique qui, bien que voisin, diffère sur certains points. Alors la durée circadienne d'alimentation et de repos sont un peu plus élevés chez les brebis comparativement aux chèvres qui consacrent plus de temps au déplacement pour la recherche des arbustes en fonction de leurs préférences alimentaires.

Bourbouze, A., 1980. Homme,terre et eau, 11; 65-78.
Chirat, G., Ickowiez, A., Bocquier, F., Diaf, H., 2008. Renc. Rech. Ruminants, 15, 327-303
Geoffroy, F., 1974. Annales de zootechnie, 23 (1) : 63-73.
Houd-Chaker, K., Boudechiche, L., Matalah, S., Bouras, R., Oudini, EH., 2020. Renc. Rech. Ruminants, 25, 588p
Mebirouk-Boudechiche, L., Boudechiche, L., Matallah, S., Chemmam, M., Menasria, G., 2011. Fourrages. 205 :53-59

Conduite alimentaire des chèvres laitières dans la région de Biskra (Algérie)
Feeding of dairy goats in the region of Biskra (Algeria)

BAA A. (1), MAMMERI A. (1, 2), BARA Y. (1)
(1) Département des Sciences Agronomiques, Faculté des Sciences, Pôle Universitaire, BP 166, Université de M'Sila, M'Sila 028000, Algérie.
(2) Laboratoire de Génétique, Biotechnologie, et Valorisation des Bio ressources, Université de Biskra, Biskra 07000, Algérie.

INTRODUCTION

L'Algérie se place au second rang mondial en matière d'importation de lait et produits laitiers (30% des besoins de la population) après la Chine. La production laitière nationale est autour de 3,5 milliards de litres (ONIL, 2018) dont 267 000 tonnes de lait de chèvre (8%), d'un effectif caprin de 4,9 millions de tête (FAO, 2018). Les principales entraves au développement de l'élevage caprin en Algérie sont l'insuffisance de l'offre fourragère et l'absence de complémentation rationnelle. L'objectif de ce travail est le diagnostic de la conduite alimentaire des chèvres locales, de la région de Biskra, cette dernière dispose d'une végétation naturelle relativement riche, et d'un effectif important de caprin de 498 500 têtes (DSA Biskra, 2019). Nous avons également vérifié, à travers cette étude si les éleveurs recourent au calcul des rations alimentaires.

1. MATERIEL ET METHODES

Afin d'expliquer l'effet du rationnement sur la production laitière et le coût de production engendré, une enquête a ciblé 34 élevages caprins installés dans la wilaya de Biskra, elle a porté sur l'alimentation ; pratique du rationnement, différents types d'aliments distribués, et notamment les facteurs qui influencent les quantités de lait produites et le coût du litre de lait à la sortie de l'exploitation. Les besoins énergétique et protéique des chèvres ont été calculé à partir des équations de Sauvant et al in INRA, 2007 : Besoin en UFL = 0,79 + 0,01 (PV – 60) + (0,40 × PL_{35}). Besoin en PDI = 50 + 0,62 (PV – 60) + 45 PL35. En se basant sur le poids vif des chèvres estimé par la formule de Katongole et al, 1994 : (PV= 1,33 (PT) cm – 0,93 (HG) cm – 0,23) et aussi en fonction de la quantité de lait produite. Les valeurs nutritives des aliments sont données par les tableaux d'INRA (2007).
[UFL : unité fourragère lait ; PDI : protéine digestible dans l'intestin ; PL35 : production laitière à 35 g de matières grasse ; PV : poids vif ; P.T : périmètre thoracique ; HG : hauteur au garrot]

2. RESULTATS

2.1. TYPES DE RATIONS DISTRIBUEES

L'alimentation des chèvres laitières est basée sur les prairies naturelles chez 57% des éleveurs. Le son de blé est utilisé chez 64%, l'orge en grain chez 50% et les rebuts de dattes chez 42% des éleveurs. 57% des rations distribuées sont considérées comme encombrantes car contiennent plus de 50% de fourrage. 14 % des éleveurs utilisent seulement de l'orge en vert.

2.2. COUVERTURE DES BESOINS DE PRODUCTION LAITIERE

Chez 71% des éleveurs, les rations distribuées ont contribué à couvrir les besoins nutritionnels en énergie avec des excès allant de +0,46 à +1,7 UFL et chez 85% des éleveurs, les besoins protéiques sont assurés avec des surplus allant de +4 à +149 g. Comparativement à la production laitière réelle, les pertes de lait [quantité de lait théoriquement produite (permise par UFL ou PDI) – quantité de lait réellement produite] estimées sont de l'ordre de 1 à 3,9 litre pour les UFL chez 64% des éleveurs et de 0,09 à 3,3 litre pour les PDI chez 72% des éleveurs.

2.3. RENTABILITE DES RATIONS PROPOSEES

Les éleveurs enquêtés alimentent les chèvres à partir de fourrages et de concentré disponibles au sein de leurs exploitations, sans aucune adéquation entre les apports nutritifs des aliments et les besoins des animaux. On a constaté la méconnaissance de ces éleveurs vis-à-vis du calcul des rations. A partir de ces mêmes aliments distribués, on a proposé des rations en fonction des besoins de chaque animal (besoins d'entretien et de production), ce qui pourrait engendrer un coût alimentaire du litre de lait plus efficace, et par conséquent un coût de revient moindre (**Tableau 1**).

3. DISCUSSION

D'après Araba, (2006), les rations moins encombrantes peuvent conduire à des troubles nutritionnels et en cas d'une distribution excessive d'aliments concentrés, la caillette sera tordue et par la suite obstruée. L'utilisation de l'orge verte seule, conduirait selon Fontaine (1988) à une acidose chronique, si l'orge est trop jeune. La teneur de la ration totale en MS, devrait se situer entre 50 et 75% (Wheeler, 1993), ainsi, les rations plus humides ou plus sèches limitent la consommation de la MS. C'est le cas des éleveurs qui distribuent exclusivement des rations à base de fourrage.

CONCLUSION

Le coût alimentaire qui présente la contrainte majeure de la production laitière, et la non maitrise des techniques de rationnement par les éleveurs augmentent le coût de production par gaspillage de concentré et par conséquent diminuent la rentabilité des élevages de caprin laitier. La nécessité de vulgarisation des éleveurs à l'importance du rationnement permet de promouvoir la production laitière, tout en diminuant le prix de revient.

Araba, A. (2006). Mader, Derd n°136.
FAO (2021). Dairy Market Review - April.
Fontaine, M. (1988). Formulaire vétérinaire de pharmacologie, de thérapeutique et d'Hygiène : 15ème Édition, 1642 p.
INRA (2007). Alimentation des bovins, ovins et caprins. Éditions Quæ. 315p.

Chèvre de 45 kg de PV produisant 1,5 litre/j de lait						
Aliments	Ration de l'éleveur			Ration proposée		
	Quantité distribuée (kg de MB)	Coût alimentaire quotidien par animal (en DZD)	Coût alimentaire d'un litre de lait (en DZD)	Quantité distribuée (kg de MB)	Coût alimentaire quotidien par animal (en DZD)	Coût alimentaire d'un litre de lait (en DZD)
Orge verte	0	0	0	3,5	14	9,33
Paille d'orge	2	20	13,33	0,1	1	0,66
Son de blé	0,75	15,75	10,50	0,7	14,7	9,8
Orge (grains)	0,75	24	16	0,1	2,1	1,4
Rebuts de dattes	1	8	5,33	0,2	1,6	1,06
Total	/	67,75	45,16	/	33,4	22,26
			Le gain → 22,90 DZD/litre ←			

Tableau 1 : Exemple de comparaison financière entre une ration distribuée par un éleveur et une ration proposée

Effets d'un mélange d'extraits de plantes et d'huiles essentielles (Valkalor) sur les performances laitières et fromagères de chèvres en début de lactation

Effects of a mixture of plant extracts and essential oils (Valkalor) on dairy and cheese performance in goats at the start of lactation

BOYER C. (1), POMMARET A. (2), PONDET M. (3)
(1) Institut de l'Elevage, Ferme Expérimentale Caprine du Pradel, 950 chemin du Pradel, 07170 Mirabel
(2) Ferme Expérimentale Caprine du Pradel, 950 chemin du Pradel, 07170 Mirabel
(3) Idena, 21 rue du moulin 44880 Sautron

INTRODUCTION

Le Valkalor est une association d'extraits de plantes *(Hibiscus sabdariffa)* et de mélanges d'huiles essentielles (coriandre et clou de girofle), issue de la recherche IDENA. Ce produit a été conçu pour optimiser les fermentations ruminales et ainsi optimiser l'efficacité énergétique des rations. Cet essai zootechnique commandité et financé par IDENA et piloté par IDELE, vise à étudier l'effet de l'apport du Valkalor, sur des chèvres à haut niveau de production laitière dans un système pâturant. L'objectif est de mesurer les effets de ce produit de la production laitière (quantité et qualité du lait) jusqu'à la transformation fromagère en Picodon AOP.

1. MATERIEL ET METHODES

Deux lots homogènes de 48 chèvres (16 primipares et 32 multipares) ont été constitués. Au démarrage de l'essai, les chèvres étaient à 60 jours de lactation en moyenne. La ration définie pour cet essai était :
- Pâturage la journée (9-16h) et foin distribué le soir. Chaque lot allait pâturer sa propre parcelle. Afin d'homogénéiser la consommation d'herbe, les parcelles pâturées réparties sur 20 ha, étaient alternées chaque jour entre les lots.
- 800 g de concentré à 22 % de MAT à l'auge en 2 repas et 240 g de maïs apporté à la traite. Le lot expérimental recevait une supplémentation en Valkalor utilisée à 0,84% dans le concentré.

L'essai a duré 10 semaines de mars à mai 2021. Les lots sont sortis au pâturage 39 jours sur les 70 jours de l'essai, durant un temps moyen de 6h20. Des contrôles laitiers hebdomadaires ainsi que des pesées et notations d'état corporel en début, milieu et fin d'essai ont été mis en place. L'ingestion de fourrage et la quantité de lait par lot et par jour ont également été mesurées. Les analyses statistiques de ces données ont été réalisées par le service Data'Stat de l'IDELE. Les modèles utilisés sont des analyses de variances mixtes (Anova) à mesures répétées. Le seuil de significativité est fixé à 5%.

2. RESULTATS

2.1 Lait brut

L'effet de l'alimentation sur la production de lait diffère entre primipares et multipares. Chez les primipares, les courbes d'évolution moyenne ne semblent pas révéler de différence significative de production laitière (3,55^{a} contre 3,48^{a} kg de lait en moyenne sur les 10 contrôles laitiers hebdomadaires). Chez les multipares, on observe une production laitière plus importante pour le lot expérimental et ceci dès la première semaine de l'essai (4,41^{a} contre 4,13^{b} kg de lait en moyenne sur les 10 contrôles laitiers).

2.2 Taux butyreux

Le modèle statistique indique pour le taux butyreux qu'il existe des différences significatives entre les deux lots à certaines dates et que cette différence est de la même ampleur pour les primipares et les multipares.
En prenant en compte tous les contrôles laitiers, la différence est de + 1 g/kg pour le lot expérimental (37,65 contre 36,57 g/kg de lait en moyenne sur les 10 contrôles laitiers hebdomadaires).

2.3 Taux protéique

Sur l'ensemble de la période, il n'apparait pas de différences significatives pour le taux protéique entre le lot expérimental et témoin (32,86 g/kg contre 32,79 g/kg de lait en moyenne sur les 10 contrôles laitiers hebdomadaires).

2.4 Lait standard

Afin de mieux comparer les données de production laitière entre les lots, un lait standardisé a été calculé (à 35 g/kg de taux butyreux et 31 g/kg de taux protéique). Cette différence de lait standard s'exprime statistiquement pour les multipares sur l'ensemble de la période (4,63^{a} contre 4,27^{b} kg de lait en moyenne sur les 10 contrôles laitiers hebdomadaires).

2.5 Transformation fromagère

Le lait issu de chaque lot du 17 (soir) et du 18 mai (matin) a été transformé séparément à la fromagerie du Pradel.
Une différence observée sur le rendement a été constatée au démoulage (+ 2,8 %) en faveur du lot expérimental. Suite à cette transformation, les Picodons des deux lots ont été dégustés à l'aide d'un test triangulaire. Aucune différence organoleptique n'a pu être mise en évidence entre les deux types de fromages.

DISCUSSION – CONCLUSION

Ces résultats sont toutefois à nuancer du fait que sur l'ensemble de la période les deux lots n'ont pas eu exactement la même alimentation journalière (pâturages différents bien qu'alternés quotidiennement). En considérant l'ensemble de ces éléments et les résultats statistiques, nous pouvons conclure que le lot alimenté avec Valkakor sur la période du début de lactation a permis une amélioration du taux butyreux et une hausse de la production laitière, significativement différents sur les multipares.

Les auteurs remercient le personnel de la Ferme expérimentale du Pradel et le service Data'Stat de l'IDELE.

Pomport P-H. *et al*., 2020. EAAP 2020
Premi M. *et al.,* 2016. ADSA

	Production laitière (kg)		Taux butyreux (g/kg)		Lait standard (kg)	
	Lot témoin	Lot expérimental	Lot témoin	Lot expérimental	Lot témoin	Lot expérimental
Global (n = 48)	**3,92**	**4,13**	**36,57** ^{a}	**37,65** ^{b}	**4,05**	**4,34**
Primipares (n = 16)	3,48 ^{a}	3,55 ^{a}	36,84	38,27	3,60 ^{a}	3,75 ^{a}
Multipares (n = 32)	4,13 ^{b}	4.41 ^{a}	36,43	37,34	4,27 ^{b}	4,63 ^{a}

Tableau 1 : Données moyennes par lot sur 10 contrôles laitiers hebdomadaires

Intérêt des plantes riches en tannins condensés sur la croissance des agneaux d'herbe
Interest of condensed tannin-rich-plants for growing grass lambs

BRUNET S. (1) et CARON Y. (2)
(1) SICA SA ALICOOP - 46 route de la Gasse aux Loups, 79 800 PAMPROUX
(2) QUALYSE - Le Treuil, BP 102, 19 012 TULLE Cedex

INTRODUCTION

L'élevage des ruminants doit maintenir des objectifs de production tout en s'adaptant au contexte climatique et en répondant aux demandes sociétales. Un des défis pour l'élevage est donc de produire de la viande en quantité et en qualité selon des pratiques agroécologiques.
Les plantes bioactives, dont les plantes riches en tannins condensés (PRTCs), peuvent être une réponse au défi de la réintroduction du pâturage et/ou l'amélioration de la valorisation de l'herbe par les ovins. Les PRTCs ont des bénéfices reconnus pour la nutrition/digestion et aussi la santé des ruminants, qu'ils soient de sources fourragères (Arrigo et al., 2012 ; Hoste et Niderkorn, 2019) ou de sources ligneuses (Luzardo et al., 2019). L'objectif de notre étude est de comparer l'effet d'un apport de PRTCs sur les performances zootechniques et la qualité des carcasses d'agneaux d'herbe.

1. MATERIEL ET METHODE

L'essai a été réalisé sur l'exploitation agricole du Lycée LES VASEIX (87) avec des agneaux croisés (Texel X Romane) nés en janvier et février 2021. Tous les agneaux étaient conduits avec leur mère en bergerie et au pâturage avant le sevrage puis finis en bergerie. Ils ont été sortis au pâturage et sevrés en même temps. L'allotement des agneaux a été réalisé selon le sexe, la taille de la portée de naissance, l'âge et le poids vif. Les 2 lots ont été conduits en contemporain (bergerie, pâturage). Le dispositif expérimental comprend 2 lots différents selon l'apport de PRTCs aux mères (bergerie/pâturage) et aux agneaux (bergerie/pâturage/bergerie). Pour le lot TEMOIN, l'aliment complet distribué ne contenait pas de PRTCs (14,4% MAT, 7.2% cellulose brute, 2% MG). Pour le lot ESSAI, l'aliment complet distribué contenait 10,6% de PRTCs (15.5% MAT, 8,7% cellulose brute, 2% MG). La conduite et les quantités des aliments distribués sont identiques pour les 2 lots. Les agneaux ont été pesés de l'allotement au sevrage. Les poids et les classements des carcasses ont été collectés (EDE 87). Un traitement statistique a été réalisé sur les résultats individuels de performance par une comparaison des moyennes (ANOVA) avec le logiciel SPPS Statistics (IBM).
L'excrétion parasitaire (strongles digestifs) a été évaluée avant et pendant la phase de pâturage (coproscopie de mélange par lot, méthode CABARET).

2. RESULTATS

2 .1. Statut parasitaire

Pour les brebis, les niveaux d'excrétion à l'allotement étaient similaires et faibles pour les 2 lots : 287 OPG et 316 OPG respectivement pour les brebis TEMOIN et ESSAI. 1 mois après la sortie au pâturage, l'excrétion du lot TEMOIN était de 512 OPG et 317 OPG pour le lot ESSAI.
Pour les agneaux, les niveaux d'excrétion étaient similaires et faibles pour les lots TEMOIN et ESSAI 1 mois après la sortie (64,0 vs 56,4 OPG) et au sevrage (41,0 vs 10,0 OPG).

2 .2. Performances zootechniques

La table 1 résume les performances des agneaux selon l'apport (ou pas) de PRTCs. Les agneaux du lot ESSAI ont réalisé un GMQ significativement supérieur pendant le pâturage (+55,88 gr/jour) par rapport aux agneaux TEMOIN. Les agneaux ESSAI ont eu un poids supérieur au sevrage (+1,94kg PV, NS) par rapport aux agneaux TEMOIN.
La phase de finition des agneaux ESSAI a duré moins longtemps (-5,83 jours, non significatif) pour produire des carcasses similaires en poids. La décision de commercialiser les agneaux était prise par le responsable de l'exploitation.

2 .3. Qualité des carcasses

Les carcasses obtenues avec les 2 conduites alimentaires étaient semblables en conformation (Table 2). Il y a eu plus de carcasses jugées en état d'engraissement faible dans le lot TEMOIN. Le nombre de carcasse valorisée en Agneaux BARONNET du LIMOUSIN était similaire dans les 2 lots.

3. DISCUSSION

Les performances zootechniques (GMQ, âge à la commercialisation, poids carcasse) des agneaux des 2 lots sont supérieures à celles obtenues par Legrand et al. (2018) avec des agneaux d'herbe et finis en bergerie, du fait de la complémentation pendant toute la période de pâturage et l'absence de transition nécessaire. Cette complémentation a aussi permis un apport régulier de tannins condensés (lot ESSAI) par la consommation de PRTCs en forme conservée en simultané de l'ingestion d'herbe.
Les effets de la consommation de PRTCs s'expliqueraient par plusieurs effets complémentaires : l'augmentation du flux de PDIA par la protection des protéines alimentaires (de l'herbe et du concentré) dans le rumen et l'inhibition des bactéries protéolytiques et/ou par l'amélioration de la capacité antioxydante des tissus (Lopez-Andres et al., 2013 ; Hoste et Niderkorn, 2019).

CONCLUSION

Pour la première fois, des PRTCs ont été distribués à des agneaux et à leurs mères avant et pendant le pâturage mais aussi pendant la phase de finition. L'apport de PRTCs en forme conservée via un aliment complet facilitera leur emploi en élevage au pâturage et permettra une meilleure maîtrise des apports (quantité et qualité des tannins condensés).

Table 1 : Performances zootechniques selon la conduite alimentaire (moy. ± écart-type)

Lot	EMOIN	ESSAI	*Pvalue*
Nombre agneaux	26	26	
Age allotement (jours)	19,5 ± 7,45	21,2 ± 6,55	0,400
Poids allotement (kg)	,43 ± 2,52	9,92 ± 2,24	0,481
Poids sevrage (kg)	7,48 ± 4,68	39,41 ± 4,66	0,182
GMQ Pâturage (gr/jour)	83,75[a] ± 94,36	539,63[b] ± 85,86	0,049
Age abattage (jours)	70,28 ± 13,32	165,67 ± 12,18	0,286
Durée finition (jours)	1,33 ± 13,65	45,50 ± 11,10	0,168
Poids carcasse (kg	0,94 ± 2,63	21,39 ± 2,89	0,630

Les valeurs d'une même ligne portant des indices différents sont significativement différentes (p<0,05).

Table 2 : Classement et valorisation des carcasses des agneaux selon la conduite alimentaire

Lot		TEMOIN	ESSAI
% carcasse selon conformation	Classe R : Classe U :	50 50	45 55
% carcasse selon état engraissement	Classe 2 : Classe 3 :	63 37	45 55

Nous remercions les enseignants et les collaborateurs de l'exploitation agricole du Lycée LES VASEIX (87), et les conseillers de la coopérative OCEALIA.

Arrigo, Y. et al., 2006. Renc.Rech.Ruminants, 19.
Hoste, H. et Niderkorn, V., 2019. Journée AFPF, 69-81.
Legrand, I. et al., 2018. Renc.Rech.Ruminants, 24.
Lopez-Andres et al., 2013, Br.J. Nutrition, 110, 632-639.
Luzardo, S. et al., 2019., Agrociencia Uruguay, 23, 1-7.

Effet de la restriction hydrique sur certaines fonctions physiologiques de la brebis Ouled Djellal en Algérie

Effect of water restriction on certain physiological functions of Ouled Djellal sheep in Algeria

TABET N. (1), MEBIROUK-BOUDECHICHE L. (1), CHAKER-HOUD K. (2)
(1) Laboratoire d'épidémio-surveillance, santé, productions et reproduction, expérimentation et thérapie cellulaire des animaux domestiques et sauvages, Université d'El Tarf, B.P 73, 36000, EL Tarf, ALGERIE
(2) Laboratoire Agriculture et fonctionnement des écosystèmes, Université Chadli Bendjedid El Tarf, B.P 73, 36000, ALGERIE.

INTRODUCTION

L'espèce ovine est la plus importante ressource animale des milieux désertiques, où le manque d'eau est une contrainte menaçant la durabilité des systèmes d'élevage, du fait de l'éloignement des points d'eau qui limite l'abreuvement des troupeaux (jusqu'à 3 jours sans abreuvement). Cette affiche rend compte de l'effet de la restriction hydrique sur certains métabolites sanguins, garants des fonctions physiologiques, de la race ovine Ouled-Djellal en Algérie qui est la plus exploitée autant pour ses productions que sa résistance aux conditions difficiles de milieux (Dekhili, 2002). Cette étude est d'autant plus justifiée par les changements climatiques que subi le pays à l'instar des pays du monde entier.

1. MATERIEL ET METHODES

Vingt brebis de race Ouled Djellal, de même âge (de 4 à 5 ans), de poids homogènes, non gestantes et en dehors de la période de lactation ont été maintenues en stabulation en période printanière, avec aération du bâtiment. Elles ont été divisées en 2 lots de 10 sujets chacun ; un lot témoin (LT de poids vif initial PVI de 51,8±4,94 Kg) qui a été abreuvé *ad libitum* et un lot expérimental (LE de PVI=47,77±3,04 Kg) qui a subi une restriction hydrique en n'étant abreuvé qu'un jour sur 3 durant une période de 24 jours. Les 2 lots ont reçu la même ration alimentaire constituée par animal et par jour d'un foin de luzerne (1,5 kg MS) et de 400 g MS de concentré (orge, tourteaux de soja, son de blé et CMV). Les quantités de fourrage et de concentré ingérées (QIF et QIC) ont été déterminées quotidiennement par pesée des quantités distribuées et refusées. Durant cette période
(Plus précisément à J0 et à J24), le sang de chaque brebis récolté à jeun (1h avant la prise du repas, soit à 7h du matin) à partir de la veine jugulaire a été mis dans des tubes héparinés pour le dosage des : Gama GT, Albumine, Triglycérides et ions Na, Mg, Cl et K par l'automate RESPONS-920 à partir du plasma. Une ANOVA a été réalisée avec le logiciel SAS (2004) selon la procédure du modèle linéaire généralisé (GLM).

2. RESULTATS

Le gain moyen en poids a été meilleur pour le LE qui a subi une restriction hydrique (+1,1 *vs*. +1,92 Kg sur 24 jours). Aucun effet significatif de la restriction hydrique n'a été observé sur les taux en GamaGT, Albumine et Triglycérides à J24 qui demeurent dans les normes, de même que sur les paramètres électrolytiques (Mg^{++}, K+ et Cl^-) ; mis à part une augmentation significative des ions Na^+ pour le LE.

3. DISCUSSION

Les GamaGT et albumine, qui sont des indicateurs de la fonction hépatique et rénale s'inscrivent dans les normes avancées par Dubreuil *et al* (1965) (27-65 g/l) et Baumgartner et Pernthaner (1994) (21-38 g/l) pour chacun. Idem pour les triglycérides (0,14-0,44 g/l selon Molleraeu *et al*., 1995), ce qui est en contradiction avec les résultats de Casamassima *et al* (2008) qui ont enregistré une augmentation des triglycérides chez le mouton Comisana exposé à une restriction de 60 et 80% d'eau. L'augmentation des ions Na^+ serait due à la réduction du volume plasmatique et à l'augmentation des taux sériques d'aldostérone et vasopressine selon Ghanem *et al* (2008).

Tableau 1 Effet de la restriction hydrique sur les paramètres biochimiques sanguins

	LT	LE	P (Effet restriction)
Gama GT (g/l)			
J0	$40,82^{b,1}$	$52,87^{a,1}$	0,01
J24	$46,33^{a,1}$	$45,75^{a,1}$	0,90
P(effet jour prélèvement)	0,31	0,269	
Triglycérides (g/l)			
J0	$0,10^{a,1}$	$0,11^{a,1}$	0,30
J24	$0,11^{a,2}$	$0,10^{a,2}$	0,15
P(effet jour prélèvement)	0,01	0,03	
Albumine (g/l)			
J0	$35,76^{b,1}$	$38,72^{a,2}$	0,00
J24	$36,24^{a,1}$	$35,24^{a,1}$	0,70
P(effet jour prélèvement)	0,14	0,01	
Na+ (mEq/l)			
J0	$143,43^{a,2}$	$150,40^{a,1}$	0,10
J24	$148,07^{b,1}$	$155,29^{a,2}$	0,02
P(effet jour prélèvement)	0,0001	0,0001	
Mg^{++} (mg/l)			
J0	$24,53^{a,1}$	$24,41^{a,1}$	0,31
J24	$24,81^{a,1}$	$24,97^{a,1}$	0,83
P(effet jour prélèvement)	0,09	0,72	
K+ (mEq/l)			
J0	$4,18^{a,1}$	$3,96^{a,1}$	0,16
J24	$4,48^{a,2}$	$3,95^{b,1}$	0,0001
P(effet jour prélèvement)	0,0005	0,12	
Cl- (mEq/l)			
J0	$110,87^{a,2}$	$114,65^{a,1}$	0,10
J24	$112,62^{a,1}$	$113,96^{a,2}$	0,33
P(effet jour prélèvement)	0,0001	0,007	

LT : Lot témoin- LE : Lot expérimental- J0 : Début de l'expérience-J24 : 24ème jour de l'expérience.

CONCLUSION

Un abreuvement d'un jour sur 3 durant 24 jours ne semble pas affecter les principales fonctions physiologiques de la race Ouled Djellal. Un étalement de la période expérimentale et/ou une extension des analyses sanguines permettrait d'affirmer ou d'infirmer ces résultats.

Baumgartner, w., Pernthaner, A ., 1994. J Reprod Fertil, 113, 275–285.
Dubreuil, P., **Arsenault, J., Belanger, D., 2005**. Vet Rec,156 (20):636-8.
Dekhili, M,,2002. Renc. Rech. Ruminants, 9, 155,
Casamassima, D., Pizzo, R., Palazzo, M., D'Alessandro, A.G., Martemucci G., 2008. Small Ruminant, Res,, 78(1–3), 169–175,
Ghanem, A.M,, Barbour, E,K,, Hamadeh, S,K,, Jaber L.S., Abi Said, M.,2008. J, Arid Environ, 72, 141–149.
Molleraeu, H., Porcher, C., Nicolas, E., Brion, A., 1995. Vade-Mecum du vétérinaire formulaire. Ed, Vigot,1672p.

Effets de la durée de conservation et de la déshydratation du maïs fourrage sur la dégradabilité ruminale de l'amidon

Effects of ensiling time and whole-plant corn silage dehydratation on ruminal starch degradation

COULMIER D. (1), CHAUVEAU H. (2), BOISNEAU A. (2)
(1) DESIALIS, Complexe Agricole Mont Bernard, F-51007 Châlons en Champagne
(2) ARVALIS-Institut du Végétal, Station expérimentale de la Jaillière, F-44370 Loireauxence

INTRODUCTION

La connaissance de la dégradabilité de l'amidon des aliments dans le rumen est nécessaire pour prédire la quantité de matière organique fermentescible et le flux de glucose disponible dans l'intestin grêle. Dans le système d'alimentation des ruminants INRA 2018, la dégradabilité de l'amidon du maïs fourrage est calculée à partir de l'équation proposée par Peyrat et al. (2016) intégrant les effets du stade de récolte (teneur en MS et en amidon) et de la durée de conservation. Néanmoins, d'autres facteurs moins documentés ont aussi un impact sur la dégradabilité de l'amidon : le niveau d'éclatement du grain, la génétique de l'hybride, voire le séchage à haute température. Dans le cadre de son activité de déshydratation de fourrages et de coproduits, Desialis a investigué en partenariat avec Arvalis l'effet de la déshydratation et de la durée de conservation du maïs ensilage sur la dégradabilité de l'amidon.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1 LES ALIMENTS ETUDIES

Les aliments étudiés sont issus de 2 variétés de maïs fourrage (précocité S2, grain corné denté ; précocité S3, grain denté selon le classement CTPS) cultivées selon un dispositif en bandes en grande parcelle à Sarry (51). Les maïs S2 et S3 ont respectivement été récoltés à des teneurs en matière sèche (MS) de 35,8 et 40,7 % le 30/08/2019. Les conditions chaudes et sèches de fin de cycle ont favorisé le dessèchement de l'appareil végétatif et limité la production de grains (teneur en amidon moyenne de 239 g/kg MS). Chaque variété a été ensilée 74 ou 109 jours dans des silos boudins distincts, puis déshydratée à haute température en sécheur rotatif (température entrée = 540°C, température sortie = 135°C, humidité produit finale = 11 %). Les mesures ont porté sur les échantillons vert (à la récolte), fermentés 74 et 109 jours et déshydratés après 74 et 109 jours de conservation. Les analyses de composition chimique (en vert) ont permis de caractériser les 10 échantillons de maïs fourrage, et la teneur en furosines a été dosée sur les échantillons ensilés.

1.2 L'ESSAI IN SACCO

Un essai de dégradabilité ruminale *in sacco* a été réalisé à la station expérimentale ARVALIS Institut du végétal de La Jaillière. La dégradabilité de l'amidon a été mesurée pour chaque aliment selon la méthode des sachets de nylon à 7 temps d'incubation dans le rumen (0, 2, 4, 8, 24, 48 et 72 h) avec 6 répétitions (3 vaches ; 2 séries). La DT6Amidon a été calculée pour un taux de sortie de 6 %.h-1 à partir des paramètres cinétiques d'Ørskov et Mac Donald (1979) déterminés à l'aide du logiciel R. Un modèle à un facteur combinant les effets de la durée de conservation et de la déshydratation a été ajusté sous R, la méthode des contrastes particuliers a permis de réaliser les comparaisons multiples.

2. RESULTATS

2.1 EFFET DE LA DUREE DE FERMENTATION

La conservation par ensilage du maïs fourrage a significativement amélioré la dégradabilité de l'amidon de 13 points entre les maïs vert et les maïs ensilés 74 jours (*P<0,001*). Entre 74 et 109 jours, la DT6Amidon a peu évolué, de l'ordre de 2 points (*P=0,20*). Ceci s'explique par l'activité des enzymes protéolytiques dans le silo qui dégradent une partie de la matrice protéique protégeant les granules d'amidon, les rendant ainsi plus accessibles aux microbes du rumen.

2.2 EFFET DE LA DESHYDRATATION

La déshydratation à haute température du maïs fourrage ensilé n'a pas eu d'effet significatif sur la dégradabilité de l'amidon. Le processus de déshydratation n'a pas non plus eu d'effet significatif sur sa valeur énergétique, prédite à partir de la dégradation de la MS à 48h dans le rumen. En revanche, la déshydratation a diminué la fraction soluble du maïs de 5,0 points (*P<0,05*) et augmenté la fraction potentiellement dégradable de 3,3 points (*P<0,05*). Le taux horaire de dégradation de la fraction dégradable a eu tendance à augmenter de 0,01 pt pour les maïs déshydratés (*P=0,06*). L'augmentation en valeur absolue de la teneur en furosines avec la déshydratation (*P=0,11*) suggère un début de réaction de Maillard, pouvant expliquer la moindre solubilité du maïs déshydraté.

3. DISCUSSION – CONCLUSION

L'amélioration de la dégradabilité de l'amidon du maïs fourrage au cours de la fermentation est cohérente avec la littérature (Férard et al., 2016). Malgré un effet de la déshydratation sur les fractions soluble et potentiellement dégradable du maïs ensilage, la valeur énergétique prédite à partir de la MS non dégradée à 48 h dans le rumen n'a pas été modifiée. La déshydratation n'a pas non plus impacté la dégradabilité ruminale de l'amidon. Ceci valide la possibilité d'utiliser l'équation de prédiction développée pour le maïs ensilage (Peyrat et al., 2016), dont l'erreur de prédiction (4,7 pts) est supérieure aux écarts mesurés entre les maïs ensilés et les maïs ensilés déshydratés dans les conditions de cet essai.

Férard A. et al., 2016. 17th ICFC, 157-158.
INRA, 2018. Ed. Quae, 728p.
Ørskov E. R., McDonald I., 1979. J. Agr. Sc.. 92: 499-503
Peyrat J. et al., 2016. Rencontres Recherches Ruminants, 23, 80.

Etat du maïs Durée conservation	Vert 0 j	Fermenté 74 j	Fermenté 109 j	Déshydraté 74 j	Déshydraté 109 j	P(déshy-dratation)	ETR
Dég. MS 4h (%)	40,5 a	46,9 b	47,1 b	44,8 b	46,2 b	NS	1,85
Dég. MS 48h (%)	81,3	81,3	81,5	81,0	80,6	NS	0,86
Fraction MS a (%)	31,6 a	39,1 c	38,8 c	34,4 b	33,5 b	*	2,09
Fraction MS b (%)	55,6 c	48,1 a	47,3 a	51,2 b	50,8 b	*	1,68
Taux MS c (%/h)	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06	t	0,005
DT6MS (%)	55,2	59,1	59,4	57,9	58,0	NS	1,47
DT6Amidon (%)	76,1 a	89,1 b	91,4 b	89,6 b	90,7 b	NS	1,09
Furosines (mg/100 g protéines)		47,1	71,7	85,3	89,9	NS	19,9

Tableau 1 : Dégradabilité de la MS et de l'amidon du maïs fourrage vert, fermenté et déshydraté (moyenne des 2 variétés)
* : P<0,05 ; P<0,10 : t ; NS : Non Significatif ; a : fraction soluble ; b : fraction potentiellement dégradable ; c : taux horaire de disparition de la fraction b

Autonomie protéique

L'autonomie protéique des élevages de ruminants en France : un objectif réalisable ?

PAVIE J. (1), LE GALL A. (2)
(1) Institut de l'Elevage - Route d'Epinay, 14310 Villers Bocage
(2) Institut de l'Elevage - Maison nationale des Eleveurs, 149 rue de Bercy, 75595 Paris cedex 12

RESUME
Si l'élevage des ruminants en France présente un bon niveau d'autonomie protéique global avec une couverture de l'ordre de 75%, c'est principalement grâce à une part importante de fourrages incorporée dans les rations et notamment de l'herbe. Selon les systèmes, l'autonomie protéique varie d'ailleurs proportionnellement avec la part d'herbe consommée. Les systèmes laitiers sont les moins autonomes avec une dépendance aux concentrés azotés importés élevée et de ce fait subissent plus fortement les aléas du marché. Le soja, principale MRP échangée sur les marchés mondiaux, est aujourd'hui l'objet de controverses sur ses modalités de production (OGM, usage de pesticides interdits, déforestation). En France sa consommation est estimée à 3,8 Mt dont 44% par les ruminants avec 93% des volumes importés.
Pour réduire ces importations et gagner en souveraineté des solutions existent en valorisant mieux les prairies, en les enrichissant en légumineuses, en développant les légumineuses à graines, les cultures pures de légumineuses fourragères et en optimisant les rations des ruminants lors des périodes de forts besoins. Ce sont les objectifs du nouveau plan de souveraineté protéique lancé par l'Etat français en 2020 qui vise le doublement des surfaces en oléo protéagineux et légumineuses fourragères destinées à l'alimentation des ruminants à échéance 2030. Au-delà de la sécurisation des filières de production et de leurs volumes, l'amélioration de notre autonomie protéique présente aussi des avantages environnementaux indéniables.

Protein autonomy of ruminant farms in France: an achievable goal?

PAVIE J. (1), LE GALL A. (2)
(1) Institut de l'Elevage - Route d'Epinay, 14310 Villers Bocage
(2) Institut de l'Elevage - Maison nationale des Eleveurs, 149 rue de Bercy, 75595 Paris cedex 12

SUMMARY
If French ruminant breeding has a good level of overall protein autonomy with a coverage of about 75%, it is mainly due to a large proportion of fodder incorporated into rations, particularly grass. According to the systems, the protein autonomy varies proportionally with the part of grass consumed. Dairy systems are the least self-sufficient, with a high dependence on imported nitrogen concentrates, and are more affected by market fluctuations. Soybeans, the main MRP traded on world markets, are currently the subject of controversy over their production methods (GMOs, use of banned pesticides, deforestation). In France, its consumption is estimated at 3.8 Mt, 44% of which is consumed by ruminants, with 93% of the volume imported.
To reduce these imports and gain sovereignty, solutions exist by making better use of grasslands, enriching them with legumes, developing seed legumes and pure forage legume crops, and optimizing ruminant rations during periods of high need. These are the objectives of the new protein sovereignty plan launched by the French government in 2020, which aims to double the area of oil-protein crops and forage legumes used to feed ruminants by 2030. In addition to securing production channels and their volumes, improving our protein autonomy has also undeniable environmental advantages.

INTRODUCTION

La confiance en la mondialisation permanente des échanges a été mise à mal lors de l'épisode Covid en 2020 et a mis en lumière la fragilité de certaines filières de production fortement dépendantes des flux de matières premières importées. En effet l'Europe est aujourd'hui très dépendante, pour ses filières d'élevage, des importations de matières riches en protéines (MRP), en provenance du continent américain. Cette situation est le résultat voulu des accords de Blair House en 1992 qui accordaient à l'Europe la possibilité de développer ses productions et exportations de céréales sur le marché mondial en échange d'une limitation de ses surfaces en oléo protéagineux. Cette décision a naturellement conduit l'élevage européen à développer ses importations de MRP, principalement sous forme de tourteau de soja, indispensables au développement des filières et à l'intensification des productions. Cet accord et cet « appel » à des ressources extérieures a permis le développement de la culture du soja dans des pays aux conditions propices tels que le Brésil, l'Argentine mais aussi les Etats-Unis. Enfin, l'utilisation du tourteau de soja s'est aussi développée pour ses propres qualités en tant qu'aliment du bétail. Aliment le plus riche en protéines, complet dans sa gamme d'acides aminés essentiels, très efficace dans les rations pour satisfaire des niveaux de productivités élevés tant en lait qu'en viande, c'est aussi un aliment qui a longtemps été très disponible et souvent à un prix compétitif.
Cependant, si le tourteau de soja n'est pas la seule source de MRP importée, elle est la plus importante et incarne la dépendance au marché mondial. Il se trouve que le tourteau de soja incarne également certaines pratiques de plus en plus rejetées par le citoyen si ce n'est le consommateur, tels que les cultures OGM, l'usage important de pesticides, la déforestation ou le bouleversement d'écosystèmes (Forêt Amazonienne, savanes du Cerrado ou pampa argentine…).
Alors que les exigences des consommateurs se traduisent par le développement de filières « sans OGM », que les prix du tourteau de soja augmentent dans un marché dominé par la demande chinoise et pèse sur la compétitivité de nos exploitations, que les préoccupations environnementales s'imposent dans les débats et stratégies agricoles, la crise Covid est venue souligner la nécessité d'une réflexion et d'une stratégie d'amélioration de la souveraineté protéique de la

France. Cette réflexion s'est traduite par l'adoption dans le cadre du programme France Relance du Plan protéines 2030 dont l'objectif est d'assurer la souveraineté protéique de la France à échéance 2030.

1. LE SOJA AU CŒUR DU SUJET

1.1. UN MARCHE MONDIAL DU SOJA PILOTE PAR LA CHINE

Lors des accords de Blair House, l'Europe constituait le premier marché d'exportation des pays producteurs de tourteaux de soja alors dominé par les Etats Unis.
Depuis, avec le développement des pays émergents, la situation a beaucoup évolué et les flux mondiaux se sont réorganisés. En 2019, la production mondiale de graines de soja était estimée à 360Mt avec comme principaux pays producteurs ; les Etats-Unis (33%), le Brésil (33%) et l'Argentine (15%) (source USDA). Le reste de la production mondiale se répartit sur les autres continents avec comme principaux producteurs l'Inde et la Chine.
Au plan des exportations, le Brésil assure à lui seul près de 37% des exportations (graines et tourteaux), à jeu égal avec l'Argentine (37%, dont la caractéristique est d'exporter prioritairement des tourteaux) et suivi par les Etats Unis (25%).
La demande mondiale est aujourd'hui pilotée par la Chine qui importe en 2018, 88,5 Mt de graines de soja, soit près de 48% des exportations mondiales. Pour illustrer cette demande et le poids de la Chine sur les flux et le marché du soja, il suffit de rappeler que les importations chinoises n'étaient que de 55Mt en 2010, 10 Mt en 2000 et quasiment 0 en 1992 date du démarrage de ses importations *(Manon Sailley 2022).*
Avec une demande mondiale en forte progression, dopée par la demande chinoise, le Brésil a vu doubler sa production en 10 ans (2008-2018) et continue de produire plus chaque année, avec la pression sur la forêt amazonienne que l'on connaît.

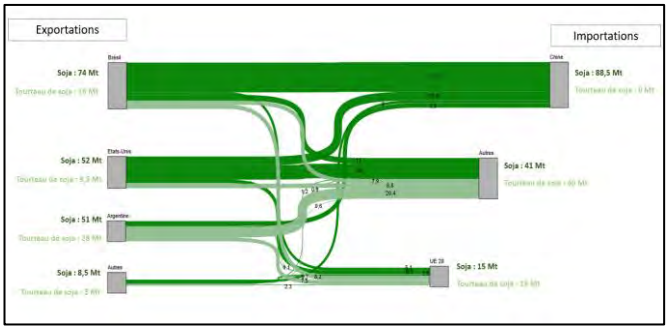


Figure 1 Flux mondiaux de soja et de tourteaux de soja en 2019 en millions de tonnes – source IDELE d'après douanes (TDM)

1.2. L'EUROPE DEVENUE UN CLIENT DE SECOND PLAN

Dans ce marché du soja, l'Europe n'est plus qu'un acteur secondaire. Ses importations en 2019 se « limitaient » à 15 Mt de graines et 19 Mt de tourteaux. Soit seulement 14% des échanges de soja. Si ces chiffres sont en légère baisse par rapport à l'année 2000, malgré le développement des productions animales, on le doit principalement à la promotion des biocarburants et une disponibilité accrue de tourteaux de colza.
Malgré tout, l'Europe reste très dépendante de ses importations de MRP et finalement peu autonome avec une autonomie estimée à 42% en MRP. Les importations de soja (graines et tourteaux) comptent pour près de 70% des importations en volumes de MRP en 2019 de l'UE à 28. Les productions de tourteaux de colza et de tournesol restent insuffisantes à l'échelle européenne. Et si globalement l'autonomie de l'élevage européen est estimée à 77% c'est en grande partie grâce aux fourrages et aux céréales produits en Europe.

1.3. LE SOJA PRINCIPAL TOURTEAU CONSOMME PAR L'ELEVAGE FRANCAIS

La France est à l'image de l'Union européenne. Toutes filières d'élevages confondues, la consommation de matières protéiques (MAT) en France était estimée à 15,1 Mt en 2019.
La plus grande part de cette consommation est couverte par les apports de fourrages (9,3 Mt de MAT) qui ne l'oublions pas, restent la source principale de protéines en élevages, principalement chez les herbivores. La différence, soit 5,8 Mt est donc assurée par des apports de concentrés.
Grâce à la politique de soutien aux biocarburants, la culture de colza a pu, au cours des 20 dernières années, se développer en France pour atteindre 1,1 Mha en 2020, et augmenter l'offre en tourteau de colza facilement substituable au tourteau de soja chez les ruminants.
Ainsi, en 2020, la consommation nationale de tourteaux de soja représentait environ 3,8 Mt (essentiellement importés), dont 44% pour l'élevage de ruminants, soit 1,64 Mt. Pour autant, les tourteaux de soja ne représentent que 28% apports protéiques concentrés et seulement 11% des besoins totaux en protéines. Si ces pourcentages peuvent paraître faibles, ils masquent une répartition très contrastée entre filières de ruminants. Ainsi ces 1,64 MT se répartissent à hauteur de 1,37 Mt pour les bovins laitiers (83%), 0,24 Mt pour les bovins viande (15%) et 0,03 Mt pour les petits ruminants (2%) (Figure n°2).

Volumes	Volumes de tourteaux de soja importés (x1000 t)	% du total des tourteaux de soja	% tourteau de soja / consom. totales de tourteaux
Toutes filières animales	3821	100 %	49 %
Volailles	1665	43 %	67 %
Bovins lait et mixtes	1367	36 %	53 %
Bovins viande	240	6 %	37 %
Petits ruminants	29	2 %	28 %
Porcs	224	6 %	19 %
Autres	296	7%	-

Tableau 1 Répartitions des consommations de tourteaux de soja par filière animale en France en 2015 (Sources : GIS Avenirs Elevages, Cordier et al, 2020)

Ainsi les systèmes bovins laitiers et mixtes sont les principaux utilisateurs des volumes consommés par les ruminants. Plus problématique encore, les tourteaux de soja représentent 53% des tourteaux utilisés.

Pour la part restante des consommations de tourteaux de soja, la filière porcine s'en est presque affranchie avec une consommation limitée à 224 000 t (6%), grâce au développement des acides aminées de synthèse. La filière avicole se situe quant à elle à hauteur des filières de ruminants, avec 43% des volumes, compte tenu de la richesse en acides aminés des tourteaux de soja. (*GIS Avenirs Elevages, Cordier 2020)*

Sur les 3,8 Mt de tourteaux de soja consommés en France, plus de 93% de ces volumes sont issus de l'importation soit sous forme de tourteaux soit sous forme de graines extrudées en Europe.

2. UN PLAN NATIONAL PROTEINES

2.1. UN PROGRAMME D'AMORCAGE POUR LANCER UNE DYNAMIQUE

2.1.1. Un objectif à 10 ans

Dans le cadre du plan France Relance, le gouvernement a initié en décembre 2020 un nouveau plan de relance de la souveraineté protéique. Il s'agit de s'engager dans un

programme décennal qui s'est fixé comme objectif de doubler la surface des protéagineux et légumineuses fourragères, à échéance de 2030. L'ambition est donc de porter ces cultures à hauteur de deux millions d'hectares soit 8 % de notre surface agricole utile.
Dans un premier temps, pour initier la dynamique, le ministère a lancé un programme sur 2 ans (2021 et 2022), qui a pour objectifs de résoudre 3 vulnérabilités :

1. Réduire notre dépendance aux importations de matières riches en protéines, notamment le soja importé de pays tiers ;
2. Améliorer l'autonomie alimentaire des élevages, à l'échelle des exploitations, des territoires et des filières ;
3. Développer une offre de produits locaux en matière de légumes secs (lentilles, pois chiche, haricots, fèves, etc.).

Ces objectifs sont aussi à replacer dans un cadre mondial et du développement des besoins de protéines végétales, comme animales. Ces besoins en augmentation sont en premier lieu déterminés par l'augmentation de la population mondiale. Il y a donc là, un risque de tension sur les marchés mondiaux si l'offre peine à couvrir les besoins. Il s'agit d'un risque non négligeable pour le maintien de nos volumes de production et de denrées alimentaires, la sécurisation d'un approvisionnement régulier des transformateurs locaux et des filières d'élevage avec les volumes d'emplois dans les territoires qui y sont liés.
L'enjeu est aussi la compétitivité future de nos exploitations et la sécurisation des revenus des producteurs et des éleveurs.
Enfin, il s'agit d'apporter des réponses appropriées aux enjeux du changement climatique (GES via les cycles de l'azote et du carbone), et de la préservation de l'environnement (biodiversité, eau, sol, air).

Ce programme doté de 100 millions d'euros s'est articulé autour de 3 grands volets :

- Un programme d'action pour l'amélioration de la structuration des filières doté de 50 M€.
- Un soutien aux investissements/achats des agriculteurs permettant de contribuer à l'amélioration de leurs pratiques en matière de production de protéines (équipements, matériel - 30 M€).
- Un programme de Recherche et Développement Innovation doté de 20 M€.

2.1. Cap Protéines, un programme de Recherche Développement Innovation en deux ans et en 5 projets

Le dernier volet du plan de relance constitué d'un programme de recherche, développement, innovation et transfert, a été baptisé « Cap Protéines ». Il a été confié, pour son déploiement, à Terres Inovia et à l'Institut de l'Élevage. Son enveloppe se complète d'un financement de 33,5 M€ apporté par Terres Univia, l'interprofession des oléo protéagineux.

Cap protéines s'est structuré autour de 5 projets :

1. Evaluer et diffuser de nouvelles variétés de légumineuses et d'oléagineux à haute teneur en protéines en levant certains verrous techniques de production.
2. Faire gagner la production agricole en compétitivité et durabilité pour la production durable en protéines locales. En permettant notamment d'améliorer la compétitivité de ces cultures face aux céréales dans les assolements des exploitations de grandes cultures, mais aussi en dotant les filières des infrastructures nécessaires à l'augmentation des volumes de production attendus.
3. Répondre à la transition alimentaire *via* une alimentation animale locale durable et des produits diversifiés à base de protéines végétales pour l'alimentation humaine. Dans la perspective d'une substitution partielle des protéines animales par les protéines végétales dans l'assiette du consommateur, il convient d'assurer la production de ces ressources au plan national pour ne pas déplacer les dépendances aux importations.
4. Développer l'autonomie protéique des élevages de ruminants. C'est le volet élevage du programme, centré sur les productions d'herbivores, souvent en capacité de développer leurs ressources protéiques à des fins d'autoconsommation.
5. Coordonner le programme, en intégrant l'analyse d'impact, la conception de moyens de diffusion des informations et la communication à vocation générale.

Au total, ce sont plus de 200 partenaires qui ont été sollicités pour contribuer au déploiement de ces 5 projets. Les 3 premiers sont coordonnés par Terres Univia, tandis que le 4ème concernant le volet élevage a été confié à l'Institut de l'Elevage avec l'appui d'Arvalis-Institut du végétal. Le 5ème projet est copiloté par les deux chefs de file Terres Inovia et l'Institut de l'Elevage.

2.2. Elevages et cultures dans une même stratégie

Le projet « élevage » de Cap Protéines vise 2 objectifs : augmenter la part de protéines produites par les fourrages afin de réduire les besoins en concentrés et chercher les voies de substitution aux consommations de tourteaux de soja par la valorisation de ressources nationales (tourteaux, protéagineux, etc…).
Il va de soi qu'on ne peut accompagner et inviter les éleveurs à modifier leurs pratiques si la disponibilité des substituts aux tourteaux de soja n'est pas assurée. C'est pourquoi la stratégie de développement des cultures de protéagineux et celle de l'adaptation des conduites d'élevage d'herbivores sont indissociables et interdépendantes. L'une ne pouvant réussir sans l'autre.

2.3. Volet élevage de Cap Protéines : 120 Partenaires pour une multiplicité d'actions de recherches, de démonstrations, de création d'outils et de transfert

Dans le volet élevage de Cap Protéines, 120 partenaires de l'élevage ont été associés à une diversité d'actions. Parmi eux, les Chambres d'agriculture, les organismes de conseil en élevages, les CIVAM, les groupements d'agriculture biologiques, les instituts techniques, l'INRAE, l'AFZ, le BTPL… mais aussi une vingtaine établissements d'enseignement et autant sites expérimentaux mobilisés pour conduire des essais fourragers ou zootechniques.
Ce large partenariat a permis la mise en place d'une quarantaine de plateformes fourragères et autant d'essais zootechniques en stations. Les essais et expérimentations se sont complétés du suivi de 330 élevages, couvrant les 5 filières de ruminants et orientés vers la recherche de l'autonomie protéique pour illustrer et crédibiliser des trajectoires de réussite, décrire des leviers d'optimisation et analyser les relations entre autonomie protéique d'une part, et efficacité économique et performances environnementales d'autre part.
D'autres actions ont été centrées sur l'outillage des éleveurs et de leurs conseillers pour mieux analyser et diagnostiquer les situations initiales ainsi que pour optimiser certaines pratiques.
Enfin, dans le temps très court du projet (2 ans) des outils et des actions de transfert et communication se sont déployés et continueront de l'être au cours des prochaines années pour l'accompagnement aux changements de pratiques.

3. QUELLE AUTONOMIE PROTEIQUE POUR LES ELEVAGES DE RUMINANTS FRANÇAIS ?

3.1. UNE DIVERSITE PERSISTANTE DANS LES SYSTEMES D'EXPLOITATION

Les filières de production de ruminants françaises présentent encore, pour chacune d'elle, une grande diversité de systèmes

d'exploitation, de modalités de production, de niveaux de productivité. C'est notamment le résultat d'une diversité de contextes pédoclimatiques, de la présence de zones de plaines, de montagnes et de piémonts. A cela on peut ajouter la présence de nombreux signes de qualité parfois structurants sur les pratiques agricoles et les politiques agricoles nationales qui ont permis de limiter ou ralentir certains mécanismes d'homogénéisation ou de standardisation que l'on connaît chez certains de nos voisins.
Face à cette diversité, situer le niveau moyen d'autonomie protéique d'une filière, constitue donc une simplification de lecture.

3.2. MEILLEURE AUTONOMIE PROTEIQUE DES SYSTEMES ALLAITANTS

Selon les derniers travaux conduits par l'Idele, et notamment au travers des observations conduites dans le dispositif INOSYS-Réseaux d'élevage, sur un échantillon de 1200 élevages sur la campagne 2018, les systèmes d'élevage herbivores affichent une autonomie protéique moyenne de 75%. Cette valeur est confirmée sur un échantillon constant de 677 élevages sur 5 campagnes, tous systèmes confondus, sur la période 2014-2018. Comme on peut s'y attendre à la lecture des consommations des volumes de tourteaux de soja, une variabilité existe entre les types de production. Les systèmes laitiers, plus intensifs et plus en recherche de productivité, davantage basés sur le maïs fourrage, sont les moins autonomes.
Ainsi les ateliers bovins viande et ovins viande ont une autonomie protéique respectivement de 85,7% et 83,4% lorsque les ateliers laitiers bovins, ovins laitiers et caprins affichent respectivement 68,6%, 67,7% et 47,2%.

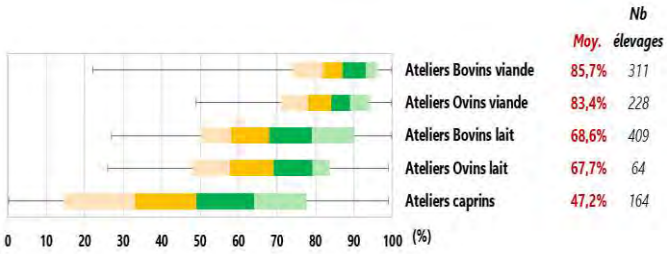


Figure 1 Autonomie protéique des ateliers d'herbivores par production (%), campagne 2018 (sources Inosys-Réseaux d'élevage)

Pour les ateliers allaitants, très largement basés sur la valorisation des prairies et le pâturage, tous se situent au-dessus de 70% et le quart supérieur au-dessus de 90%. Les systèmes biologiques, eux aussi très herbagers, sont même en moyenne à 95% d'autonomie protéique. Enfin, on constate peu d'écarts entre types de systèmes bovins viande (naisseurs vs naisseurs engraisseurs) (Seegers J. et al, 2020).

3.3. LA PART DE L'HERBE ET DU PATURAGE LIEE A L'AUTONOMIE PROTEIQUE

Cette relation entre part d'herbe et autonomie protéique est très visible pour tous les systèmes. Elle se confirme avec les caprins, où la part de pâturage est la plus réduite, où parfois le foncier manque et où les achats de fourrages ne sont pas rares. Dans les systèmes bovins laitiers, une segmentation de l'échantillon selon la part de maïs ensilage dans le système fourrager montre également que l'autonomie protéique diminue avec l'augmentation de la part de maïs ensilage (Seeger et al, 2020). Bien connu pour ses qualités énergétiques et son rendement fourrager intéressant en bonnes conditions de cultures, le maïs l'est aussi pour son déficit de protéines. Même si sa valeur protéique n'est pas à négliger, le rapport entre énergie et valeur azotée en fait une source de déséquilibre lorsqu'il est fortement introduit dans les rations. On peut considérer que la part grandissante du maïs ensilage constatée dans les rations de bovins laitiers et son corollaire qui est une baisse de la part du pâturage expliquent en grande partie la moindre performance en autonomie protéique des systèmes bovins laitiers.

4. LES FILIERES DE RUMINANTS PEUVENT ELLES SE PASSER DE TOURTEAU DE SOJA ?

4.1. UNE DIVERSITE DE LEVIERS POUR REDUIRE LA CONSOMMATION DE SOJA IMPORTE

4.1.1. Réduire les gaspillages, la première des stratégies

Chez la vache laitière, l'optimum des apports dans la ration se situe à 100 g de PDIE/UFL soit l'équivalent de 90 g de PDI/kg de MS ingérée. Au-delà, les apports supplémentaires améliorent faiblement les performances avec une augmentation des excrétions d'urée qui traduisent des pertes non valorisées et le plus souvent un gaspillage de concentré azoté (Vérité et Delaby, 1998).

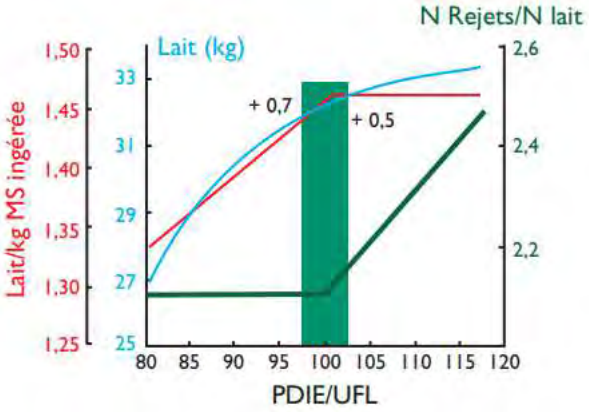


Figure 2 Evolutions des performances laitières et rejets azotés selon le rapport PDIE/UFL

Se rapprocher de cette valeur peut donc constituer le premier levier d'optimisation sans grandes modifications autres qu'un recalage de ration, d'autant plus que le nouveau système d'alimentation Inrae de 2018 permet de prévoir l'efficience des apports de PDI dès le calcul de la ration.
Le rapport de 100 g de PDIE/UFL traduit donc un compromis en termes d'ingestion, de performances zootechniques et de rejets azotés et de satisfaire à la fois les considérations techniques, économiques et environnementales.

4.1.2. Les fourrages 1er gisement de protéines

Les fourrages assurent l'essentiel des apports de protéines aux élevages de ruminants. Si l'on cite souvent la luzerne comme le fourrage riche en protéines on minimise souvent les autres légumineuses et encore plus les graminées prairiales composantes essentielles et majoritaires des prairies.
Depuis les années 1960, sous les effets conjugués des politiques agricoles qui ont favorisé les importations de MRP et le développement du maïs ensilage, des chocs pétroliers qui ont impacté les filières de déshydratation, les cultures de légumineuses pures n'ont cessé de décroître passant de 3,4 Mha en 1960 à 225 700 ha en 2014, le point bas historique.
Cependant, depuis 2014, on assiste a une remontée sensible des prairies artificielles (légumineuses pures hors destination déshydratation). Les surfaces étaient estimées en 2020 à 546000 ha. Il semble donc que ces cultures retrouvent une place dans des assolements. La recherche d'autonomie protéique peut en partie l'expliquer. Mais la réduction des usages de pesticides, la « redécouverte » du sol, le développement de productions non OGM et plus généralement une approche plus agroécologique en sont aussi les raisons.

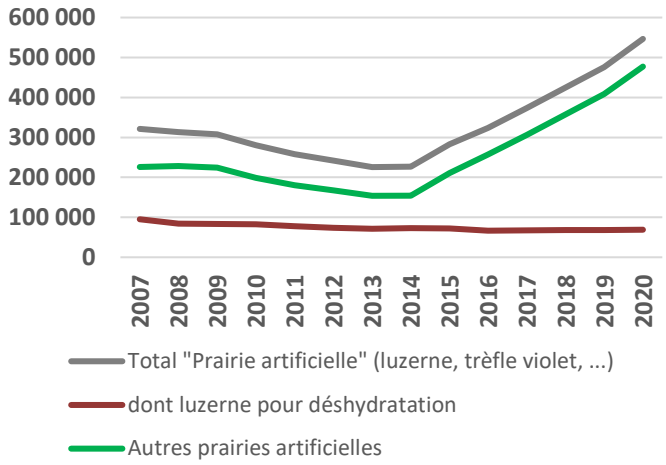


Figure 3 Evolutions des surfaces de prairies artificielles en hectares (source Agreste)

Le développement des légumineuses pures est une des voies possibles de la reconquête de la souveraineté nationale, au sein des exploitations de grandes cultures ou des élevages. Pour les premières, leur présence et leur développement se heurtent le plus souvent à un manque de compétitivité économique ou de filière de valorisation. Pour les secondes, les temps de retour de ces cultures sur les mêmes parcelles (7 ans pour la luzerne), en limitent la surface et finalement la capacité de substitution aux concentrés azotés. Il faut aussi ajouter des difficultés techniques d'implantation ou de gestion du salissement exprimées par les éleveurs ainsi qu'une certaine complexification des rations.
Quoi qu'il en soit, les légumineuses pures restent une des voies d'optimisation vers plus d'autonomie protéique.

Les légumineuses sont aussi présentes dans les prairies d'associations ou multi espèces où elles voient leur présence se renforcer ces dernières années. Il semble que les messages répétés de la R&D depuis plus de 10 ans, d'introduction systématiquement et en proportion importantes des légumineuses dans les mélanges prairiaux soient entendus. D'autant plus que la gamme de ces légumineuses tend à s'étendre avec l'arrivée de nouvelles espèces telles que les trèfles squarrosum ou de Micheli. Les derniers chiffres des ventes de semences prairiales attestent d'ailleurs d'une forte augmentation des ventes en France de légumineuses à petites graines de 157% entre 2009 et 2019 (Source : Semaé 2020). Au-delà de l'amélioration directe de la valeur du fourrage que procurent les légumineuses, incorporées aux prairies, on peut aussi mettre à leur bénéfice une production plus étalée, une meilleure résistance à la sécheresse, une contribution à la réduction des apports de fertilisation minérale (grâce à la fixation symbiotique).

En cultures pures ou en associations les légumineuses offrent de multiples possibilités entre la luzerne, la gamme des trèfles (blanc, violet, hybride, incarnat…), le lotier, les vesces, les gesses. Ces usines à transformer l'azote atmosphérique présentent de multiples atouts agroécologiques mais aussi économiques. Ces légumineuses doivent être présentes partout, dès que possible, et doivent développer leur place dans les systèmes fourragers, mais aussi dans les systèmes de cultures. Des marges de manœuvre sont souvent présentes dans bon nombre d'exploitations avec à la clé un potentiel de production renforcé, des valeurs fourragères améliorées et des économies d'intrants azotés.

Aujourd'hui, 91% des prairies temporaires associent légumineuses et graminées soit, si on ajoute les surfaces en prairies permanentes où elles sont quasi systématiquement présentes, mais dans des proportions variables, le taux de présence des légumineuses dans les prairies françaises atteindrait 97%.
Avec 11,5 millions d'hectares (dont 7,9 Mha pour les prairies permanentes et 3,6 Mha pour les prairies temporaires (RGA2010)), soit 41% de la surface agricole utile de la France, les prairies sont la principale surface fourragère des élevages de ruminants dont il faut souligner le potentiel de production de protéines très élevé. Avec un rendement de 7 tMS/ha et une valeur moyenne de 15% de MAT, la production de MAT à l'hectare est supérieure à 1 tonne par an. Soit l'équivalent de la production d'un hectare de soja à 26 Qx/ha. Avec une prairie très productive au-delà de 10 tMS valorisée par an, le rendement en protéines atteint 1,5 t de MAT/an (source Perpet 2020).

Avec des prairies riches en légumineuses, l'herbe peut atteindre des valeurs alimentaires comparables à celles des concentrés et s'avérer capable de s'y substituer. Les récents essais conduits dans le cadre de Cap Protéines dans les stations expérimentales sur des animaux de viande (broutards, vaches de réformes, jeunes bovins, génisses) ont montré qu'il était possible, sous condition d'une herbe de qualité, de maintenir les performances de croissances par des finitions à l'herbe pâturée ou récoltée.
Des essais menés en 2021 à la ferme expérimentale de Jalogny (71) ont montré que des broutards nés à l'automne non complémentés au pré ont atteint une croissance proche de celle des mêmes animaux qui recevaient 1,4 kg de concentrés par veau et par jour. Et cela pour un même poids de vente (440 kg vifs), et une économie de 100 kg de concentré. De même des essais de la ferme expérimentale des Bordes (36) confortent l'intérêt de l'herbe pâturée pour la finition de vaches de réforme. Finies au printemps (avec 39 ares/vache) le lot sans complémentation a atteint le même niveau de croissance que le lot fini en bâtiment avec du foin, du blé et du tourteau de colza (Deroche B., Idele, 2020).
Les pratiques de gestion des prairies influencent également le niveau de fourniture en protéines des prairies. L'étude conduite dans le cadre du projet 4AGEPROD à la ferme de Mauron (56) a montré qu'une fauche précoce avancée au stade montaison au lieu du stade début épiaison se faisait certes avec une légère perte de rendement sur cette première coupe, mais compensée par une coupe supplémentaire sur la saison, et surtout par une augmentation de 1,8 point de MAT du fourrage (Source : 4AGEPROD 2020). Les essais de la station de Trévarez confirment l'intérêt de ces fauches précoces (Tranvoiz E. et al., 2020).
Si la fauche précoce est un levier d'amélioration de la production de protéines, la durée d'exploitation et le niveau de valorisation des prairies sont évidemment des facteurs de variation importants. Plusieurs essais ont été conduits ces dernières années, notamment dans les stations de Trévarez (29), La Blanche maison (50) ou Thorigné d'Anjou (49) sur l'allongement du pâturage en automne et en hiver. Longtemps considérée comme une pratique à écarter, cause de dégradation des couverts et de pertes de productivité, les résultats tendent à montrer, notamment à la faveur d'hivers plus doux sous influence du changement climatique, que sous certaines conditions, la valorisation de ces prairies contribue de manière significative à l'autonomie fourragère et protéique des exploitations (source : Cap Protéines 2020).
Compte tenu du potentiel et des surfaces en prairies, il suffirait d'une amélioration du niveau de valorisation de 15% pour rendre l'élevage de ruminants totalement autonome. Pour cela de nombreux moyens sont disponibles ; gestion de la fertilisation azotée, réduction des pertes au pâturage ou aux récoltes, optimisation de la qualité des récoltes par avancement des dates de récoltes, allongement de la durée d'exploitation pour valoriser la totalité de la biomasse, etc.
Complémentairement à la prairie, les éleveurs ont développé ces dernières années des cultures fourragères complémentaires, annuelles, souvent riches en légumineuses et souples d'utilisation. Pouvant être valorisées en pâturage ou

récoltées (ensilage / enrubannage), être récoltées en fourrages ou en grains (méteils), elles assurent une diversité et une forme de sécurisation face aux aléas climatiques. On trouve ainsi les méteils (associations de céréales et de protéagineux), les cultures d'associations de type RGI, moha, millet… avec des légumineuses annuelles (trèfle incarnat, trèfle d'Alexandrie, vesce…), des crucifères (colza, navette, chou fourrager, radis) ou encore et plus récemment les associations maïs ou sorgho, avec des plantes compagnes riches en protéines (lablab, cowpea, vesce, soja, voire tournesols) (Launay F., Idele 2020).

4.1.3. Les voies de substitution du tourteau de soja

Pour les éleveurs, la première voie d'optimisation de leur autonomie protéique passe donc par l'amélioration de la valeur protéique de leurs fourrages et de la ration de base. Une fois cette voie explorée, la partie complémentation par les concentrés doit se trouver minimisée.

Dans une approche nationale, le tourteau de soja peut être remplacé par d'autres tourteaux produits plus localement, tels que les tourteaux de colza et de tournesol. Ces deux ressources présentent l'avantage de conditions d'utilisation et de performances zootechniques bien connues. Il conviendrait néanmoins de développer les surfaces de ces cultures si leur utilisation devaient augmenter.

A l'échelle de l'exploitation, l'autre stratégie peut être de gagner en autonomie par la production de concentrés fermiers riches en protéines et l'utilisation de protéagineux à graines tels que le pois, la féverole et le lupin mais aussi la graine de soja.

De nombreux essais ont été conduits dans les stations expérimentales, et récemment encore dans le cadre du projet Cap Protéines, pour évaluer les capacités de substitution du tourteau de soja par les protéagineux à graines présentés sous différentes formes, entières, broyées ou aplaties, et crues ou toastées.

Il est techniquement possible de substituer les correcteurs azotés par des graines de soja, pois, féverole et lupin dans la ration des ruminants. Ces protéagineux sont intéressants car riches en protéines et en matière azotée totale (MAT). Cependant, la dégradabilité rapide des protéines dans le rumen limite la disponibilité en protéines digestibles dans l'intestin (PDI) qui peuvent manquer aux animaux laitiers les plus productifs et exigeants.

Pour limiter cette dégradation dans le rumen, le toastage (traitement thermique) est possible pour retarder leur dégradabilité, donc améliorer la valeur alimentaire des graines mais aussi pour réduire la présence de facteurs antinutritionnels. Selon les tables Inra 2018, alors que du lupin cru dose 124 g de PDI par kg de matière sèche, on est à 180 g/KgMS une fois toastée. Cependant, des essais récents ont montré que l'utilisation de graines de protéagineux ne se traduit pas toujours positivement sur la production laitière et les taux. De plus, ces graines imposent quelques modalités spécifiques d'utilisation. Utilisés crus, les protéagineux doivent être broyés ou aplatis, au risque de retrouver les graines quasi intactes dans les fèces. Autre précaution, comme le pois ou la féverole sont riches en amidon, il faut veiller à ne pas dépasser 22 % d'amidon dans la ration pour ne pas risquer l'acidose ou la sub-acidose.

Si les performances techniques sont assez limitées, l'intérêt économique n'est pas non plus toujours évident. Il dépend en premier lieu des rendements de ces cultures et des marges obtenues. Par ailleurs, il faut intégrer les temps et les coûts des actions de broyage, toastage…

Pour le soja, plusieurs essais sur petits ruminants ou vaches laitières ont été récemment conduits.

Au lycée de Rethel, dans le cadre d'essais menés en 2021 dans le programme ARPEEGE, le soja toasté a été introduit dans les rations des vaches laitières en substitution partielle du tourteau de colza et à hauteur de 1,1 kg brut/j. Les résultats n'ont pas montré d'écarts sur la production laitière et le TB, en revanche la baisse du TP a impacté défavorablement le coût et la marge alimentaire (respectivement de +3€/1000 l et -15 €/1000 litres).

En 2022, dans le même lycée, un essai avait mis en comparaison une incorporation de soja cru et de soja toasté, là encore en remplacement partiel du tourteau de colza. Cet essai n'a montré aucune différence sur la production laitière et les taux, mais une légère augmentation du coût alimentaire (+4€/1000l). Le toastage, qui outre son coût, constitue une charge de travail supplémentaire, n'a pas permis d'améliorer les performances techniques et économiques. (ARPEEGE, 2022).

Au lycée agricole de Fontaines (71) durant l'hiver 2021, une expérimentation de 10 semaines a été conduite avec 2 lots de 25 vaches laitières. Le lot témoin recevait du tourteau de colza (3,4 kg brut/jour) et le lot expérimental uniquement des graines de soja toastées (3 kg bruts/jour) en substitution totale du tourteau de colza. Les résultats confirment ceux conduits au Lycée agricole de la Barotte (21) en 2019. La substitution totale du tourteau colza ou de soja est possible par des graines de soja mais elle impacte négativement les taux et pèse fortement sur les résultats économiques (Demarbaix A., Chapuis D., 2022).

Si le remplacement du soja importé par du soja produit sur la ferme et autoconsommé peut apparaitre comme une solution logique, son utilisation en ferme reste délicate avec de faibles intérêts techniques et économiques. Pour les producteurs en capacité de produire cette ressource (aptitude des sols, potentiel de rendements), la question de l'autoconsommation est posée.

4.1.4. Des éleveurs plus enclins aux solutions « fourrages » que « protéines à graines »

Dans le projet SiT'proT'in conduit dans le grand ouest de la France (Bretagne, Normandie, Pays de Loire et Nouvelle Aquitaine), une des actions a consisté à la réalisation d'une enquête auprès de 617 personnes (éleveurs, conseillers, enseignants, apprenants…) pour analyser les freins et motivations à l'amélioration de l'autonomie protéique, mais aussi les leviers envisagés ou retenus. De l'échantillon de 318 éleveurs de ruminants ayant répondu, il ressort que les leviers qu'ils jugent les plus mobilisables sont ceux qui concerne les fourrages et pratiques de gestion des prairies : augmenter la part d'herbe dans le système fourrager (67%) et dans la ration (53%), réaliser des ensilages plus précoces (57%), pâturer ou ensiler des dérobées (57%), produire et consommer des cultures de légumineuses fourragères pures (49%) ou encore analyser leurs fourrages pour mieux ajuster la complémentation (53%). En revanche, la solution consistant à produire et autoconsommer des protéagineux (pois, féverole et lupin) n'est envisagée que pour 15% des répondants et 49% de l'échantillon n'évoque pas ce levier (Seuret J.M., Caraes C., 2021).

4.1.5. Une stratégie de rupture pour se passer du soja importé

Une récente étude conduite par l'Académie de l'Agriculture de France, Idele, et le cabinet Asca/Iddri *(Pflimlin A. et al, 2022)* s'est attachée à l'étude de scénarios d'adaptation de l'agriculture française et européenne pour se passer des importations de soja. Il s'agit d'une approche macro-économique qui associe les stratégies d'adaptations des élevages et des systèmes de cultures pour à la fois réduire les consommations en élevages et produire les produits de substitution au tourteau de soja. L'étude se situe dans un contexte de maintien des volumes de lait et viande produits, ainsi que des performances animales (7000L/VL/an).

Selon les auteurs, à l'échelle de la France, supprimer totalement les consommations de soja importé supposerait une réduction de moitié des consommations de maïs ensilage de la vache laitière moyenne française (3,2 tMSU de maïs ensilage, 251 KgMS de tourteau de soja à 51% de MAT, 644 kgMS d'autres concentrés à 33% de MAT/kgMS comprenant

235 kgMS d'autres tourteaux et 409 kgMS de coproduits de céréales) (tableau 2). Cette consommation passerait alors de 3,2 tMS à 1,6 tMS de maïs ensilage par vache laitière et par an. Cette réduction doit alors être compensée par de l'herbe pâturée ou fauchée (1600 kgMS), de bonne qualité, à 8 tMS utile/ha et 16 % de MAT.

Ration Vache laitière (KgMS/an)	Moyenne VL 2018	Hypothèse Herbe ++
Herbe 12 % MAT	2180	2180
Herbe 16% MAT	0	1600
Ensilage de maïs	3200	1600
Céréales	458	900
Tourteau de soja	251	0
Autre concentré azoté	644	453
Total Concentré	1353	1353
% MAT de la ration	13	13

Tableau 2 Scénario de réduction du maïs ensilage pour les vaches laitières en France (Pflimlin A., 2022)

Au niveau des surfaces, la suppression d'un hectare de maïs ensilage doit être compensée par 1,37 ha de prairie temporaire riche en légumineuses et exploitée pour l'optimisation de sa valeur protéique ; pâturage au bon stade, fauches précoces, mais aussi par 0,5 ha de céréales. Soit la mobilisation de 1,87 ha pour compenser la réduction d'un hectare de maïs ensilage à 11 tMSU/ha. Cette modification de la base fourragère de la ration des vaches laitières se traduirait par une suppression totale des tourteaux de soja aux vaches laitières et d'une réduction importante des autres tourteaux protéiques alors ré orientables vers d'autres catégories animales en substitutions de leurs consommations de tourteau de soja. Pour les autres bovins, selon cette étude, les substitutions de sources azotées (tourteaux de colza et tournesol) économisées sur les vaches laitières, ajoutées à la réduction là encore de la part de maïs remplacée par des prairies temporaires, et enfin une optimisation de la conduite des surfaces en herbe permettraient de se passer totalement du soja importé. Finalement cette étude montre que l'élevage ruminants français pourrait se passer totalement de soja importé et cela même sans augmentation des productions de légumineuses à graines.

L'étude s'attache également à mesurer l'effet d'un développement des cultures riches en protéines sur la consommation totale des MRP importées, y compris sur les autres filières animales, notamment pour le secteur des volailles dont la consommation est de l'ordre 1,6 millions de tonnes de tourteau de soja par an.
Les hypothèses retenues reposent sur :

- le maintien des surfaces en colza et tournesol sur la base de l'année 2020, respectivement estimées à 1,1 Mha et 650 000 ha en 2020.
- la multiplication par 4 des surfaces en soja par rapport à 2020 (186 000 ha en 2020).
- le triplement des surfaces en protéagineux (295 000 ha en 2020).

Si les deux premières hypothèses semblent très réalisables, la troisième reste ambitieuse compte tenu des difficultés culturales et phytosanitaires que rencontrent actuellement encore ces cultures.
La conjonction de ces trois conditions permettrait *in fine* de s'affranchir de toutes les importations de soja en France.
En conclusion, en additionnant ces deux voies, réduction du maïs ensilage en élevages de ruminants et développement des cultures riches en protéines, l'autonomie en soja de l'ensemble de l'élevage français semble réalisable, sans réduction du cheptel, ni des volumes de productions animales. De plus, le bilan économique de la ferme France ne serait pas pénalisé malgré la réduction des exportations de céréales, et ceci sans chiffrer les bénéfices environnementaux associés au développement des légumineuses.

Pour faciliter la réalisation d'un tel scénario, et compte tenu des rapports des prix et de rendements entre les céréales et les légumineuses à graines, l'étude propose d'instituer un soutien spécifique minimum de 200€ / ha sur deux millions hectares supplémentaires mobilisés. Soit un million d'hectares de légumineuses fourragères et un million d'hectares de légumineuses à graines en plus, s'ajoutant au demi-million d'hectares actuels de légumineuses à graines. Ce soutien pouvant être justifié pour les bénéfices environnementaux de ces cultures et leur contribution à la souveraineté alimentaire de la France.

4.2. LES MULTIPLES FREINS A LEVER POUR PLUS D'AUTONOMIE PROTEIQUE

4.2.1. Une production d'oléo protéagineux face à des obstacles économiques et sanitaires.

L'amélioration de la souveraineté protéique ne peut se réaliser sans le changement des pratiques des éleveurs qui sont les consommateurs des MRP. L'objectif est donc de réduire la part de concentrés riches en protéines dans les rations, mais aussi de substituer au soja des ressources produites au niveau national. Le développement de ces ressources nationales est donc un préalable indispensable avant d'imaginer d'engager les éleveurs vers de nouvelles voies d'alimentation de leurs troupeaux. Or plusieurs freins et risques persistent sur le développement des protéines végétales françaises. Le premier risque est celui de la baisse des surfaces en colza qui fournissent le substitut le plus employé aujourd'hui au tourteau de soja dans l'alimentation des ruminants et constitue la deuxième ressource de MRP consommée au niveau européen avec 43 Mt brutes en 2018/2019. Avec un apport, d'1,5 kg de tourteau de colza à la place d'1 kg de tourteau de soja, la substitution assure les mêmes niveaux de performance technique laitière. L'enjeu du maintien des surfaces actuelles en colza est donc très important alors que ces dernières années les surfaces se sont érodées sous les impacts successifs de sécheresses post semis. De même, il y a un enjeu au développement de la culture de tournesol qui semble s'être amorcée en 2022 et qui offre elle aussi un tourteau riche en protéines dont la consommation européenne était de l'ordre 10 Mt en 2018/2019.
Le second risque est porté par une conjoncture de prix des céréales qui accroît encore l'écart de marge brute entre céréales et cultures de protéagineux. Le manque de performance économique des cultures de protéagineux, est liée à la fois à des prix peu attractifs, mais aussi à des rendements faibles en partie liés à des problèmes de gestion sanitaire aggravés avec la réduction d'usage des phytosanitaires. Enfin, les cultures de protéagineux ont connu une plus faible et plus lente amélioration génétique. Alors que le blé dispose de près de 700 variétés inscrites en France et que le rendement potentiel s'améliore en moyenne d'un quintal par hectare et par an (1,34), le pois n'offre qu'une centaine de variétés avec seulement une amélioration annuelle du rendement de 50 kg/ha pour le poids de printemps.
Ce retard de sélection et d'amélioration génétique contribue à accroître les écarts de performances avec les céréales et se mesure aussi sur une moindre adaptabilité aux évolutions et aléas climatiques (stress thermique, gel, stress hydrique). Enfin, le développement important de la culture de pois au début des années 90 et son retour trop fréquent de la culture sur les mêmes sols a aussi conduit au développement d'une maladie tellurique, *Aphanomycès euteiches,* qui a contaminé de nombreuses parcelles et empêche encore aujourd'hui son retour. La conséquence a été la délocalisation de la culture du pois vers des régions et des sols moins favorables, avec à la clef une baisse des rendements et une perte de compétitivité (*Jeuffroy et al., 2015)*.

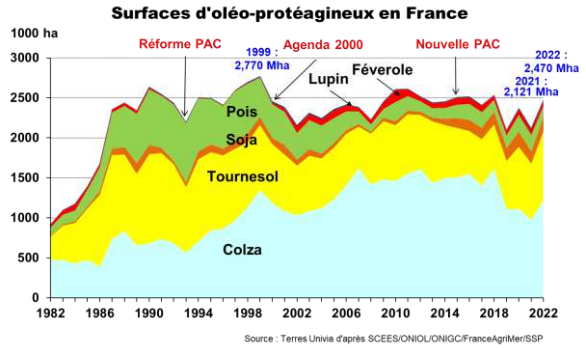


Figure 4 Evolution des surfaces d'oléo protéagineux en France, source Terre Univia 2022

4.2.2. Des filières d'oléo protéagineux à organiser pour changer d'échelle

Au-delà des difficultés de production qu'il faudra lever, il faut aussi prendre en compte la nécessaire organisation des filières (coopératives, négoce, transformation) qui doit accompagner le développement des volumes. Or la visibilité sur l'évolution des volumes reste floue pour anticiper des investissements attendus. D'autant plus que la mise en place d'une logistique est plus complexe et plus coûteuse sur les cultures à petits volumes, au regard de celles des céréales.

Des signaux forts doivent émerger, portés par une politique nationale claire et maintenue dans le temps et qui au-delà des ambitions affichées doit se concrétiser par des mesures pérennes d'accompagnement au développement des oléo protéagineux *(Duru M., 2016).*

4.2.3. Des éleveurs à convaincre

Les organismes de recherche et développement se sont emparés depuis longtemps de la thématique de l'autonomie protéique et de la recherche de solutions à proposer aux éleveurs pour progresser sur cet enjeu. Le programme Cap Protéines est venu compléter, renforcer et massifier les travaux qui étaient déjà conduits. Même si toutes les réponses aux questions de recherches ne seront pas fournies à l'issue de ce programme, nous disposons déjà de nombreuses solutions testées, éprouvées, validées par l'expérimentation à proposer aux éleveurs pour les aider à gagner en autonomie protéique.

Cependant, l'objectif de progresser en autonomie protéique se cumule avec d'autres objectifs tout aussi importants comme l'adaptation au changement climatique, qui peut en certains point rejoindre les questions d'autonomie fourragère et protéique, mais aussi la réduction de l'empreinte carbone des produits agricoles, la transmission des exploitations et le renouvellement des générations, etc. le tout dans une perspective de maintien ou de développement de l'efficacité économique des structures et de la compétitivité des produits, et en maintenant les systèmes vivables sur le plan de la charge de travail.

L'un des freins principaux exprimés par les éleveurs à l'amélioration de leur autonomie protéique est la remise en cause des systèmes initiaux, le changement des habitudes et des pratiques avec la crainte d'une perte de performance animale. Dans les systèmes bovins laitiers, les régimes à base de maïs ensilage et tourteaux de soja offrent l'avantage de la simplicité et de l'efficacité technique. Les éleveurs pressentent aussi, et souvent à juste titre, que la recherche d'autonomie protéique peut être source de complexité accrue dans la gestion de leur système avec une part plus importante à donner à l'herbe et au pâturage, à contre-courant des évolutions visibles des systèmes laitiers notamment, avec un plus fort degré de diversification des ressources fourragères et des assolements culturaux, une gamme de ressources plus large dans la composition des rations. Enfin, et ce n'est pas le moindre des problèmes, les modifications possibles et souhaitables des systèmes de production ne s'accompagnent pas toujours d'écarts de performances économiques très importants.

Même si une très large majorité d'éleveurs enquêtés dans le projet SiT'proT'in (76%) estiment que l'amélioration de leur autonomie protéique va permettre un gain économique sur leur exploitation, les évaluations technico économiques des leviers ou les simulations réalisées à l'échelle des systèmes montrent des écarts variables selon les contextes de prix (tourteau de soja *vs* lait et viande). Les techniciens qui les accompagnent sont d'ailleurs plus mesurés que les éleveurs avec seulement 58% d'entre eux qui partagent leur avis. On peut supposer que les réponses des éleveurs appréhendent surtout la notion d'économie d'intrants, sans forcément mesurer les conséquences systémiques de cette réduction d'achats. Sans gain économiques notables, récompensant les efforts d'adaptations et de changements, les motivations seront difficiles à trouver et devront être cherchées ailleurs (impacts positifs sur l'environnement, sécurisation du système sur le long terme…).

Si l'on souhaite réduire les consommations de soja chez les éleveurs de ruminants, il conviendra de poursuivre et d'intensifier la communication et la sensibilisation sur le sujet. Peut-être en mettant plus en avant, les bénéfices environnementaux, et les risques sur le moyen terme d'une dépendance élevée et en progression des MRP importées, face à un marché mondial où les tensions sur l'offre peuvent encore se renforcer. Cela plaide aussi pour un accompagnement des éleveurs, par les organismes de développement, au-delà de la sensibilisation et d'éventuels diagnostics de situation, sous des formes qu'il reste à concevoir (collectives ou individuelles) qui sécuriseront les processus de changement à intégrer.

Enfin, pour atteindre un objectif collectif de cette importance, il faut une communication nationale convergente des acteurs ; coopératives, négoces, transformateurs, encadrement technique, etc. Cela suppose que chacun doit aussi y trouver un intérêt.

4.3 AUTONOMIE PROTEIQUE, ECONOMIE ET ENVIRONNEMENT QUELLE CONVERGENCE D'OBJECTIFS ?

Il n'est aujourd'hui pas envisageable de promouvoir un objectif ou une stratégie agricole, aussi justifiée soit-elle si elle s'accompagne d'effets délétères sur l'environnement ou ne satisfait pas des objectifs d'efficience économique pour les éleveurs et leurs filières.

De même l'autonomie protéique ne peut s'envisager avec une dégradation de l'autonomie énergétique des rations.

Plusieurs travaux ont été conduits pour analyser des relations entre niveaux d'autonomie protéique et performances économiques et environnementales à partir du traitement de la bases INOSYS-Réseaux d'Elevage ou de la base Cap'2ER. Ainsi, les résultats issus de la base de données CAP'2ER sur plus de 9 000 fermes bovines montrent que si l'on classe les exploitations bovines selon leur niveau d'autonomie protéique (tableau 3) on observe que les fermes les plus autonomes ont des émissions de GES par unité de produit comparables mais que leur empreinte carbone nette est plus faible que la moyenne de l'échantillon, grâce notamment à un stockage de carbone plus élevé, via les prairies et le bocage associé.

La relation positive qui s'exprime entre autonomie protéique et environnement s'explique principalement par 3 leviers les plus mobilisés : économie d'intrants (concentrés, engrais), substitution des intrants importés par des produits plus locaux (concentrés) et enfin maximisation des protéines issues des fourrages et principalement des prairies grâce notamment au pâturage.

Avec un plus fort recours à la prairie, en valorisant plus et mieux son potentiel protéique, couplé à une moindre utilisation d'engrais azotés, on réduit les pertes d'azote vers l'air et l'eau et on favorise la biodiversité sur les surfaces des exploitations.

Si les corrélations ne s'affichent pas clairement entre autonomie protéique et émissions de GES Brutes, les

systèmes les plus autonomes affichent des corrélations positives avec d'autres indicateurs environnementaux (pertes d'azote vers l'air et l'eau, biodiversité). (IDELE, 2022)

		Décile inférieur	Moyenne	Décile supérieur
Autonomie protéique		**47%**	**67%**	**90%**
Atelier	Emissions brutes (kg eq CO2/l)	1,03	0,98	0,98
	Stockage carbone (kg eq CO2/l)	0,06	0,13	0,31
	Empreinte nette (kg eq CO2/l)	**0,97**	**0,85**	**0,67**
Exploitation	Entretien de la biodiversité eq ha/ha SAU	1,09	1,42	1,99
	Excédent du bilan N kg N/ha SAU	141	100	48
	Pertes vers l'air kg N/ha SAU	57	44	25
	Pertes vers l'eau kg N/ha SAU	71	41	10

Tableau 3 Liens entre niveau d'autonomie protéique et performances environnementales de 5520 élevages bovins lait (Selon Cap'2ER, 2021)

CONCLUSION

Il est sans doute illusoire, dans un monde ouvert, basé sur les échanges commerciaux entre pays, et la nécessité pour chacun de vendre pour pouvoir acheter, de supprimer totalement les importations de tourteaux de soja et autres MRP. Il n'est pas sûr que cet objectif soit souhaitable. En revanche chercher à réduire nos importations en développant nos solutions internes pour sécuriser nos filières de production et notre capacité à couvrir en toutes circonstances nos besoins alimentaires ne peut être discuté.

Ce nouveau plan de relance de la souveraineté protéique, fait suite à de nombreux autres depuis les années 1970. Si la prise de conscience des enjeux est persistante au cours des décennies, les plans précédents se sont tous soldés par des échecs, ou du moins, de faibles résultats qui n'ont pas permis d'inverser notablement une situation de dépendance.

Cependant, le contexte actuel offre de nouvelles raisons pour se donner les moyens de réussir et d'espérer de meilleurs résultats. Les exigences environnementales du consommateur-citoyen sont de plus en plus structurantes sur les méthodes de production. La projection des besoins mondiaux et le poids de certains pays sur le marché des MRP peuvent être des sources d'inquiétudes et de risques sur nos capacités d'approvisionnement et la viabilité de nos filières. Enfin, l'épisode Covid qui a ralenti et parfois supprimé certains flux au point de créer des pénuries et le blocage de nos chaines de transformations, nous rappelle que la disponibilité des ressources hors de nos frontières n'est jamais totalement une certitude.

Le plan de relance de la souveraineté protéique a été prévu à échéance 2030, sur 10 ans. Il reste 8 ans pour atteindre les objectifs fixés. Avant même ce plan de relance, de nombreux travaux sur les leviers d'optimisation ont été conduits par les acteurs de la R&D. Le programme Cap Protéines a permis dans un temps très court une intensification massive des travaux, une large mobilisation de tous les acteurs, une grande quantité de production de références, connaissances, livrables ainsi qu'une communication importante. Cependant Cap Protéines qui s'achèvera au 31 décembre 2022 ne suffira pas à apporter une réponse à toutes les questions. Des travaux de recherche doivent se poursuivre. Par ailleurs, comme sur d'autres sujets, le changement des pratiques en exploitations ne sera pas spontané.

Même si nous disposons de nombreuses solutions et leviers éprouvés, un accompagnement au changement doit être mis en place sous une forme qui reste à concevoir, collective ou individuelle. Au risque d'avoir des solutions sans utilisateurs.

Brunschwig P., Devun J., Guinot C., Ballot N., Bèche J-M., Le Doaré C., 2012. L'autonomie alimentaire des troupeaux bovins en France : état des lieux et perspectives. Plaquette 6 p.

Cordier et *al*, 2020. « Analyse des flux de matières premières en alimentation animale en France », Gis Avenirs Elevage.

Delaby L., O'Donovan M., Belot P.E., Pavie J., 2014. Des prairies productives au service de l'élevage des ruminants et de leurs éleveurs, Fourrages (2014) 218, 157-166.

Demarbraix A., Chapuis D., Berchoux A., Boré R., 2022, Idele, Utilisation des graines de soja toastée dans l'alimentation des vaches laitières.

Duru M., 2016. Les légumineuses « en action » : une lecture sociotechnique des enjeux et des verrous, Fourrages 227, p223-231.

GIS Avenir Elevage, 2022. Utilisation des terres agricoles, est-ce que les animaux d'élevage concurrencent l'alimentation humaine ? 6 p.

Guillois F., et al, 2020. Projet 4AGEPROD, L'herbe récoltée : comment mieux la cultiver, la stocker et la valoriser dans les exploitations de Pays de la Loire et Bretagne ? 11 pages.

IDELE, 2022. Dossier Technique de l'Elevage n°5.

Pflimlin A. et al, 2022. L'élevage peut-il se passer de soja importé ? IDELE, collection résultats.

Pflimlin A., Rieu M., Magdelaine P., Meynard JM., Allo C., 2019. « L'élevage européen peut-il se passer du soja américain ? » note AAF.

Rouillé B. et al., 2020. Des systèmes laitiers caprins, ovins et bovins producteurs nets de protéines et consommateurs d'énergie. Journées 3R 2020.

Rouillé et al, 2016. Intérêt des légumineuses fourragères pâturées et/ou récoltées dans l'alimentation des vaches laitières en France, journées AFPF 1016.

Rouillé B., Devun J., Brunschwig P., 2014. L'autonomie alimentaire des élevages bovins français, OCL2014.

Rouillé B., Lamy J-M., Brunschwig P. 2010. Trois formes de consommation de la luzerne pour les vaches laitières. Renc. Rech. Rum., 17, p 329.

Seegers J. et al, 2020. Etat des lieux de l'autonomie alimentaire et protéique dans les ateliers d'élevage herbivores, webinaire IRD Occitanie

Terres Inovia, 2022, Rapport d'activité

Terres Univia, 2018. « Un nouveau plan protéines français ».

Tranvoiz E., Brocard V., Cloet E., 2020. **Ensilage d'herbe précoce : impact sur le rendement et les valeurs alimentaires.** Renc. Rech. Rum., 25, p 366.

Vérité R., Delaby L., 1998, Conduite alimentaire et rejets azotés chez la vache laitière. Interrelations avec les performances, Renc. Rech. Ruminants 1998, 185-192

Optim'Al v2, un outil d'optimisation alliant « économie » et « autonomie protéique » pour le calcul des rations des vaches laitières selon le système INRA 2018

CHAPOUTOT P. (1), TRAN G. (2), HEUZE V. (2), BERCHOUX A. (3), ROUILLE B. (4), SAUVANT† D. (1)

(1) Université Paris-Saclay, INRAE, AgroParisTech, UMR Modélisation Systémique Appliquée aux Ruminants - 22 place de l'Agronomie - CS 20040 - 91120 PALAISEAU CEDEX
(2) AFZ (Association Française de Zootechnie) - 22 place de l'Agronomie - CS 20040 - 91120 PALAISEAU CEDEX
(3) Institut de l'Élevage - Agrapole - 23 rue Jean Baldassini - 69364 LYON CEDEX 7
(4) Institut de l'Élevage - Monvoisin - BP 85225 - 35652 LE RHEU CEDEX.

RESUME

Cette étude décrit l'organisation et le fonctionnement d'Optim'Al v2, un outil d'optimisation des rations pour vaches laitières. Basé sur la programmation linéaire, Optim'Al v2 intègre les principes du nouveau système INRA 2018, dans lequel les valeurs des aliments et les besoins des animaux dépendent des caractéristiques de la ration. Différentes simulations, mettant en œuvre un processus de calculs itératifs, montrent l'intérêt de l'analyse de sensibilité des solutions optimisées qui apporte des éléments de réflexion sur la valorisation des aliments et les stratégies d'achat pour l'éleveur. Une phase de calcul post-optimisation prend en compte les lois de réponses non linéaires des animaux pour réaliser un diagnostic technico-économique basé sur la marge alimentaire permise par les rations et sur leur valeur environnementale. Par ailleurs, une valeur de dépendance protéique des aliments, associée à leur périmètre d'approvisionnement, peut servir de fonction d'optimisation à la place du prix afin d'obtenir des rations « autonomes », ou en combinant les approches « économie » et « autonomie protéique » dans une fonction multi-objectif.

Optim'Al v2, an optimization tool combining "economy" and "protein autonomy" for dairy cow ration calculation according to INRA 2018 system

CHAPOUTOT P. (1), TRAN G. (2), HEUZE V. (2), BERCHOUX A. (3), ROUILLE B. (4), SAUVANT D.† (1)

(1) Université Paris-Saclay, INRAE, AgroParisTech, UMR Modélisation Systémique Appliquée aux Ruminants - 22 place de l'Agronomie - CS 20040 - 91123 PALAISEAU CEDEX

SUMMARY

This study describes the organization and operation of Optim'Al v2, an optimization tool for dairy cow rations. Based on linear programming, Optim'Al v2 integrates the principles of the new INRA 2018 system, in which feed values and animal requirements depend on the ration characteristics. Different simulations, implementing an iterative calculation process, reveal the interest of a sensitivity analysis of the optimized solutions, useful to reflect on feed valorization and purchase strategies for dairy farmers. A post-optimization calculation phase takes the non-linear responses of the animals into account and allows a technical-economic diagnosis of dairy cow rations based on feed cost margin and on their environmental values. In addition, a protein-dependency value of feeds according to their supply perimeter, can be used instead of feed cost as an optimization function to obtain "autonomous" rations. Moreover, both "economy" and "protein autonomy" approaches can be combined in an optimization multi-objective function.

INTRODUCTION

L'utilisation de la programmation linéaire (PL) dans la conception des régimes pour ruminants n'est pas très courante (Lapierre, 2005, Chapoutot et al., 2018) contrairement à la formulation de mélanges pour monogastriques. L'application Optim'Al (Chapoutot et al., 2014, 2015), conçue par l'Association Française de Zootechnie (AFZ) pour le compte de l'Institut de l'Elevage (Idele), permettait de réaliser par PL une optimisation économique des rations pour vaches laitières (VL) et bovins viande selon le système INRA 2007. Les nouveautés apportées par le système INRA 2018 ne simplifient pas son adaptation à la PL : d'une part, les calculs mettent en œuvre de nombreux processus itératifs et, d'autre part, les réponses des animaux aux stratégies alimentaires ne sont pas linéaires. Par ailleurs, l'autonomie protéique des exploitations est de plus en plus cruciale afin d'accroître la souveraineté métropolitaine pour l'approvisionnement en protéines des élevages. L'objectif de cette étude est de décrire et présenter l'intérêt d'un nouvel outil d'optimisation des rations pour VL qui intègre les nouveautés du système INRA 2018 et associe les volets « économie » et « autonomie » dans la conception des régimes distribués à l'auge. Cet outil, « Optim'Al v2 », a été conçu par l'AFZ dans le cadre du Programme Cap Protéines, à partir d'un prototype proposé par Chapoutot et al. (2022), et est développé par la société Adventiel.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1 ORGANISATION ET FONCTIONNEMENT DE L'OUTIL

1.1.1 Les principes de la programmation linéaire

L'optimisation économique des rations par PL doit couvrir les besoins journaliers (minimum ou maximum) des animaux (CI, UFL, PDI, Caabs, Pabs – sans tenir compte des AADI pour des raisons de simplification). Les niveaux requis (avec d'éventuelles plages de tolérance en-deçà ou au-delà des besoins) pour ces éléments i sont regroupés dans le *vecteur des contraintes* b_i. Chacun des aliments j testés dans la ration présente pour chaque critère i des caractéristiques propres de valeurs alimentaires (UEL, UFL, PDI, Caabs, Pabs, par Kg MS), qui sont recensées dans la *matrice des coefficients techniques* a_{ij}. Par ailleurs, les prix des ingrédients sont intégrés dans le *vecteur économique* c_j. Enfin, le respect de recommandations alimentaires ou de contraintes de stocks peut nécessiter des *limites min ou max*

d'incorporation des aliments j dans la ration. La formulation à moindre coût des rations pour VL revient donc à rechercher les niveaux Q_j (en kg MS/j) de chacun des ingrédients j, pour que les apports journaliers du mélange dans chaque critère i puissent satisfaire l'ensemble des besoins b_i, chacun correspondant à une inéquation linéaire à prendre en compte. La mise en œuvre de la fonction « objectif » $Z=\sum_j c_j \times Q_j$, par exemple la recherche du minimum du coût de la ration, aboutit au choix de *la solution optimale, correspondant au vecteur Q_j des aliments retenus*. La formalisation algébrique d'un problème d'optimisation à moindre coût d'une ration est donc la suivante :

- Recherche des variables Q_j (en kg MS/j), telles que :
- Contraintes alimentaires : $\forall i,\ \sum_j a_{ij} \times Q_j \leq ou\ \geq b_i$
- Limites d'incorporation : $\forall j,\ \min Q_j \leq Q_j \leq \max Q_j$
- Fonction d'optimisation : $\mathrm{Min}(\sum_j c_j \times Q_j)$

Cependant, la prise en compte de recommandations techniques peut nécessiter la mise en œuvre de variables et contraintes supplémentaires (Chapoutot et al., 2005 et 2018). Ainsi, la contrainte de proportion de concentré maximum (PCO_{max}) à respecter : $\mathrm{MSC/MST} \leq \mathrm{PCO_{max}}$, (avec MSC et MST : quantités ingérées de MS de concentrés et totale), n'est pas une relation linéaire et devra être transformée, en créant les variables auxiliaires MSC et MST au moyen d'inéquations supplémentaires :
$\sum_j Qf_j + \sum_j Qc_j - \mathrm{MST} = 0$ et $\sum_j Qc_j - \mathrm{MSC} = 0$ (avec Qf_j et Qc_j : quantités de chaque fourrage et concentré j dans la ration), puis en liant ces 2 variables par une relation linéaire : $\mathrm{MSC} - \mathrm{PCO_{max}} \times \mathrm{MST} \leq 0$. Il en est de même pour la satisfaction des contraintes de composition chimique de la ration, Balance Protéique du Rumen (BPR), Amidon, MAT, NDF… exprimées sous forme de concentrations (en g/kg MS). Par ex., la contrainte de teneur minimum en MAT de la ration, en g/kg MS, $[\mathrm{MAT}]\mathrm{ration} \geq \mathrm{MAT_{min}}$, soit $\frac{\sum_j \mathrm{MAT_j} \times Q_j}{\sum_j Q_j} \geq \mathrm{MAT_{min}}$, avec un rapport de variables n'est pas une relation linéaire non plus et devra s'écrire sous la forme suivante : $\sum_j \mathrm{MAT_j} \times Q_j - \mathrm{MAT_{min}} \times \mathrm{MST} \geq 0$.

1.1.2 Calculs itératifs des valeurs d'aliments et des besoins

Dans le nouveau système INRA 2018, les valeurs des aliments dépendent du contexte de la ration du fait des interactions digestives, selon le niveau d'ingestion (NI), la PCO et la BPR. De même, les besoins peuvent dépendre de la valeur de la ration, par ex. CI=f(UFL/PDI ration). Dans ce cas, les valeurs a_{ij} et b_i dépendent des variables Q_j, ce qui n'est pas possible en PL. Il convient alors de mettre en place un processus de calculs itératifs. Lors de l'initialisation, les valeurs a_{ij} des aliments sont pris dans les « Tables » et les besoins b_i des animaux sont calculées pour l'animal à son potentiel (pivot nutritionnel), selon leurs seules caractéristiques, sans tenir compte du contexte de la ration. Après chaque itération du processus, divers critères caractérisant la ration optimisée [NI, PCO, BPR, la valeur d'encombrement moyenne des fourrages (UELf), le taux de substitution globale (Sg)] conduisent au recalcul des valeurs des aliments et des besoins des animaux selon INRA 2018 pour l'optimisation à l'itération suivante. Le processus boucle et, à chaque optimisation n, les valeurs de ces critères sont comparées à celles de l'optimisation n-1, à travers un écart pondéré qui doit tendre vers zéro ($\pm 10^{-2}$ près). En général, la convergence est atteinte rapidement après moins d'une dizaine d'itérations.

1.1.3 Analyse de sensibilité de la ration

Après convergence, une analyse de sensibilité est faite sur la ration optimale définitive comme dans l'application Optim'AI précédente. Cette analyse duale permet (1) de décrire les plages d'invariance (PI_inv) du niveau d'incorporation des aliments inclus dans la ration selon les variations de la conjoncture économique c_j, et calculer les prix d'intérêt (PI) des aliments non retenus et (2) de calculer les coûts marginaux U_i des contraintes saturées, avec leur PI_Inv selon le niveau des b_i, ainsi que leurs contributions économiques, absolues ($\mathrm{Contr_abs_i} = U_i \times b_i$) ou relatives ($\mathrm{Contr_rel_i} = \frac{U_i \times b_i}{\sum_i U_i \times b_i}$).

1.1.4 Autonomie protéique de la ration

Les aliments peuvent être caractérisés non seulement par leurs valeurs alimentaires et économique mais aussi par une valeur d'autonomie – ou plutôt de dépendance – protéique, basée sur leur teneur en MAT. Pour cela, chaque aliment j est affecté d'un indice (Ind_ori_{jk} = 0 ou 1), pour chaque modalité k d'approvisionnement ou origine possible : tracteur = exploitation ; camion = région ; bateau = importation, de façon analogue à ce qui est proposé dans le logiciel Devautop d'Idele (2022). Il est alors possible de répartir la dépendance protéique de la ration selon chaque origine k : $\%\mathrm{dép_ori_k} = \frac{\sum_j \mathrm{MAT_j} \times Q_j \times \mathrm{Ind_ori_{jk}}}{\sum_j \mathrm{MAT_j} \times Q_j}$. De plus, si l'on grève chaque origine k d'un coefficient de pondération ($pond_k$) plus ou moins élevé comme index d'éloignement de la zone d'achat, une dépendance protéique globale peut être attribuée aux aliments j (en g MAT/kg MS) ainsi qu'à la ration (en kg MAT/j) : $\mathrm{Dép_glob_j} = \mathrm{MAT_j} \times \mathrm{Ind_ori_{jk}} \times \mathrm{pond}_k$ et $\mathrm{Dép_glob_{ration}} = \sum_j \mathrm{Dep_glob_j} \times Q_j \ / \ 1000$.
De plus, un taux de dépendance protéique globale de la ration : $\mathrm{Tx_glob_MAT_{ration}} = \frac{\mathrm{Dép_glob_{ration}}}{\sum_j \mathrm{MAT_j} \times Q_j}$ représente son degré de dépendance comme un multiple du niveau « Exploitation » pour lequel $\mathrm{Tx_glob_MAT_{ration}} = 1$.

1.1.5 Fonction d'optimisation multi-objectif

Classiquement, l'optimisation des régimes se fait sur la recherche du minimum du coût de la ration (100% « éco »). Cependant, il peut être également intéressant de concevoir une ration, au contraire, en cherchant à maximiser son autonomie protéique – ce qui revient à minimiser sa dépendance – et de choisir ce critère comme seule fonction « objectif » au lieu du coût de la ration (100% « auto »). De plus, on peut aussi souhaiter associer les 2 volets, « éco » et « auto », dans un même processus d'optimisation, pour rechercher la ration la moins coûteuse et la moins dépendante. Dans ce but, une fonction multi-objectif combine les 2 critères (coût et dépendance) par un jeu de pondérations (entre 0 et 1) dans une fonction « multi-objectif » à minimiser.

1.1.6 Réponses des animaux et marge alimentaire

Après l'optimisation définitive, les bilans théoriques UFL (BilUFLth) et PDI (BilPDIth) de la ration permettent de calculer les réponses de sécrétion (RepMP, RepLait, RepMG, RepLactose) et les réponses de taux protéique (RepTP), butyreux (RepTB), et de lactose (RepTL) selon Daniel et al., 2016 (INRA 2018) et d'en déduire la production de lait (PL) et les TP et TB attendus des animaux. Ainsi, selon la rémunération du lait (Prix de base et prix du gramme de TB et TP, en €/1000l), la production attendue et le coût de la ration, il est possible de calculer une marge sur coût alimentaire.

1.1.7 Calculs des rejets azotés

Afin de mesurer la valeur environnementale de la ration, les niveaux d'excrétion azotée des animaux d'origine fécale et urinaire sont calculés en fonction de ses caractéristiques (INRA, 2018). De plus, la ventilation entre origine digestive et métabolique des rejets azotés urinaires, selon les valeurs de BPR et de l'efficience PDI attendue (EffPDI) de la ration (Nur_BPR, Nur_InEffPDI ; INRA 2018), permet un diagnostic nutritionnel et environnemental de la ration.

1.2 CONTEXTE DE L'ETUDE

Pour cette étude, l'atelier VL avait les spécifications suivantes : 30 % primipares, stabulation libre, 650 kg, 40 mois, 22 semaines de lactation, 9 semaines de gestation, production potentielle = 26 kg de lait/j, TB et TP moyens = 42 et 33 g/kg respectivement, NEC=3 et 2,5 respectivement au vêlage et au stade).

10 aliments (Tables INRA 2018) ont été testés dans une conjoncture (grand-ouest ; été-automne 2021) avec des limites d'incorporation pour certains (**Aliment** *[code, Prix (€/T MS), min ou max (kg MS/j)]* : ***Ensilage Maïs*** [EM, 150] ; ***Ensilage d'herbe*** [EH, 220, min=3] ; ***Paille Blé*** [PAI, 100] ; ***Corn gluten feed humide*** [CGF, UEL=0,60/kg MS, prix non connu, max=4,] ; ***Maïs*** [MAI, 300] ; ***Blé*** [BLE, 225] ; ***Orge*** [ORG, 225] ; ***Pois*** [POI, 300]; ***Tourteau Colza*** [TCZ, 290] ; ***Tourteau Soja*** [TSJ, 400]; **CaCO3** [CAR, 50]; **Phosphate** [PHO, 500]).

Quelques contraintes ont été ajoutées dans ce contexte, sur le PCO_{max} ($\leq 40\%$) et sur la composition de la ration [$-50 \leq BPR \leq 100$, $MAT \geq 140$, $NDF_{fourrages}$ (NDF_f) ≥ 300, Amidon ≤ 300, en g/kg MS].

Différentes simulations ont été réalisées dans cette étude par optimisation sur le coût de la ration (100% « éco »), dans le contexte initial (1), en réduisant le prix du CGF (2) puis la contrainte PDI_{min} à 95% (3) et 90% (4) des besoins, ou sur la dépendance protéique (100% « auto ») avec un approvisionnement du pois externe (5) ou interne (6) à l'exploitation.

2. RESULTATS

2.1 OPTIMISATION ECONOMIQUE INITIALE

Dans le contexte initial, la ration (N°1) optimisée sur le plan économique coûte 4,13 €/j/VL. Sa composition (en kg MS/j) est : EM (12,5), EH (3 kg, = mini), TSJ (3,3), BLE (0,9), TCZ (0,1) et CAR (0,2). Il ressort de l'analyse duale que le PI du CGF (prix de marché non connu, testé à 9999 €/kg MS), est de 235 €/T MS. Son niveau d'incorporation bute rapidement sur son maximum dès que son prix descend en-deçà de 200 €/T MS. A l'inverse, le TSJ montre une relative stabilité d'incorporation (3-4 kg MS/j) entre 170 et 440 €/T MS (figure 1). Dans cette ration, les apports journaliers couvrent strictement les besoins des VL (CI_{max} et UFL_{min}, PDI_{min}, $Caabs_{min}$, $Pabs_{min}$; ratio PDI/UFL=106 g PDI/UF), mais aucune des contraintes de composition chimique de la ration n'est saturée. Pour les contraintes UFL_{min} et PDI_{min}, les coûts marginaux sont de 0,11 €/UFL et 0,10 €/100 g PDI, et leur PI_Inv_i est 18,3-19,1 UFL et 1786-2050 g PDI. Elles contribuent chacune pour la moitié du coût de la ration environ, les contraintes de minimum sur les minéraux et l'EH ne pesant que 4% chacune, tandis que la contrainte CI_{max} intervient négativement pour 10% (contrainte maximum avec U_i = -0.023 €/UEL).

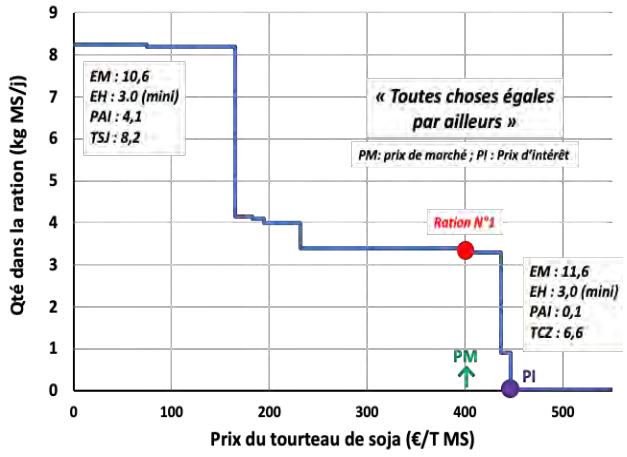


Figure 1 Variation du niveau d'incorporation du TSJ selon la conjoncture économique

ETUDE DES REPONSES ANIMALES

2.1.1 Performances de production attendues

L'utilisation maximum du CGF (4 kg MS/j à 195 €/T MS ; ration N°2 ; 3,94 €/j) réduit l'EM et le TSJ (-1,9 et -0,9 kg MS/j) et conduit à un BilUFLth = 0,4 UFL/j avec BilPDIth=0 et PDI/UFL=104 g PDI/UF. La Contr_rel PDI_{min} pèse alors 76% du coût de la ration, invitant à relâcher cette contrainte à la limite de sa PI_Inv. Ainsi, dans la ration N°3 (PDI_{min}≈95% besoins PDI ; 3,79 €/kg MS), le TSJ baisse encore (-0,4 kg MS/j), avec BilPDIth=-100 g/j, BilUFLth=0 et PDI/UFL=100 g PDI/UF. Si l'on pousse la contrainte PDI_{min} à 90% des besoins (ration N°4, 3,72 €/j), TSJ=1,3 kg MS/j et BilPDIth=-200 g/j (BilUFLth=0, ratio PDI/UFL=95 g PDI/UFL). En conséquence, les rations N°2, 3 et 4 ne couvrent plus les besoins des animaux à leur potentiel et génèrent des réponses de production, modifiant légèrement la marge alimentaire de l'atelier VL (tableau 2).

2.1.2 Rejets azotés des VL

La moindre couverture des besoins PDI et la baisse du ratio PDI/UFL des rations 3 et 4 entraine une baisse de -10 et -25% des rejets azotés d'origine urinaire (tableau 2). La baisse liée à l'origine digestive (baisse de BPR) est plus forte que celles d'origine métabolique (hausse de EffPDI), le ratio entre les 2 origines passant de 0,45 à 0,18.

2.2 AUTONOMIE PROTEIQUE DES RATIONS

L'attribution d'un périmètre « tracteur » pour EM, EH, MAI, BLE, ORG, « camion » pour CGF, POI, CAR, PHO et « bateau » pour TSJ, avec une valeur $Pond_k$=1/10/100 pour chaque origine k, permet de comparer les régimes optimisés sur leur niveau d'autonomie protéique ou sur un mix entre coût et dépendance selon le poids que l'on donne à ces 2 critères dans la fonction objectif (tableau 3). Pour la ration N°1, « 100% économie », le %dép_ori « bateau » est élevé (53%), avec un taux de dépendance vis-à-vis de l'extérieur de 54. Par contre, la ration N°5, « 100% autonomie », élimine le TSJ et favorise les protéines d'origine « Exploitation » (EH, MAI et BLE). Son %dép_ori « tracteur » augmente (76 vs 45%) et elle n'est que 3,1 fois plus dépendante qu'une ration ayant un approvisionnement exclusivement interne. De façon logique, si le POI est produit sur l'exploitation (ration N°6), il se substitue aux céréales et au CGF et la ration est alors encore plus autonome (Tx_dép=2,7). Par contre, ces rations « autonomes » sont plus coûteuses. Et, même si le produit lait est un peu accru en raison de réponses laitières positives, les marges de l'atelier lait restent plus faibles. Par ailleurs, dans le contexte N°5, dès l'introduction de 10% de dépendance dans la fonction multi-objectif, et ce jusqu'à 70%, la ration devient voisine de celle « 100% autonomie » (EM=1,7, EH=9,4, CGF=4,0, BLE=8,2, CAR=0,2 ; Coût=5,1, Dep_glob =11, Tx_dép =3,4 ; unités : voir tableau 3), puis glisse progressivement vers la ration N°5 entre 80 et 100% d'autonomie dans la fonction Z.

Tableau 2 Réponses de productions attendues et de rejets azotés prédits des vaches laitières selon les rations

Rations	N°1	N°2	N°3	N°4
PL att (kg/j)	26,0	26,2	25,4	24,8
TB att (g/kg)	42,0	41,8	42,0	42,0
TP att (g/kg)	33,0	33,1	32,9	32,8
Marge (€/VL/j)	5,40	5,50	5,45	5,30
Gain (€/an)	0	4500	1125	-2250
BPR (g/kg MS)	16	18	14	6
EffPDI (g/g)	0,67	0,67	0,69	0,71
N Fécal (g/j)	161	161	157	154
N Urinaire (g/j)	200	204	181	149
Nur_BPR (g/j)	40	47	35	15
Nur_InEffPDI (g/j)	108	104	94	82

Prix du lait (€/1000l) : base (38-32) = 350 ; gTB = 3 ; gTP = 4,5
Gain calculé pour 150 VL pendant 150 j/an

3. DISCUSSION

3.1 INTERET DE LA PL POUR LES REGIMES VL

Li et al. (2022) ont montré que la PL utilisée en processus itératifs, parmi d'autres méthodes de recherche opérationnelle, était intéressante pour la conception de régimes pour VL. Au-delà du calcul des variables primales (prix, composition et caractéristiques de la ration), l'analyse duale réalisée à l'issue d'une optimisation « éco » permet un diagnostic technico-économique poussé qui peut orienter les approvisionnements et conduire à un éventuel relâchement des contraintes à satisfaire. L'interprétation des variables duales est plus délicate dans le cadre d'une optimisation « auto ». Ainsi, le « PI » d'un aliment correspond à sa valeur de dépendance seuil en-deçà de laquelle il devient intéressant dans le régime, les PI_Inv peuvent s'interpréter comme des zones d'utilisation des aliments selon leur distance d'approche plus ou moins éloignée, tandis que les U_i représentent l'impact unitaire de chaque contrainte en termes de dépendance globale de la ration. Dans le cas d'une optimisation mixte « éco » et « auto », il est préférable que les valeurs coût et dépendance des aliments, selon les unités utilisées, soient de même ordre de grandeur pour ne pas biaiser leur pondération dans la fonction multi-objectif. Mais, la combinaison de ces 2 types de critères dans la fonction d'optimisation rend l'analyse duale beaucoup plus difficile à interpréter. Pour ces raisons, l'analyse duale n'est réalisée dans Optim'AI v2 que pour une optimisation 100% « éco ».

3.2 PRISE EN COMPTE DES REPONSES ANIMALES

Dans Optim'AI V2, le calcul de la marge alimentaire de l'atelier est réalisé en phase post-optimisation. Ce calcul intègre l'influence des apports alimentaires sur les réponses de production (PL, TB, TP) – et donc sur le produit lait – selon la nature de la ration. Cependant, la non-linéarité de ces réponses animales ne permet pas en PL d'utiliser ce critère économique comme fonction d'optimisation. Par ailleurs, l'analyse des rejets azotés conduit au diagnostic nutritionnel de la ration, et lui donne une valeur « environnementale », ce qui prend tout son sens dans le cadre du Plan Protéines français actuel.

3.3 AUTONOMIE PROTEIQUE DES RATIONS

Par souci de cohérence, la caractérisation de l'autonomie des aliments et des rations a repris les principes du programme Devautop. Ainsi, l'attribution aux aliments d'un indice « origine » permet la ventilation simple de l'autonomie de la ration selon les zones d'achat. Cet indice pourrait prendre une valeur non binaire ($0 \leq \mathrm{Ind_ori_{jk}} \leq 1$) de façon à noter par ex. un mélange fermier combinant des aliments issus de l'exploitation (céréales…) et achetés à l'extérieur (tourteaux, coproduits…). Comme le calcul de la dépendance protéique des aliments est basé sur une pondération arbitraire entre origines, la comparaison des rations sur leur autonomie protéique, absolue ou relative, n'est possible que dans un même contexte. Par ailleurs, le concept d'autonomie protéique est actuellement fondé sur le critère MAT pour des raisons de simplification et de cohérence entre logiciels. Il pourrait être plus pertinent de le baser sur la valeur PDI des aliments. La hiérarchie inter-aliment selon la dépendance PDI serait alors différente en fonction du ratio PDI/MAT, conditionné par la dégradabilité de l'azote dans le rumen des aliments.

3.4 OPTIM'AL V2 vs INRATION V5® ?

Optim'AI V2 ne vient pas en concurrence d'INRAtion V5® mais lui est complémentaire. INRAtion V5® est un outil de rationnement complet qui ne s'appuie que sur des concepts techniques. Il nécessite des choix initiaux pour simplifier les calculs (1 fourrage principal et 2 concentrés seulement…) et ne permet pas de poser des contraintes de composition chimique des rations. Cependant, l'utilisation dans INRAtion V5® d'une fonction d'optimisation technique et le choix différent des lois de réponses utilisées dans les 2 outils peut conduire à des résultats légèrement différents, ne remettant pas en cause la fiabilité des 2 logiciels.

Tableau 3 Rations des vaches laitières optimisées selon les critères « économie » ou « autonomie protéique »

Rations	N°1	N°5	N°6
Fonction d'optimisation	100% « Éco »	100% « Auto »	100% « Auto »
%dép_ori POI	Camion	Camion	Tracteur
Constitution des rations (en kg MS/j)	EM : 12,5 EH : 3,0 BLE : 0,9 TCZ : 0,1 TSJ : 3,3 CAR : 0,2	EH :11,2 CGF : 3,6 MAI : 1,7 BLE : 6,6 CAR : 0,2	EH : 10,8 CGF : 2,8 MAI : 6,7 POI : 2,3 CAR :0,2
%Dép Tracteur	45	76	87
%Dép Camion	2	24	13
%Dép Bateau	53	0	0
Dép_glob (kg MAT/j)	178	10	9
Tx_dép_MAT (kg/kg)	54	3,1	2,7
Coût (€/T MS)	4,1	5,3	5,8
Produit lait (€/j)	9,5	10,0	10,0
Marge (€/j)	5,4	4,7	4,2

Prix du CGF=235 €/T MS, juste au-dessus de son PI.

CONCLUSION

L'application « Optim'AI v2 », diffusée par Idele par le biais de formations, permettra donc, dans le système INRA 2018 actuel, de déterminer objectivement l'intérêt des aliments disponibles sur le marché, conduisant ainsi à une meilleure stratégie d'achat pour l'éleveur (achat de coproduits en cas de pénurie conjoncturelle d'aliments, par exemple). En outre, l'analyse des réponses des animaux autour de leur potentiel permet (1) de prévoir la marge sur coût alimentaire de la ration en modulant le niveau des besoins à satisfaire selon leur incidence économique et (2) de définir une valeur environnementale de la ration.
Par ailleurs, cet outil permet la conception et le diagnostic des rations sur des critères d'autonomie « protéique », mais aussi « massique », qui peut se raisonner à diverses échelles, de l'exploitation au pays.

Les auteurs remercient le projet DevProtEl N°21PFR004 qui soutient financièrement le développement de cet outil.

Chapoutot, P., Pressenda, F. 2005. INRAE Prod. Anim, 18(3), 209–228.
Chapoutot, P., Tran, G., Gillet, P., Rouillé, B., Bastien, D. 2014. Renc. Rech. Ruminants, 21
Chapoutot, P., Tran, G., Gillet, P., Rouillé, B., Bastien, D. 2015. 66th EAAP Meeting, Warsaw, Poland, 31/08 – 4/09, p. 269.
Chapoutot, P., Sauvant, D., Le Cadre, P., Guilbaud, T. 2018. In: V. Berthelot (Ed), Alimentation des animaux et qualité de leurs produits, 2018. Edition Lavoisier, Tec et Doc, collection Agriculture d'Aujourd'hui, Paris, 29-62.
Chapoutot, P., Tran, G., Heuzé, V., Sauvant, D. 2022. 73rd EAAP Meeting, Porto, Portugal, 5 – 9 september.
Daniel, J.B., Friggens, N.C., Chapoutot, P., Van Laar, H., Sauvant, D., 2016. Animal, 10, 1975-1985.
Devautop. 2022. https://idele.fr/detail-article/devautop. Dernière consultation 13 juillet 2022
Inra, 2018. Alimentation des ruminants, Éditions Quæ, Versailles, France, 728 p.
Lapierre O., 2005. Oléagineux, Corps gras, Lipides. 12 (3), 217-223.
Li, J., Kebreab, E., You, F., Fadel, J. G., Hansen, T. L., VanKerkhove, C., Reed K. F. 2022. J. Dairy Sci. 105:2180–2189.

Les échanges mondiaux, européens et français d'oléagineux

CHATELLIER V. (1)
(1) INRAE, UMR SMART, 44300 Nantes

RESUME - Cette communication présente l'évolution, sur une vingtaine d'années (depuis 2000), des échanges mondiaux, européens et français d'oléagineux. Les informations statistiques utilisées sont issues de trois bases de données complémentaires, à savoir BACI pour les échanges internationaux, Comext pour ceux de l'Union européenne (UE-27) et les douanes françaises pour ceux de la France. Les échanges mondiaux d'oléagineux représentent un montant de 161 milliards d'euros en 2020 (hors commerce intra-UE), soit près de 15% du commerce international des produits agroalimentaires. Ceux-ci sont dominés par le soja (51% du total en valeur), sous ses différentes formes (graines, tourteaux et huile), devant l'huile de palme (17%), le tournesol (8%) et le colza (8%). En 2020, les trois premiers exportateurs d'oléagineux sont le Brésil (19% des exportations mondiales en valeur), les Etats-Unis (18%) et l'Indonésie (11%). Si les deux premiers pays exportent exclusivement du soja, le troisième est spécialisé en huile de palme. La Chine est devenue le premier importateur mondial d'oléagineux (28% du total en 2020) devant l'UE-27 (15%), dont le déficit pour ces produits (-21,3 milliards d'euros en 2021) est parfois mis en relation avec son fort excédent en productions animales (47,5 milliards d'euros). La France est également déficitaire en oléagineux (-1,83 milliard d'euros en 2021), en raison surtout de ses achats de tourteaux de soja sur le continent américain ; ces derniers, qui font l'objet de controverses en raison de la déforestation induite en Amazonie, ont cependant baissé de 31% en volume entre 2000 et 2021.

World, European and French trade in oilseeds

CHATELLIER V. (1)
(1) INRAE, UMR SMART, 44300 Nantes

SUMMARY - This paper focuses on the evolution of world, European and French oilseed trade over the last twenty years (since 2000). The statistical information used comes from three complementary databases, namely BACI for international trade, Comext for European Union (EU-27) trade and French Customs for French trade. World trade in oilseeds amount to 161 billion euros in 2020 (excluding intra-EU trade), or nearly 15% of international trade in agri-food products. These are dominated by soya (51% of the total in value), in its various forms (soya beans, soya meal, soya oil), ahead of palm oil (17%), sunflower (8%) and rapeseed (8%). In 2020, the top three oilseed exporters are Brazil (19% of world exports in value), the United States (18%) and Indonesia (11%). While the first two countries export exclusively soya, the third is specialized in palm oil. China has become the world's largest importer of oilseeds (28% of the total in 2020), ahead of the EU-27 (15%), whose deficit for these products (-21.3 billion euros in 2021) is sometimes linked to its large surplus in animal production (47.5 billion euros). France also has a deficit in oilseeds (-1.83 billion euros in 2021), mainly due to its purchases of soya meal from the American continent; the latter, which is the subject of controversy because of the deforestation induced in the Amazon, has however decreased by 31% in volume between 2000 and 2021.

INTRODUCTION

Le marché international des oléagineux affiche, depuis de nombreuses années, une croissance soutenue, en raison de l'essor la population mondiale et des modifications survenues dans les habitudes de consommation, lesquelles se caractérisent, du moins dans de nombreux pays, par une hausse de la demande en huiles végétales et en protéines animales. Le développement des utilisations industrielles (biocarburant) contribue également à cette dynamique (OCDE-FAO, 2022 (Mittaine et Mielke, 2012). Cette dernière est d'autant plus vive que les producteurs de graines oléagineuses sont concentrés géographiquement, avec un rôle important joué par le Brésil et les Etats-Unis, et que la demande s'envole en Chine. Au sein de l'Union européenne (UE-27) et en France, la question de la forte dépendance aux importations d'oléagineux a été fréquemment abordée au cours des dernières décennies (Dronne, 2018a), mais aussi de manière récente dans le cadre des réflexions engagées au titre de la Politique agricole commune (PAC) post 2023 et des ambitions du Pacte vert. En 2022, la flambée des prix internationaux (FAO, 2022a) et la guerre déclarée par la Russie à l'Ukraine, qui a limité la disponibilité de certains oléagineux sur le marché mondial (dont l'huile de tournesol ; FAO, 2022b), renforcent l'intérêt de proposer une analyse centrée sur l'évolution commerce des oléagineux.

Cette communication propose de dresser un diagnostic, sur longue période (les vingt dernières années), de l'évolution des échanges d'oléagineux aux échelles mondiale (à partir des données de BACI), européenne (à partir des données de Comext) et française (à partir des données des douanes). Le spectre couvert par le terme « oléagineux » est ici large, en ce sens qu'il intègre les différentes cultures suivantes : le soja, le colza, le tournesol, l'huile de palme, le palmiste, l'huile d'olive, l'arachide, le coprah, le lin, le coton et quelques autres oléagineux. Pour ces cultures, des déclinaisons sont réalisées de façon à identifier trois composantes complémentaires, à savoir les graines, les tourteaux et les huiles. L'analyse considère, d'une part, les valeurs échangées (exprimées en euros courants sur la période) et, d'autre part, les volumes échangés (exprimés en tonnes).

Cette communication est structurée en trois parties. La première porte sur les échanges mondiaux (calculés hors commerce intra-UE) d'oléagineux, en identifiant les produits impliqués et les principaux pays concernés par ces flux, tant à l'import qu'à l'export. La deuxième se focalise sur les échanges de l'UE-27, en mettant l'accent surtout sur l'évolution des importations (types de produits importés ; poids relatif des différents fournisseurs). La troisième souligne l'évolution de la dépendance de la France aux importations d'oléagineux, tout en rappelant la dynamique productive dans ce secteur.

1. LE COMMERCE MONDIAL DES OLEAGINEUX

A l'échelle mondiale, les principaux oléagineux cultivés sont le soja, le colza, le tournesol, le palme, l'arachide, etc. Les fruits et/ou les graines issus de ces cultures sont valorisés, d'une part, sous forme d'huiles pour l'alimentation humaine, l'oléochimie ou la production de biocarburant et, d'autre part, sous la forme de tourteaux riches en protéines pour l'alimentation animale. Le marché des oléagineux doit donc être appréhendé en considérant simultanément les graines,

les tourteaux et les huiles. La production mondiale de graines oléagineuses devrait s'établir à 647 millions de tonnes en 2022-23, soit une hausse de 11 % en cinq ans (USDA, 2022). Elle devrait résulter pour 23 % du Brésil, 21 % des Etats-Unis, 10% de la Chine, 9 % de l'Argentine, 6 % de l'Inde et 29 % d'autres pays. Avec une production estimée à 395 millions de tonnes de graines, soit 61 % du total, le soja devrait arriver très loin devant les autres cultures, dont le colza (80 millions de tonnes), l'arachide (51 millions de tonnes) ou le tournesol (50 millions de tonnes). Concernant les huiles végétales, dont la production est estimée à 217 millions de tonnes en 2022-23, l'huile de palme devrait arriver en tête (36 % du total), devant le soja (28 %), le colza (14 %), le tournesol (9 %) et les autres huiles (arachide, palmiste, coton, coco, olive, etc.). Les principaux pays producteurs d'huiles végétales devraient être l'Indonésie (24 %), la Chine (13 %), la Malaisie (10 %), l'UE (9 %), les Etats-Unis (6 %), le Brésil (5 %) et l'Argentine (4 %). Au niveau des tourteaux, le soja devrait également avoir une place prépondérante, avec près de 70 % des volumes mondiaux. La production mondiale de tourteaux, estimée à 362 millions de tonnes en 2022-23, devrait être principalement le fait de la Chine (26 %), des Etats-Unis (14 %), du Brésil (11 %), de l'Argentine (9 %) et de l'UE (8 %). Dans le secteur des oléagineux, le poids des exportations dans la production mondiale est traditionnellement plus élevé que dans nombreuses autres productions agricoles (exemple : 8 % en produits laitiers et 12 % en viande bovine). En 2022-23, elle devrait en effet atteindre 30 % pour les graines (43 % pour le soja), 25 % pour les tourteaux (27 % pour le soja) et 39 % pour les huiles (63 % pour l'huile de palme, 47 % pour l'huile de tournesol et 19 % pour l'huile de soja). Selon nos estimations basées sur un traitement de BACI, les échanges mondiaux (hors commerce intra-UE) d'oléagineux (graines, huiles et tourteaux confondus) se sont élevés à 161 milliards d'euros en 2020, soit l'équivalent de 15 % des exportations agroalimentaires totales. Ainsi, les oléagineux occupent le premier poste des produits échangés, devant les céréales et produits de la minoterie (113 milliards d'euros), les poissons (104 milliards d'euros), les fruits (89 milliards d'euros) et les boissons (68 milliards d'euros).

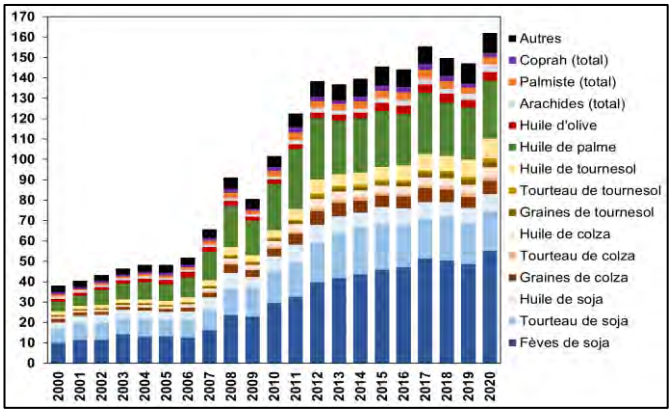


Figure 1. Les exportations mondiales (hors intra-UE) d'oléagineux (Milliards d'euros courants, 2000 à 2020)

Sources : BACI / Traitement INRAE, SMART

Les échanges mondiaux d'oléagineux ont fortement augmenté au fil des vingt dernières années : en monnaie courante, ils s'élevaient à 38 milliards d'euros en 2000 et 101 milliards d'euros en 2010 (Figure 1). Exprimés en valeur, les échanges mondiaux d'oléagineux sont dominés par la culture du soja (51,3 % du total de 2020). Les échanges de soja (83 milliards d'euros en 2020) sont d'abord le fait de graines (55 milliards d'euros), puis de tourteaux (19 milliards d'euros) et enfin d'huiles (9 milliards d'euros). Avec 17,6 % du total des exportations d'oléagineux, l'huile de palme occupe le second rang, devant le tournesol (8,7 %), le colza (8,1 %), l'huile d'olive (2,6 %), l'arachide (2,5 %), le palmiste (2,1 %), le coprah (1,2 %) et les autres catégories d'oléagineux (5,9 %).

En 2020, les dix premiers pays exportateurs contribuent pour 85% aux échanges mondiaux d'oléagineux (Figure 2). Il s'agit donc d'un marché concentré où quelques pays jouent un rôle essentiel. Avec 19,6 % des exportations mondiales, le Brésil occupe le premier rang, avec une spécialisation exclusive en soja (culture qui représente 98 % des oléagineux exportés). Ce pays assure ainsi 37,3 % des exportations mondiales (en valeur) de soja, devant les Etats-Unis (32,3 %) et l'Argentine (14,8 %). Ainsi, ces trois pays du continent américain couvrent, ensemble, près de 85 % des exportations de soja, dont les flux ont quadruplé en vingt ans (en monnaie courante) sous la pression principalement des importations chinoises. Grâce en partie à la déforestation qui ne manque pas de susciter des réflexions et critiques, y compris dans l'UE et en France (Carneiro Fihlo *et al.*, 2020 ; Angerand et Patentreger, 2020), le poids du Brésil s'est renforcé au fil du temps. Le Brésil était positionné au second rang en 2000 avec 23,7 % des exportations mondiales de soja contre 37,2 % pour les Etats-Unis. En 2020, les exportations brésiliennes de soja sont destinées pour 59 % à la Chine et pour 16% à l'UE-27. Les Etats-Unis occupent la deuxième place mondiale en exportations d'oléagineux (17,8 %), avec là aussi, une place centrale du soja (93 % des oléagineux exportés). Ce taux est également élevé en Argentine (88%), pays classé au quatrième rang mondial (avec 8,6 % du total).

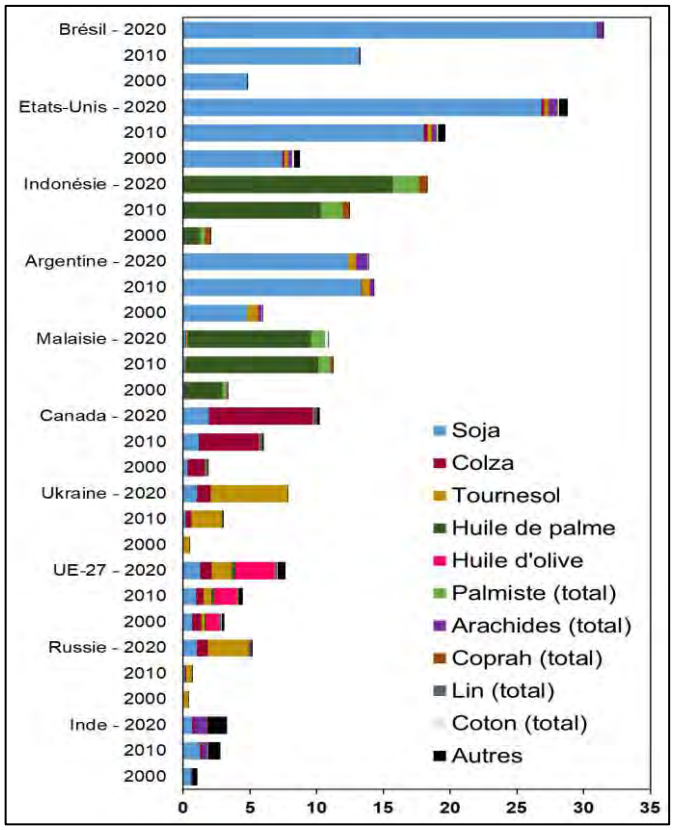


Figure 2. Les 10 principaux exportateurs mondiaux d'oléagineux (Milliards d'euros courants, 2000, 2010 et 2020)

Sources : BACI / Traitement INRAE, SMART

Avec des exportations qui concernent essentiellement de l'huile de palme (et palmiste), l'Indonésie et la Malaisie occupent le troisième et le cinquième rang mondial des exportateurs d'oléagineux (respectivement 11,3 % et 6,7 % du total). Sur le spectre plus réduit de l'huile de palme, le poids de ces deux pays dans les échanges mondiaux est substantiel : 55 % pour l'Indonésie et 33 % pour la Malaisie. Les trois premiers clients de l'Indonésie pour ce produit sont l'Inde (17 %), la Chine (14 %) et l'UE-27 (13 %). Avec 6,3 % des exportations mondiales d'oléagineux, le Canada arrive en sixième position, avec une forte spécialisation pour la culture du colza (76 % des oléagineux exportés). La Canada assure, à lui seul, près de 60 % des exportations mondiales de colza, loin devant l'Ukraine (8 %), pays placé au septième rang des

exportateurs d'oléagineux (4,9 %). Comme cela a été largement souligné suite à la guerre déclenchée par la Russie en février 2022, l'Ukraine se caractérise par une très forte contribution au marché mondial du tournesol (41 %), devant la Russie (21 %), pays où le blé domine largement les productions végétales (avec 15 % de la production mondiale). La contribution de l'UE-27 aux exportations mondiales d'oléagineux est faible (4,7 %) et tient pour une large part au tournesol et surtout à l'huile d'olive, produit des pays du sud pour lequel elle assure 69 % du marché mondial.

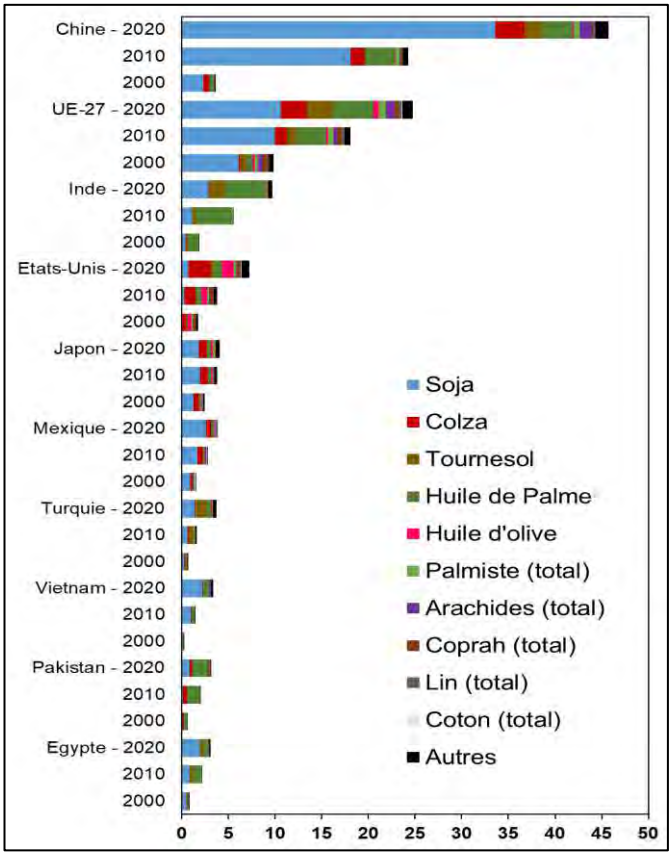


Figure 3. Les 10 principaux importateurs mondiaux d'oléagineux (Milliards d'euros courants, 2000, 2010 et 2020)

Sources : BACI / Traitement INRAE, SMART

Au niveau des importations mondiales d'oléagineux, les deux tiers des achats sont issus de seulement dix pays (Figure 3). Avec 28,2 %, la Chine est de loin le premier importateur d'oléagineux devant l'UE-27 (15,3 %), l'Inde (6,3 %), les Etats-Unis (4,5 %) et le Japon (2,5 %). Les pays qui arrivent ensuite dans la hiérarchie sont le Mexique, la Turquie, le Vietnam, le Pakistan et l'Egypte. La structure des achats diffère selon les pays avec, par exemple, un poids plus élevé du colza dans les importations d'oléagineux aux Etats-Unis, de l'huile de palme en Inde et au Pakistan ou du soja en Chine. La hausse des importations de la Chine en soja entre 2000 et 2020 (+31,2 milliards d'euros en monnaie courante) a été sept fois plus importante que celle de l'UE-27.

2. LES ECHANGES DE L'UE-27 EN OLEAGINEUX

La dépendance de l'UE-27 en matières riches en protéines et en oléagineux n'est pas nouvelle (CE, 2018 ; CE, 2021). Elle s'inscrit dans une longue histoire caractérisée notamment par un développement soutenu des productions animales (qui a stimulé les importations de soja), par la possibilité offerte aux pays exportateurs d'oléagineux d'accéder sans taxe au marché communautaire et par des besoins internes accrus en huiles végétales (dont en huile de palme). En 2021, le déficit de l'UE-27 en oléagineux atteint 21,3 milliards d'euros, dont 10,2 milliards d'euros au titre des graines oléagineuses, 7 milliards d'euros au titre des tourteaux et 4,1 milliards d'euros au titre des huiles. A l'exception de l'huile d'olive (+2,7 milliards d'euros), l'UE-27 est déficitaire pour les différentes cultures identifiées dans l'analyse (Tableau 1). Le soja présente le plus lourd déficit (-12,3 milliards d'euros en 2021) devant l'huile de palme (-4,9 milliards d'euros), le colza (-2,1 milliards d'euros) et le tournesol (-1,3 milliard d'euros). L'UE est également légèrement déficitaire pour les autres oléagineux tels que l'arachide, le coprah et le lin. Si le déficit de l'UE en oléagineux et en soja s'est détérioré en monnaie courante entre 2010 et 2021, ce n'est pas le cas pour le solde exprimé en volume de tourteau de soja.

	Millions d'euros			Milliers de tonnes		
	2000-09	2010-20	2021	2000-09	2010-20	2021
Soja	-7 527	-10 229	-12 289	--	--	--
- Fèves	-3 542	-4 777	-6 514	-14 488	-12 905	-14 396
- Tourteau	-4 113	-5 841	-6 366	-18 892	-16 801	-15 776
- Huile	128	389	591	275	516	587
Colza	-152	-1 419	-2 112	--	--	--
- Graines	-126	-1 484	-2 310	-347	-3 772	-4 580
- Tourteau	1	27	39	0	118	125
- Huile	-26	38	158	-13	-17	226
Tournesol	-583	-903	-1 324	--	--	--
- Graines	-169	72	209	-371	80	157
- Tourteau	-162	-507	-429	-1 343	-2 566	-1 617
- Huile	-252	-468	-1 104	-495	-733	-1 041
Huile de palme	-1 385	-3 817	-4 954	-3 172	-5 985	-5 714
Huile d'olive	907	2 067	2 698	257	548	699
Palmiste	-438	-765	-990	--	--	--
Arachide	-459	-760	-877	--	--	--
Coprah	-387	-554	-711	--	--	--
Lin	-137	-219	-371	--	--	--
Coton	-37	4	21	--	--	--
Autres	-212	-423	-442	--	--	--
Total oléagineux	-10 409	-17 017	-21 351	--	--	--
- Graines	-4 542	-7 439	-10 176	-16 524	-17 992	-20 305
- Huiles	-1 397	-3 046	-4 175	-4 569	-7 044	-6 635
- Tourteaux	-4 471	-6 532	-7 000	-22 436	-21 091	-18 744

Tableau 1. Le solde commercial de l'UE-27 en oléagineux en moyenne annuelle 2000-2009, 2010-2020 et 2021 (Millions d'euros courants et milliers de tonnes)Sources : Comext / Traitement INRAE, SMART

(--) Données non renseignées car cumulant plusieurs produits distincts

Les cinq premiers fournisseurs de l'UE-27 en oléagineux à savoir le Brésil, l'Ukraine, l'Argentine, l'Indonésie et les Etats-Unis (Figure 4), contribuent pour 62 % au total des importations européennes (30,2 milliards d'euros en 2021).

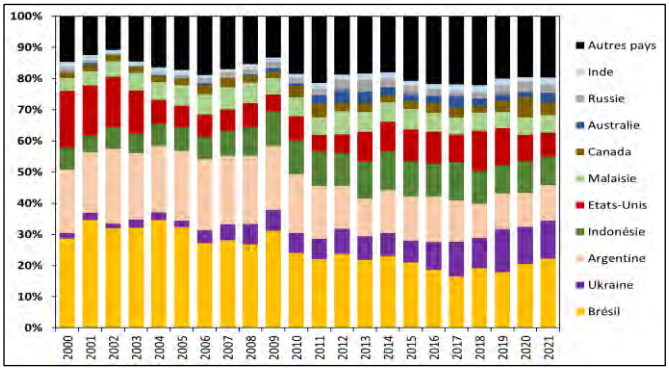


Figure 4. Le poids des pays dans les importations de l'UE-27 en oléagineux entre 2000 et 2021 (% de la valeur)

Sources : COMEXT / Traitement INRAE, SMART

Les pays fournisseurs de l'UE-27 en oléagineux varient selon les types de produits (Figure 5). Ainsi, par exemple, les importations européennes de tourteau de soja (6,7 milliards d'euros en 2021) proviennent à 42 % du Brésil et 39 % de l'Argentine. Si le Brésil occupe toujours la première place des fournisseurs européens en fèves de soja (57 % des 6,6 milliards d'euros d'importations), les Etats-Unis arrivent cette fois en deuxième position (29 %). Concernant l'huile de palme, dont les importations européennes atteignent 5,3 milliards d'euros en 2021, les achats se font principalement en Indonésie (44 %) et en Malaisie (25 %). Les importations européennes de graines de colza (2,6 milliards d'euros) proviennent surtout de l'Ukraine (38 %), de l'Australie (36 %) et du Canada (21 %). L'Ukraine joue, par ailleurs, un rôle déterminant dans les approvisionnements de l'UE-27 en huile

de tournesol (87 % des 1,9 milliard d'euros). Compte tenu de cette forte dépendance, la guerre en Ukraine a entraîné des ruptures d'approvisionnement sur le marché européen et, *de facto*, une flambée inédite des prix. Ce pays occupe de plus une place non négligeable dans les achats de l'UE-27 en tourteau de tournesol (45%), en huile de soja (36%) et en huile de colza (29%), même si ces trois produits portent sur des montants plus faibles d'importations.

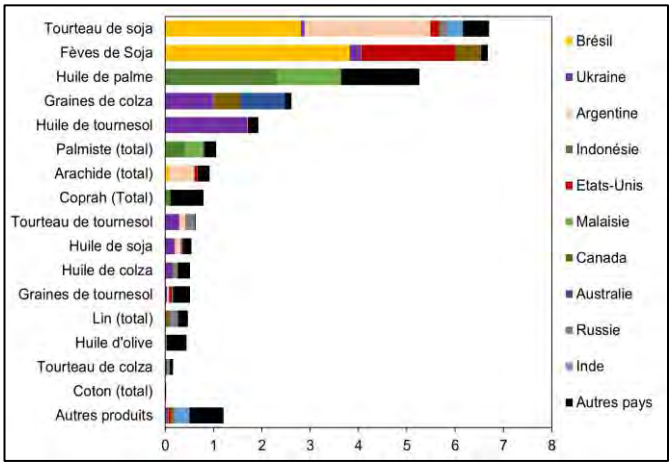


Figure 5. Les importations de l'UE-27 en oléagineux en 2021 selon les produits et les pays (Milliards d'euros)

Sources : COMEXT / Traitement INRAE, SMART

Le déficit européen en oléagineux ne doit cependant pas masquer les dynamiques productives internes à ce secteur. Dans l'UE-27, les cultures d'oléagineux se déploient sur 10,7 millions d'hectares en 2021, soit 6,6% de la superficie agricole. La production européenne de graines oléagineuses s'élève à 30,1 millions de tonnes en 2021, dont 19% en France, 15% en Roumanie, 12% en Allemagne et 11% en Pologne. Elle a augmenté de 3,4 millions de tonnes depuis 2010, après une hausse plus importante sur la décennie qui avait précédé (+9,6 millions de tonnes entre 2000 et 2010). Avec une superficie de 5,3 millions d'hectares et une production de 16,9 millions de tonnes en 2021 (dont 22% en Allemagne, 19% en France et en Pologne), le colza occupe le premier rang européen des cultures oléagineuses. Cette production permet notamment de satisfaire la demande en biodiesel (directive sur les énergies renouvelables), son sous-produit (le tourteau de colza) constituant une source importante d'aliments riches en protéines pour les animaux. Avec 4,3 millions d'hectares et 10,3 millions de tonnes (dont 27% en Roumanie, 19% en Bulgarie et 18% en France), le tournesol arrive au deuxième rang. La production a augmenté d'environ un tiers entre 2010 et 2021. Avec 940 000 hectares et une production de fèves de 2,6 millions de tonnes en 2021 (dont 33% en Italie, 17% en France et 13% en Roumanie), le soja occupe le troisième rang. Si la production de fèves de soja a doublé depuis 2010, le déficit demeure substantiel (-14,4 millions de tonnes) ; il est donc difficile d'imaginer, du moins à court terme, une baisse intense des importations, sauf à considérer une forte modification des pratiques (Pflimlin *et al.*, 2021).

3. LES ECHANGES DE LA FRANCE EN OLEAGINEUX

Les importations de la France en oléagineux s'élèvent à 4,8 milliards d'euros en 2021, soit 7,9% du total des importations agroalimentaires. Ces importations sont composées pour 25% de tourteau de soja ; 18% de graines de colza, 10% d'huile d'olive ; 7% d'huile de tournesol, 6% d'huile de palme, 5% de fèves de soja, 5% d'huile de colza, 4% de tourteau de tournesol, 4% de graines de tournesol, 1% d'huile de soja et 14% d'autres oléagineux. Cette structuration a évolué au fil du temps, avec un recul du poids du tourteau de soja dans les importations totales d'oléagineux (de 47% en 2000, à 33% en 2010, puis 25% en 2021). Les graines de colza et de tournesol et l'huile d'olive ont, en revanche, progressé (Figure 6). Entre 2010 et 2020, les importations d'oléagineux, exprimées en euros courants, ont globalement peu varié, avant de repartir à la hausse en 2021, mais uniquement sous l'effet de la hausse des prix unitaires (estimée à +25% par rapport à 2020).

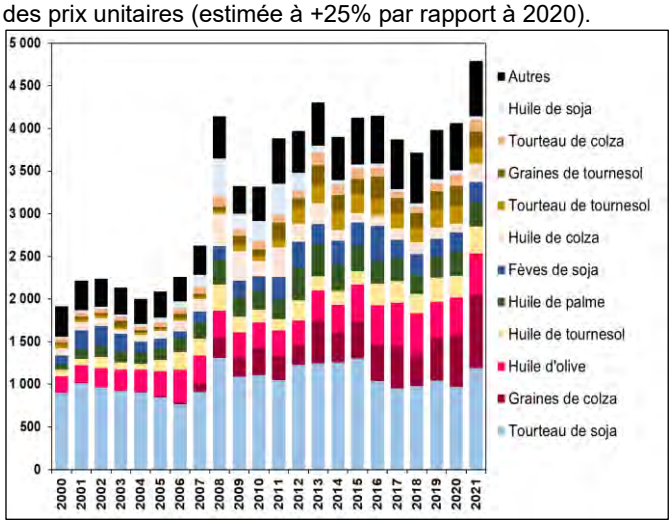


Figure 6. Les importations de la France en oléagineux entre 2000 et 2021 (millions d'euros courants)

Sources : Douanes Françaises / Traitement INRAE, SMART

Exprimées en volume, les importations françaises de tourteau de soja, qui proviennent pour près de la moitié du Brésil, ont baissé d'un tiers en vingt ans, passant de 4,2 millions de tonnes en 2000 à 2,9 millions de tonnes en 2021. Cette baisse doit être mise en relation, d'une part, avec la réduction du cheptel français de bovins, de porcs et de volailles (FranceAgriMer, 2022a) et, d'autre part, avec le développement de la production de colza, dont les tourteaux sont utilisés en alimentation animale (FranceAgriMer, 2021). Les importations de la France en graines de colza, qui étaient pratiquement nulles en 2000, ont nettement augmenté pour atteindre 1,74 million de tonnes en 2021, leur plus haut niveau. Cette hausse, qui traduit les besoins de la filière en termes de trituration, s'explique une baisse récente de la récolte française. En 2021, les importations de graines de colza proviennent pour 43% du Canada, 21% de l'Australie et 14% de l'Ukraine. Dans le domaine des huiles végétales, les volumes importés d'huile de colza sont assez variables d'une année à l'autre, avec une moyenne proche de 200 000 tonnes sur la période 2000-2021 (200 800 tonnes en 2021). Comme cela a été mis en avant avec la pénurie observée dès le second trimestre 2022, les importations françaises d'huile de tournesol (262 300 tonnes en 2021) proviennent à 47% de l'Ukraine. Elles varient également d'une année à l'autre, la moyenne annuelle des importations sur vingt ans étant de 225 000 tonnes. Les importations françaises ont augmenté de 22% en volume pour l'huile d'olive entre 2010 et 2021, pour atteindre 137 900 tonnes (64% issues de l'Espagne et 21% de l'Italie). Pour l'huile de palme, les importations atteignent 288 900 tonnes en 2021, soit un peu moins que la moyenne annuelle sur deux décennies (330 900 tonnes). Les exportations françaises d'oléagineux s'élèvent à 2,95 milliards d'euros en 2021, soit 4,3 % du total des exportations agroalimentaires. Les principaux pays clients sont la Belgique (23 % des exportations), l'Allemagne (19 %), l'Espagne (13 %) et les Pays-Bas (9 %). Comme dans le cas des importations, la hausse observée en 2021 par rapport à 2020 (Figure 7) est d'abord imputable à l'augmentation des prix sur le marché international. Les produits exportés sont, par ordre décroissant les graines de colza (29%), l'huile de colza (20%), l'huile de tournesol (15%) et les graines de tournesol (14%).

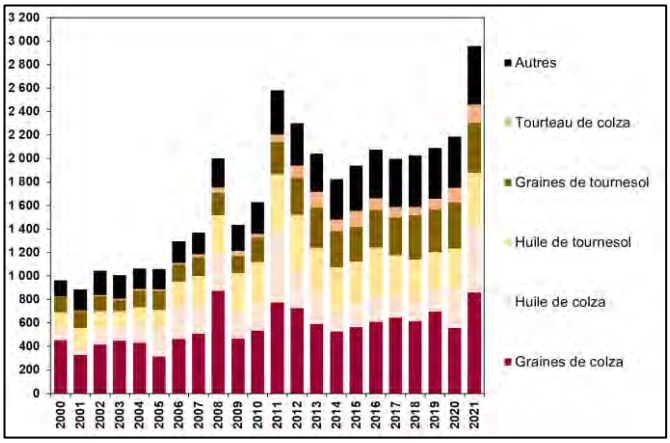


Figure 7. Les exportations de la France en oléagineux entre 2000 et 2021 (Millions d'euros courants)
Sources : Douanes Françaises / Traitement INRAE, SMART

Au final, la balance commerciale de la France en oléagineux est de -1,83 milliard d'euros en 2021, un niveau voisin de la moyenne calculée sur la décennie 2010-2020 (Tableau 2). Le déficit est plus intense pour les tourteaux (-1,37 milliard d'euros) que pour les graines (-399 millions d'euros) et les huiles (-55 millions d'euros). Le solde commercial est négatif en soja (-1,29 milliard d'euros), en huile d'olive (-421 millions d'euros) et en huile de palme (-278 millions d'euros), mais positif en colza (+379 millions d'euros) et en tournesol (+181 millions d'euros). Pour la culture du colza, la France est excédentaire en huile, mais déficitaire en graines. Pour la culture du tournesol, la France est excédentaire en graines et en huiles, mais déficitaire en tourteau.

	Millions d'euros			Milliers de tonnes		
	2000-09	2010-20	2021	2000-09	2010-20	2021
Soja	-1 166	-1 358	-1 298	--	--	--
- Fèves	-152	-220	-170	-597	-591	-381
- Tourteau	-937	-1 075	-1 173	-4 242	-3 082	-2 883
- Huile	-78	-63	45	-110	-79	34
Colza	405	293	379	--	--	--
- Graines	408	211	-2	1 517	426	-459
- Tourteau	-43	-9	18	-299	-52	-1
- Huile	40	92	363	105	121	297
Tournesol	125	156	181	--	--	--
- Graines	96	132	239	300	102	260
- Tourteau	-22	-154	-178	-174	-702	-650
- Huile	51	178	120	51	169	107
Huile de palme	-152	-278	-278	-278	-377	-280
Huile d'olive	-252	-348	-421	-97	-111	-127
Palmiste	-26	-25	-15	--	--	--
Arachide	-63	-61	-68	--	--	--
Coprah	-33	-53	-72	--	--	--
Lin	-37	-46	-48	--	--	--
Coton	-4	-2	2	--	--	--
Autres	-79	-149	-196	--	--	--
Total oléagineux	-1 282	-1 872	-1 834	--	--	--
- Graines	303	28	-55	1 154	-151	-679
- Huiles	-527	-605	-399	-504	-427	-132
- Tourteaux	-1 058	-1 295	-1 379	-5 056	-4 071	-3 688

Tableau 2. Le solde commercial de la France en oléagineux en moyenne annuelle 2000-2009, 2010-2020 et 2021 (Millions d'euros courants et milliers de tonnes)Sources : Douanes Françaises / Traitement INRAE, SMART
(--) Données non renseignées car cumulant plusieurs produits distincts

Le déficit de la France en oléagineux intervient dans un contexte productif marqué par un repli récent de l'offre de colza. En 2021-2022, les surfaces en oléagineux s'étendent sur 1,83 million d'hectares, soit 6,4% de la surface agricole française. La culture du colza (982 000 hectares) devance celle de tournesol (697 900 hectares) et de soja (154 700 hectares). La production nationale de graines oléagineuses, qui s'élève à 5,6 millions de tonnes (FranceAgriMer, 2022b)., regroupe 58% de colza, 34% de tournesol et 8% de soja. La production française de colza est passée de 3,47 millions de tonnes en 2000, à 4,81 millions de tonnes en 2010 et 3,28 millions de tonnes en 2021, son plus bas niveau depuis vingt ans (elle devrait rebondir à 3,9 millions de tonnes en 2022). La production de tournesol, dont les rendements varient de manière assez importante d'une année à l'autre, représente 1,91 million de tonnes en 2021, un niveau supérieur de 730 000 tonnes à 2016, la moins bonne récolte depuis plus de vingt ans. De son côté, la production de soja est de 450 000 tonnes, un niveau bien inférieur aux utilisations intérieures.

CONCLUSION

En valorisant les données statistiques sur vingt ans de trois bases de données (BACI, Comext et Douanes françaises), cette communication souligne les principales tendances à l'œuvre dans le commerce international, européen et français des oléagineux. La forte concentration géographique de l'offre, notamment sur le continent américain, et le développement rapide de la demande dans les pays asiatiques, dont en Chine, sont les principaux moteurs de ce marché, plus dépendant des échanges que celui d'autres produits agricoles. Si le déficit en oléagineux de l'UE-27 est clairement structurel (-21,3 milliards d'euros en 2021) et tient pour partie au développement des productions animales, dont le solde commercial est nettement supérieur à cette même date (+47,5 milliards d'euros), les dernières années montrent que celui-ci ne se creuse plus, au moins en volume (l'augmentation des prix internationaux ayant un impact sur les soldes exprimés en valeur). En dépit des politiques publiques déployées pour stimuler la production d'oléo-protéagineux (développement des biocarburants, aides couplées, etc.), de la baisse des effectifs d'animaux et des alternatives techniques envisagées pour nourrir autrement les animaux, la France demeure toujours lourdement déficitaire en oléagineux.

Mes remerciements à Cécile Le Roy (UMR SMART) pour son appui efficace dans le traitement des données des douanes.

Angerand S., Patentreger B., 2020. Mettre fin aux importations de soja issu de la conversion d'écosystèmes naturels d'Amérique du Sud. Rapport, 44p. [PDF].

Carneiro Filho A., Bombo M., Amiel F., Laurans Y., 2020. Déforestation associée à l'importation de soja sur les marchés français et européens. Rapport, 85 p. [PDF].

Commission européenne (CE), 2018. Le développement des protéines végétales dans l'UE, rapport, 19 p. [PDF]

Commission européenne (CE), 2021. EU agricultural outlook for markets, income and environment 2021-2031, 83 p. [PDF]

Dronne Y., 2018. INRA Prod. Animales, vol 31 (3), 181-200. [PDF]

FAO, 2022a. Food outlook. Report, 174 p. [PDF]

FAO, 2022b. The importance of Ukraine and the Russian Federation for global agricultural markets. Report, 46 p. [PDF]

FranceAgriMer, 2021. Compétitivité de la filière française oléoprotéagineux. Rapport, 133-189 [PDF].

FranceAgriMer, 2022a. Le marché des produits laitiers, carnés et avicoles : bilan 2021, perspectives 2022. Rapport, 140 p. [PDF]

FranceAgriMer, 2022b. Marché des oléoprotéagineux 2021-22. [PDF]

Mittaine J.F., Mielke T., 2012. OCL, 19(5), 249-260. [PDF]

OCDE-FAO, 2022. Perspectives agricoles 2022-2031, 403 p. [PDF]

Pfimlin A., Le Gall A., Perrot C., Rouillé B., Sailley M., Poux X., 2021. L'élevage français et européen pourrait se passer du soja américain. Communication à l'Académie d'Agriculture de France, 3 p.

USDA, 2022. Oilseeds: world markets and trade. Report, 51 p. [PDF]

Supprimer le concentré chez la chèvre laitière au pâturage : effets sur la production laitière, l'ingestion d'herbe et le comportement alimentaire

DELAGARDE R. (1), MOREAU C. (1)
(1) PEGASE, INRAE Institut Agro, 35590 Saint-Gilles, France

RESUME
L'autonomie alimentaire et protéique des élevages caprins en France est connue pour être relativement faible. Miser sur le pâturage et réduire les apports de concentrés peuvent être des stratégies efficaces, mais les conséquences sur les performances et le comportement des chèvres doivent être en premier lieu quantifiées. Nous avons donc étudié au printemps une réduction drastique de l'apport de concentré (0,72, 0,37 et 0,05 kg MS/j de maïs en granulés distribué individuellement), chez des chèvres laitières au pâturage, sur leur production et composition du lait, leur ingestion d'herbe, l'efficience azotée ainsi que sur leur comportement alimentaire. Trente-six chèvres Alpine après leur pic de lactation (64 jours de lactation et 4,0 kg/j de lait en début d'essai,) ont été utilisées, selon un schéma en carré latin 3 × 3 complet et équilibré des effets rémanents, au cours de 3 périodes successives de 3 semaines chacune, de mi-avril à mi-juin 2021. Le temps d'accès au pâturage était de 11 h/j (dont 3 h après la traite du soir), avec une quantité d'herbe offerte peu limitante de 2,6 kg MS/chèvre/j au-dessus de 4 cm. La nuit, les chèvres étaient en bâtiment sans aucun apport de fourrage. L'ingestion d'herbe a été mesurée par la méthode ytterbium/index fécaux et les activités de pâturage par des accéléromètres (Lifecorder Plus). La diminution de production laitière suite à la réduction de l'apport de concentré a été linéaire (-0,67 kg de lait par kg MS de concentré), de même que celle du taux protéique du lait (-0,1 g/kg de lait par kg MS de concentré). Le taux butyreux du lait a été le plus faible sur les chèvres quasi non complémentées. L'ingestion d'herbe et la durée de pâturage ont augmenté linéairement de 0,35 kg MS/j et de 54 min/j, respectivement, pour chaque kg MS de concentré en moins. L'efficience d'utilisation de l'azote (N lait/N ingéré) n'a pas varié avec la dose de concentré. Moins les chèvres étaient complémentées, moins elles faisaient de repas d'herbe, mais des repas plus longs, en particulier le premier repas du matin. La vitesse d'ingestion d'herbe n'a pas varié avec le traitement. En conclusion, les lois connues de réponse d'ingestion et de production laitière des chèvres à l'apport de concentré semblent totalement extrapolables lors d'une suppression totale du concentré au pâturage. Une forte autonomie protéique semble donc possible en élevage caprin via le pâturage combiné à une réduction des apports de concentré.

Suppressing concentrate to grazing dairy goats: effects on milk production, herbage intake and grazing behaviour

DELAGARDE R. (1), MOREAU C. (1)
(1) PEGASE, INRAE Institut Agro, 35590 Saint-Gilles, France

SUMMARY
Feed and protein self-sufficiencies in French goat production systems are low. Increasing grazing and decreasing concentrate supply may be efficient strategies, but consequences on goat nutrition and N efficiency must be quantified. We investigated in spring a severe reduction of a maize-based concentrate (0.72, 0.37 and 0.05 kg DM/d, fed individually) on milk production, herbage intake, N use efficiency and grazing behaviour of grazing dairy goats. A total of 36 Alpine goats in mid-lactation (64 days in milk, 4.0 kg/d of milk) were used in a 3 × 3 complete Latin square design, with 3 successives periods of 3 weeks, from mid Avril to mid June 2021. Access time to pasture was 11 h/d, including 3 h after PM milking, and an herbage allowance of 2.6 kg DM/goat/d > 4 cm). At night, goats were indoor without any supplement. Herbage intake was estimated from the ytterbium/faecal index method, and grazing activities from accelerometers (Lifecorder Plus). The decrease of milk production following that of concentrate supply was linear (-0.67 kg of milk/d per kg DM of concentrate), as was the decrease of milk protein concentration (-0.1 g/kg of milk per kg DM of concentrate). Milk fat concentration was lowest when goats were unsupplemented. Herbage intake and grazing time increased linearly by 0.35 kg DM/d and 54 min/d, respectively, with the reduction of concentrate supply. Nitrogen use efficiency (N milk/N intake) was unaffected by the treatment. The less the goats were supplemented, the fewer grazing meals they had, but longer meals, especially the first meal in the morning. Herbage intake rate did not vary with treatment. In conclusion, the known responses of intake and milk production of goats following high supplementation levels seem extrapolable to very low concentrate supply at grazing. High protein self-sufficiency seems thus possible in goat systems through combining more grazing and less concentrates.

INTRODUCTION

L'herbe pâturée est un fourrage peu cher qui permet de limiter la complémentation protéique et d'accroître l'autonomie alimentaire des élevages caprins (Caillat *et al.*, 2016; Jost et al., 2021). Le pâturage est cependant peu présent dans les systèmes caprins livreurs en France (Bossis, 2012). Lorsqu'il est pratiqué, les chèvres sont toujours complémentées en concentrés, et à des doses généralement assez élevées (0,6 à 1 kg/jour), notamment pour soutenir la production. Si la réponse marginale de production laitière à des apports croissants de concentrés a bien été décrite (Lefrileux *et al.*, 2012) dans la gamme classique de complémentation, il n'existe pas de référence sur des niveaux de complémentation très faibles. Par ailleurs, il n'existe quasiment aucune étude de complémentation des chèvres au pâturage avec un témoin avec quasi zéro concentré et avec mesure de l'ingestion d'herbe, permettant de quantifier la substitution globale, ou du comportement alimentaire. L'essai présenté a pour

objectif de déterminer les réponses de production, d'ingestion et de comportement des chèvres en lactation suite à une réduction drastique de l'apport de concentré au pâturage.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. TRAITEMENTS, SCHEMA EXPERIMENTAL ET CONDUITE DES CHEVRES

L'essai, conduit du 16 avril au 18 juin 2021 à la ferme INRAE de Méjusseaume (Le Rheu, France, https://doi.org/10.15454/yk9q-pf68), avait pour objectif de comparer 3 doses de concentré au pâturage : 800 (T8), 400 (T4) et 0 (T0) g/j. Concrètement, chaque chèvre a tout de même reçu 30 g d'un concentré granulé (95% maïs grain, 5% son et mélasse) à chaque traite (distribution automatique minimale possible). Les doses supplémentaires du même concentré pour T4 et T8 étaient apportées en individuel au cornadis, en deux fois par jour après chaque traite.

Après leur mise à l'herbe début mars, 36 chèvres (12 primipares et 24 multipares) ont été sélectionnées et réparties en 6 lots homogènes de 6 chèvres selon leurs caractéristiques mesurées juste avant l'essai (52 ± 6,2 kg de poids vif, 64 ± 9,0 j de lactation, 4,0 ± 0,79 kg lait standardisé/j). L'essai a été conduit selon un schéma expérimental en carré latin 3 × 3 complet et équilibré des effets rémanents, avec 3 périodes successives de 3 semaines. Au pâturage, les chèvres étaient conduites en 3 lots séparés, avec un lot par traitement, en pâturage rationné avec fil avant déplacé chaque matin. L'avancée du fil de chaque lot était calculée chaque jour selon la hauteur d'herbe dans la bande à offrir, en visant une quantité d'herbe offerte de 2,6 kg MS/chèvre/j au-dessus de 4 cm du sol pour chaque traitement, soit une disponibilité en herbe peu limitante pour l'ingestion (Delagarde *et al.*, 2021). L'accès au pâturage était de 11 h/j (8 h après la traite du matin et 3 h après la traite du soir), également peu limitant pour l'ingestion (Charpentier *et al.*, 2019a; Delagarde *et al.*, 2021). Les chèvres avaient accès à l'eau d'abreuvement en bâtiment et au pâturage.

1.2. MESURES

Toutes les mesures animales ont été individuelles, et réalisées la dernière semaine de chaque période. La production laitière a été mesurée à chaque traite, les taux butyreux et protéique du lait les 5 derniers jours de chaque période, sur toutes les chèvres.

L'ingestion individuelle et le comportement alimentaire ont été déterminés sur 12 chèvres seulement (4 par traitement, les mêmes à chaque période). L'ingestion d'herbe a été mesurée par la méthode ytterbium/index fécaux adaptée aux chèvres laitières (Delagarde *et al.*, 2018; Delagarde *et al.*, 2021). L'ytterbium (Yb_2O_3) était distribué deux fois par jour des jours 8 à 20 de chaque période via un concentré spécifique donné au cornadis (2 × 15 g/j, soit 27 g MS/j et 0,10 g Yb/j). Les fèces ont été échantillonnées par prélèvement rectal, matin et soir, durant 5 jours en fin de période, regroupés par chèvre et par période, séchés, broyés et analysés au laboratoire. La concentration fécale en ytterbium a permis d'estimer la quantité de fèces (F, en kg MS/j), et les concentrations fécales en matière organique (MO), azote (N) et fibres (ADF) ont permis d'estimer la digestibilité de la ration (D). L'ingestion totale (I) a pu être calculée (I=F/(1-D)). L'ingestion d'herbe a été calculée en retranchant à l'ingestion totale l'ingestion des concentrés.

Les activités de pâturage (nombre et durée des repas, durée d'ingestion totale et répartition journalière) ont été déterminées grâce au Lifecorder Plus, accéléromètre uni-axial détectant avec précision l'accélération de la tête lors des prises alimentaires au pâturage (Lemoine *et al.*, 2021; Delagarde *et al.*, 2021). Chaque chèvre a été équipée d'un Lifecorder 7 jours en fin de chaque période. Celui-ci était placé dans un boîtier fixé à un collier au cou des chèvres.

Concernant l'herbe et la gestion du pâturage, la densité (kg MS/ha/cm) mesurée avec un herbomètre électronique (Aurea, France) a été déterminée par coupe à la motofaucheuse 1 à 2 fois par semaine, permettant une calibration hauteur/biomasse. Les hauteurs d'herbe en entrée et en sortie de parcelle (herbomètre à plateau) ont été mesurées chaque jour. La composition botanique et la composition biochimique de l'herbe offerte ont été déterminées la dernière semaine de chaque période.

1.3. ANALYSES STATISTIQUES

Les données animales, moyennées par chèvre et par période, ont été traitées par analyse de variance, selon un modèle prenant en compte les effets Chèvre, Période et Traitement. Des contrastes orthogonaux ont permis de décrire la forme de la loi de réponse des chèvres à la dose de concentré (linéaire ou quadratique). Le modèle d'analyse pour les données sur les prairies prenait en compte les effets Période et Traitement.

2. RESULTATS

2.1. PÂTURAGE

La prairie était en moyenne composée de 50% de graminées (raygrass anglais surtout), 21% de pissenlit, 19% de trèfles et 10% d'autres espèces. L'herbe offerte a été en moyenne assez pauvre en MAT (121 g/kg MS), avec des teneurs en NDF et ADF de 517 et 246 g/kg MS, respectivement. La biomasse (3,1 t MS/ha > 4 cm) et la hauteur en entrée de parcelle (13,6 cm), ainsi que la surface (8,4 m²/chèvre/j) et la quantité d'herbe réellement offerte (2,6 kg MS/chèvre/j) n'ont pas varié entre traitements.

La hauteur d'herbe en sortie de parcelle a eu tendance à diminuer linéairement avec la suppression du concentré (Tableau 1).

2.2. INGESTION, DIGESTION, PRODUCTION

L'ingestion de concentré a été de 0,77, 0,42 et 0,05 kg MS/j pour T8, T4 et T0 respectivement. L'ingestion d'herbe a augmenté linéairement, et l'ingestion totale a diminué linéairement lorsque la dose de concentré a été réduite, avec en moyenne +0,35 et -0,66 kg MS par kg MS de concentré, respectivement (Tableau 1). La digestibilité MO de la ration a été plus faible de 1,2 points sur T0 que sur T4 et T8 (effet quadratique).

Les productions journalières de lait brut, de lait standardisé, de matières grasses et de matières protéiques, ainsi que le taux protéique du lait ont diminué de façon linéaire lorsque l'apport de concentré a été réduit. Les effets moyens pour le lait brut, le lait standardisé et le taux protéique sont de -0,66 kg, -0,72 kg et -1,0 g/kg de lait par kg MS de concentré en moins, respectivement (Tableau 1). Le taux butyreux a été plus faible (-2,0 g/kg de lait) sur T0 que sur T4 et T8 (effet quadratique). Les différences de production laitière entre traitements se sont créées dans les 3 premiers jours suivant le changement de période (donc de traitement), et sont restées stables jusqu'au jour 21 (Figure 1).

Si la quantité d'azote ingérée et exportée dans le lait, en g/j, ont diminué linéairement lors de la suppression du concentré, l'efficience d'utilisation de l'azote (N lait/N ingéré) n'a pas varié avec la dose de concentré.

2.3. COMPORTEMENT ALIMENTAIRE

Les chèvres ont pâturé en moyenne 67% du temps passé dans les parcelles (453 sur 672 min/j). La durée de pâturage a augmenté linéairement avec la réduction de l'apport de concentré, à raison de 54 min/j par kg MS de concentré en moins. Exprimée en min/j, cette augmentation a surtout été marquée entre les deux traites (+32 min, soit +44 min/j par kg MS de concentré), et encore plus au cours du premier repas du matin après la sortie des chèvres (+73 min).

Exprimée en pourcentage du temps effectif passé à pâturer, l'augmentation de durée d'ingestion est identique entre le jour et le soir (+10%).
Au final, les chèvres qui ne reçoivent pas de concentré font moins de repas d'herbe par jour (-1,1 repas/j entre T8 et T0, soit -14%), mais des repas plus longs (+17 min/repas entre T8 et T0, soit +30%). La vitesse d'ingestion d'herbe a été en moyenne de 216 g MS/h de pâturage effectif et n'a pas varié entre doses de concentré.

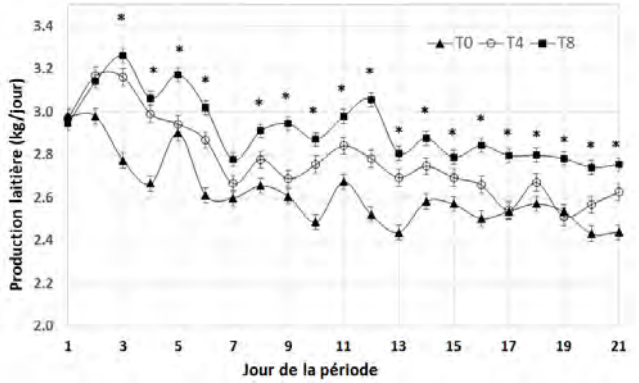


Figure 1 : Evolution moyenne de la production laitière des chèvres au cours d'une période expérimentale, selon la dose de concentré ingérée (* par heure : effet dose P<0,05).

3. DISCUSSION

L'essai s'est déroulé dans des conditions satisfaisantes sur le plan climatique et de la conduite des animaux, avec des conditions de pâturage identiques entre traitements et conformes aux objectifs. Aucun refus de concentré n'a été observé, ni aucun souci pendant l'essai sur la santé, le comportement ou l'état général des chèvres.

3.1. EFFET DE LA DOSE DE CONCENTRE SUR LES PERFORMANCES ZOOTECHNIQUES

A court terme, sur des périodes de 3 semaines, les chèvres au pâturage ont montré une réponse de production laitière quasi immédiate aux variations d'apport de concentré, et identique entre les doses 400 à 0 g/j qu'entre les doses 800 à 400 g/j (-0,67 kg de lait/j par kg MS de concentré en moins). Ces réductions sont similaires aux réponses moyennes observées sur une série d'essais au pâturage par Lefrileux *et al.* (2012). Ces auteurs avaient observé une réponse curvilinéaire de la production laitière sur une gamme un peu plus large et des doses de concentré un peu plus élevées (0,25 à 1,14 kg MS/j), avec une réponse linéaire proche de celle de cet essai dans la même gamme d'apport de concentré (-0,72 kg lait/j par kg MS de concentré en moins). Elle est aussi très proche de la réponse moyenne observée sur des régimes à base de fourrages conservés dans la gamme 0 à 1 kg MS de concentré ingéré (-0,63 kg lait/j par kg MS de concentré, Sauvant et Giger-Reverdin, 2018). La suppression totale du concentré n'a donc pas entraîné de « décrochage » de la production, ni aucun effet délétère particulier observable. Des études complémentaires seraient bien entendu nécessaires pour déterminer les effets à long terme de la suppression du concentré sur les chèvres au pâturage, notamment sur l'état corporel, la santé ou la persistance de la lactation. La réduction à la fois du taux butyreux et du taux protéique du lait lorsque le concentré a été supprimé sont des réponses atypiques car généralement non observées dans la littérature. D'une façon générale, sur tous types de ration, le taux butyreux semble plutôt augmenter lors d'une réduction de l'apport de concentré, tandis que le taux protéique est insensible à la dose de concentré (Sauvant *et al.*, 2012 ; Sauvant et Giger-Reverdin, 2018). Au pâturage, Lefrileux *et al.* (2012) n'ont observé en moyenne sur 4 essais aucun effet de la dose de concentré sur les taux butyreux et protéique du lait. Chez la chèvre, le taux butyreux est cependant très sensible à la nature du concentré et sa composition en lipides, avec des effets très variables (Lefrileux *et al.*, 2012). La nature du concentré que nous avons utilisé (maïs grain, relativement riche en lipides) pourrait expliquer en partie les taux butyreux les plus faibles observés sur les chèvres quasi non complémentées (Sauvant *et al.*, 2012).
Le taux de substitution global moyen observé de 0,35 peut paraître relativement faible par rapport aux équations récentes proposées (Sauvant et Giger-Reverdin, 2018), mais est conforme au taux de substitution estimé chez les chèvres à partir de la dose de concentré ingérée (Sauvant *et al.*, 2010). Il est également cohérent avec la relative faible variation de durée d'ingestion d'herbe observée entre doses de concentré, de moins de 1 h par kg MS de concentré, si l'on traduit cette durée en kg MS en tenant compte d'une vitesse d'ingestion d'herbe proche de 200 (calculée ici), 250 (Charpentier, 2018) ou même 300 g MS/h de pâturage. A l'heure actuelle, les rares essais de la littérature sur la substitution herbe/concentré au pâturage montrent des résultats très variables et inconsistants, ne permettant aucune prévision sérieuse. Si la réduction de l'apport de concentré a limité les apports en azote (-16%), elle n'a pas affecté l'efficience d'utilisation de l'azote, l'azote exporté dans le lait ayant diminué dans les mêmes proportions. Ces résultats (substitution, efficience azotée) ont pu être affectés par la faible teneur en MAT de l'herbe pâturée, même si l'influence de la teneur en MAT du fourrage sur le taux de substitution fourrage/concentré n'est pas connue en caprins.

3.2. EFFET DE LA DOSE DE CONCENTRE SUR LE COMPORTEMENT ALIMENTAIRE

L'augmentation de la durée d'ingestion d'herbe lorsque la dose de concentré est réduite indique clairement une ingestion d'herbe qui augmente. Comme aucune variation significative de la vitesse d'ingestion n'a été observée, l'augmentation du temps passé à pâturer suite à la suppression du concentré est ici proportionnelle à la variation de quantité d'herbe ingérée. Chez les vaches, on observe à la fois une augmentation de la durée et de la vitesse d'ingestion lorsque le concentré et/ou le fourrage complémentaire sont supprimés. Ces résultats restent à préciser chez la chèvre.
Comme chez les autres ruminants, les activités de pâturage en cours de journée sont modifiées par la dose de complément ingéré, qui affecte directement l'état de faim au pâturage. Chez les chèvres quasi non complémentées, qui ont un « besoin » de manger plus d'herbe, l'activité de pâturage est moins fragmentée au cours de la journée, avec une réduction du nombre de repas (+ 1,1 repas/j) et une augmentation de la durée moyenne des repas (+ 20 minutes). Cette modification du comportement est très nette le matin lors de la sortie au pâturage, puisque l'augmentation de la durée du premier repas du matin (+73 min) est même plus importante que l'augmentation de la durée totale de pâturage sur la journée (+39 min).

CONCLUSION

Cette étude a permis de décrire les lois de réponses des chèvres laitières en lactation à une réduction voire une suppression totale de l'apport en concentrés au pâturage. Aucun effet de seuil n'a pu être détecté, et les réponses marginales connues pour des doses élevées de concentrés semblent pouvoir être extrapolables aux doses faibles à nulles. Entre les doses 800 et 0 g/jour de concentré maïs grain, l'ingestion d'herbe et la production laitière ont varié de 0,35 kg MS et de -0,66 kg de lait par kg MS de concentré, avec peu de variation des taux butyreux et protéique du lait. Les chèvres ont montré les mêmes mécanismes d'adaptation comportementale à la suppression du

concentré que les autres types de ruminants : des repas plus longs et moins nombreux et finalement un accroissement de la durée de pâturage. Ces résultats obtenus à moyen terme (3 semaines d'application des régimes) devront être complétés par des essais long terme (plusieurs mois) et dans des conditions différentes : autre nature de concentré, autres conditions de pâturage.

Les auteurs remercient les techniciens INRAE de l'UMR PEGASE (atelier caprin de la ferme de Méjusseaume et atelier Biochimie).

Bossis N., 2012. Fourrages., 212, 269-274
Caillat H., Bruneteau E., Ranger B., Furstoss V., Guillet I., Paraud C., Hoste H., El Korso R., Delagarde R., Quenon J., Bossis N., Guillouet P., 2016. Renc. Rech. Ruminants, 23, 247-250
Charpentier A., 2018. Thèse de Doctorat, Université de Poitiers, 178 pp
Charpentier A., Caillat H., Gastal F., Delagarde R., 2019a. Livest. Sci., 229, 90-97
Charpentier A., Caillat H., Gastal F., Delagarde R., 2019b. Animal, 13, 2492-2500
Delagarde R., Belarbre N., Charpentier A., 2018. Grassl. Sci. Europe, 23, 419-421
Delagarde R., Caillat H., Charpentier A., 2021. INRAE Prod. Anim., 34, 15-28
Jost J., Bossis N., Fança B., Bluet B., Bossis C., Couvet R., Poupin B., Lazard K., Gervais P., Lefrileux Y., Pommaret A., Delagarde R., Caillat H., 2021. Innov. Agron., 82, 67-80
Lefrileux Y., Morand-Fehr P., Pommaret A., 2012. INRA Prod. Anim., 25, 277-290
Lemoine M., Piriou M., Charpentier A., Delagarde R., 2021. Small Rumin. Res., 202, 106469
Sauvant D., Giger-Reverdin S., 2018. In Alimentation des Ruminants. QUAE, Versailles, 399-441
Sauvant D., Giger-Reverdin S., Meschy F., 2010. In Alimentation des bovins, ovins et caprins. QUAE, Versailles, 139-152
Sauvant D., Giger-Reverdin S., Meschy F., Puillet L., Schmidely P., 2012. INRA Prod. Anim., 25, 259-276

Variable	Dose de concentré (g/j)			ETR [a]	Contrastes *(P<)* [b]	
	800	400	0		Lin	Qua
Hauteur d'herbe en sortie de parcelle (cm)	7,0	7,0	6,4	0,23	0,056	0,135
Production laitière (kg/j)	2,88	2,67	2,40	0,216	0,001	0,473
Production de matières grasses (g/j)	96,9	91,5	77,2	11,81	0,001	0,063
Production de matières protéiques (g/j)	79,0	71,5	63,9	8,27	0,001	0,971
Production laitière standardisée (kg/j)	2,75	2,56	2,23	0,262	0,001	0,190
Taux butyreux du lait (g/kg)	33,6	34,5	32,0	3,40	0,043	0,014
Taux protéique du lait (g/kg)	27,4	26,8	26,5	1,97	0,048	0,743
Digestibilité MO de la ration (g/g)*	0,802	0,805	0,791	0,011	0,025	0,034
Ingestion d'herbe (kg MS/j)	1,52	1,58	1,77	0,174	0,004	0,291
Ingestion totale (kg MS/j)	2,32	2,02	1,84	0,175	0,001	0,380
N ingéré (g/j)	45,0	42,5	37,9	4,33	0,001	0,506
N lait (g/j)	13,9	12,9	11,5	1,21	0,001	0,684
N lait / N ingéré (g/g)	0,305	0,313	0,308	0,0387	0,883	0,617
Durée d'ingestion d'herbe (min/j)	429	463	468	34,3	0,011	0,253
Durée d'ingestion d'herbe du jour (min)	339	364	371	25,9	0,008	0,365
Durée d'ingestion d'herbe du soir (min)	92	105	102	13,8	0,084	0,102
Durée 1er repas du matin (min)	129	163	202	36,6	0,001	0,835
Durée 1er repas du soir (min)	62	79	77	14,8	0,026	0,084
Nombre de repas (repas/j)	8,0	7,1	6,9	0,90	0,007	0,319
Durée moyenne d'un repas (min)	55,5	72,7	72,2	19,4	0,046	0,214
Vitesse d'ingestion d'herbe (g MS/h)	213	206	229	26,4	0,148	0,117

[a] ETR : Ecart-type résiduel du modèle; [b] Lin et Qua : respectivement, effets linéaire et quadratique de la dose de concentré

Tableau 1 Effets de la dose de concentré ingérée sur la hauteur d'herbe en sortie de parcelle, la production, l'ingestion, l'efficience azotée et le comportement alimentaire des chèvres laitières au pâturage (moyennes ajustées)

Maitriser l'équilibre en acides aminés dans le cadre de rations hivernales de vaches laitières pour augmenter l'autonomie protéique : le projet DY+ Milk

LEMOSQUET S. (1), MATHIEU Y. (2), BAHLOUL L. (3), ROLLAND M. (4), ANDRIEU D. (5), ROUILLE B. (6), JURQUET J. (7), GERARD C. (8), ROUVERAND S. (9), TROU G. (10)
(1) PEGASE, INRAE, Institut Agro, 16 Le Clos, 35590 Saint-Gilles, France
(2) Seenovia - rue P.A. Bobierre - La Géraudière - 44939 Nantes CEDEX 9 – France
(3) Centre d'Expertise et de Recherche en Nutrition, Adisseo France S.A.S., 03600 Commentry, France
(4) Vision Lait, 10 rue de Soissons 51140 Muizon France
(5) CCPA - ZA du Bois de Teillay - Quartier du Haut-Bois - 35150 JANZÉ - France
(6) Institut de l'Elevage – Monvoisin, 35652 Le Rheu Cedex – France
(7) Institut de l'Elevage, 42 rue Georges Morel, CS 60057, 49071 Beaucouzé cedex – France
(8) ADM animal nutrition – NEOVIA, Talhouet, 56250 Saint Nolff – France
(9) Valorial, 8 rue J Maillard de la Gounerie, 35000 Rennes, France
(10) Chambres d'agriculture de Bretagne, rue Maurice Le Lannou – C5 74223 – 35042 Rennes Cedex

RESUME

Pour augmenter l'autonomie protéique des exploitations une solution est de réduire l'apport de Protéines Digestibles dans l'Intestin (PDI). L'objectif de ce travail était d'analyser l'intérêt de mieux équilibrer l'apport en lysine (LysDI) et méthionine (MetDI) de rations hivernales quand on réduit l'apport PDI. Nous avons d'abord collecté des aliments, en particulier des ensilages et enrubannages, et des graines de légumineuses et protéagineux de Bretagne et des Pays de la Loire pour caractériser leurs apports en PDI, LysDI et MetDI dans l'objectif d'améliorer la table INRA (2018) qui, pour les fourrages, n'est basée que sur 69 profils en acides aminés (AA). Nous avons alors analysé la solution consistant à mieux équilibrer l'apport de LysDI et la MetDI dans les rations de 5 exploitations laitières (444 vaches laitières) lorsque l'on réduit l'apport de correcteur azoté (principalement du tourteau de soja) de 600 g/j/vache. La correction du profil en LysDI et MetDI augmentait les MP, à la fois en augmentant le volume de lait et le TP alors que le système d'alimentation INRA (2018) ne prédit qu'une augmentation du TP. Il existait cependant une variabilité inter-individuelles des réponses : certaines vaches augmentant les MP via le lait et le TP, d'autres via le lait ou le TP uniquement. Enfin, dans un essai sur 40 vaches Holstein à 2 mois de lactation, l'augmentation de l'apport de LysDI et MetDI aux recommandations augmentait les MP quel que soit le niveau d'apport PDI et également le volume de lait à bas PDI ; ce qui s'expliquait par une tendance à l'augmentation de l'ingestion.

Better balancing lysine and methionine, a solution to reduce soybean meal in dairy diets

LEMOSQUET S. (1), MATHIEU Y. (2), BAHLOUL L. (3), ROLLAND M. (4), ANDRIEU D. (5), ROUILLE B. (6), JURQUET J. (7), GERARD C. (8), ROUVERAND S. (9), TROU G. (10)
(1) PEGASE, INRAE, Institut Agro, 16 Le Clos, 35590 Saint-Gilles, France

SUMMARY

To increase protein autonomy of dairy farms, a solution is to reduce metabolisable protein supply (called PDI in INRA, 2018). The aim of this work was to analyse the effects of better balancing lysine and methionine (Lys and Met) supplies to limit the decrease in milk protein yield (MPY) observed when reducing PDI supply. We first collected and analysed legume and grass silages to characterize their Lys and Met contents in order to improve the INRA (2018) feed tables only based on 69 amino acid (AA) profiles for roughages. Secondly, we analysed the solution of better balancing Lys and Met in 5 dairy farms (444 dairy cows) when reducing protein concentrates (mainly soybean meal) by 600 g/d/cow. During the period of Lys and Met supplementations, MPY, milk protein content (MPC) and milk yield significantly increased while the INRA (2018) model only predicted an effect on MPY through an increased MPC. However, the responses on milk yield and/or MPC depended on the cows, suggesting a variability of the responses between individuals. On 40 Holstein dairy cows at 2 months of lactation, better balancing AA supply increased MPY at low and higher PDI supplies but an increase in milk yield was also observed at low PDI supply, partially explained by a tendency in an increase in dry matter intake.

INTRODUCTION

Les élevages bovins français possèdent un niveau d'autonomie protéique (77 %) plus faible que l'autonomie massique (88 %). De plus, l'autonomie protéique de la partie « concentrés » est faible (20 % ; Rouillé et coll., 2014). En 2015, la production laitière française a utilisé 1,37 kt de tourteau de Soja (soit 36 % des utilisations en production animale) dont 90 % était importé (https://www.flux-biomasse.fr/resultats/sankey_soja_animaux/France).
Augmenter l'autonomie protéique est donc un enjeu important qui a été travaillé à l'échelle des élevages bovins laitiers de Bretagne et des Pays de la Loire dans le cadre du projet Européen FEDER DY+ Milk. L'un des moyens d'accroitre l'autonomie protéique des vaches laitières est de diminuer l'apport de Protéines Digestibles dans l'Intestin (PDI) de leur ration, ce qui augmente leur efficience PDI (INRA, 2018). Ceci peut se faire en diminuant l'utilisation de tourteaux de soja importés qui présente une teneur en PDI très élevée (227 g/kg de MS dans INRA, 2018). Cependant, la réduction de l'apport PDI peut conduire à des baisses de matières protéiques (MP) et du volume de lait. Il est possible de limiter les baisses de MP en maitrisant les apports en Acides Aminés (AA) Digestibles dans l'Intestin (AADI), en particulier en lysine (Lys) et méthionine (Met) Digestibles (LysDI et MetDI), les deux AA les plus limitants (INRA, 2018 ; Lemosquet et coll., 2014). Un axe du projet DY+ Milk visait à approfondir l'intérêt et

d'identifier les limites de maitriser ces apports en LysDI et MetDI dans les rations des vaches laitières pour faciliter la réduction de l'incorporation du tourteau de soja. Trois actions ont été menées. La première action visait à mieux caractériser les apports en AA des fourrages conservés du grand Ouest et de quelques matières premières sachant que la table INRA (2018) n'est basée que sur 69 profils en AA pour décrire les 913 fourrages qu'elle contient. Nous avons donc analysé les profils en AA de 106 aliments que nous avons regroupé dans une table (Table « DY+ »). Nous avons ensuite établi des stratégies visant à réduire l'apport de tourteau de soja dans des rations hivernales théoriques utilisant les aliments de la table de DY+ et le modèle INRA (2018). Dans l'action 2, un essai mené en élevages a testé l'intérêt de couvrir les besoins en LysDI et MetDI dans le cas d'une réduction de l'apport de correcteurs azotés contenant du tourteau de soja dans la ration (Trou et coll., 2020). Dans la troisième action, nous avons testé, l'effet de l'apport en LysDI et MetDI sur l'ingestion et le volume de lait dans le cadre de la réduction de l'apport PDI et de tourteau de soja.

1. BASE DE DONNEES

1.1. MATERIEL ET METHODES

La table DY+ comprend 81 fourrages et 25 matières premières collectées en Bretagne et de Pays de le Loire en 2017 et 2018. Les fourrages se composent de 67 ensilages et enrubannages, 11 fourrages verts et 3 foins de luzerne. La composition chimique de ces aliments a été analysée en terme de Matière Sèche (MS), Matière Minérale (MM), Matière Azotée Totale (MAT), Cellulose Brute (CB), digestibilité cellulase de la MS et teneur en amidon pour les ensilages de maïs. Les profils en AA ont été exprimés en % des 16 AA (notés AA_BP dans la table INRA,2018 ; BP pour By Pass) pour Lys, Met, His et Ala, Arg, Asp, Glu, Gly, Ile, Leu, Phe, Pro, Ser, Thr, Val et Tyr. Le profil en Cys+Trp a également été calculé. Il s'exprime en % des 18 AA afin d'appliquer un facteur de correction permettant que la somme des 16 AADI plus Cys+Trp représente 100 % des PDI. Le module Prevalim du logiciel d'INRAtion®V5/ RUMINAL® a été utilisé pour calculer l'ensemble des valeurs alimentaires de la table DY+. Les valeurs en AADI ont ainsi été calculées à partir des valeurs AA_BP et des PDIA (A : Alimentaires), des PDIM (M : Microbiennes) et d'un profil en AA microbien identique quelle que soit la ration (INRA, 2018). Pour mémoire, les recommandations en LysDI et MetDI dans INRA (2018) ont été fixées à 7,0 et 2,4 % des PDI, respectivement. Compte tenu de la précision des analyses, deux valeurs de LysDI ou de MetDI peuvent être considérées comme différentes si leur écart est de l'ordre de 0,2 % PDI.

1.2. RESULTATS : ANALYSE DE LA BASE

Les résultats présentés vont principalement porter sur les 67 analyses en Lys et Met des ensilages et enrubannages (Figure 1). Les valeurs AADI des ensilages de la table INRA (2018) reposent sur un nombre restreint de profils en AA (AA_BP) : 3 pour les ensilages de maïs, 2 pour les prairies permanentes de plaine, 1 pour les ray grass d'Italie (RGI); 4 pour les luzernes et 1 pour les trèfles violets. Les ensilages de graminées fourragères de la table DY+ comme ceux de la table INRA (2018) ont des valeurs de LysDI comprises entre 6,2 et 7,4 % des PDI pour une gamme de valeurs de PDI identiques sur les même espèces (comprises entre 50 et 110 g/kg de MS).

1

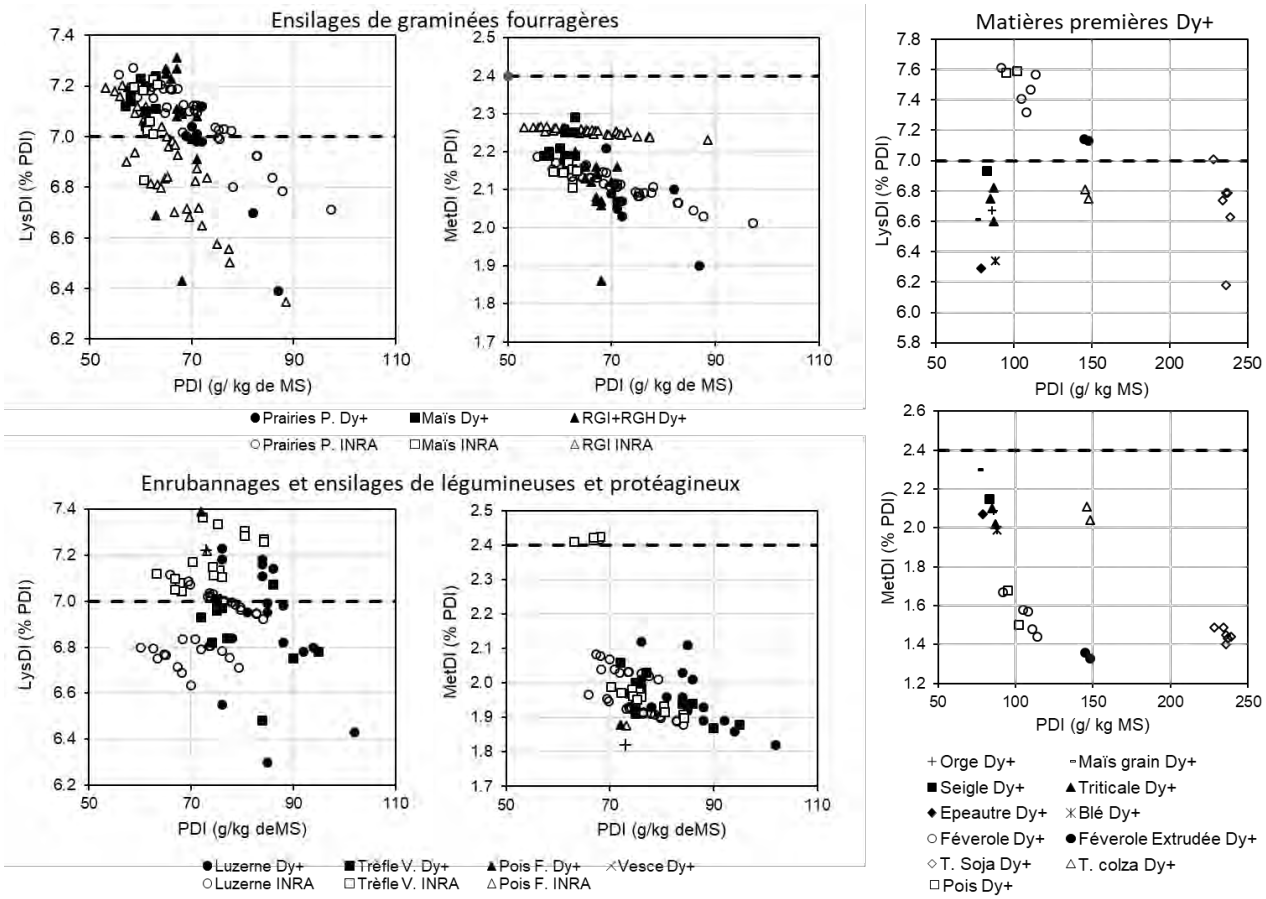


Figure 1 Valeurs PDI, LysDI et MetDI des ensilages des matières premières de la table DY+, comparaison aux ensilages de la table INRA (2018)

Cependant, les ensilages de graminées fourragères de DY+ présentent tous des valeurs de LysDI supérieures aux recommandations (7 % des PDI), à l'exception de 5 ensilages. Les valeurs de MetDI des ensilages de graminées des 2 tables présentent des valeurs comprises entre 2 et 2,3 % des PDI à l'exception de 2 ensilages de DY+ (ayant des valeurs inférieures à 2). Ces valeurs sont donc un peu inférieures aux recommandations (2,4 % des PDI pour MetDI). Les 8 ensilages de maïs de DY+ présentent des valeurs MetDI toutes légèrement plus élevées (de 2,2 à 2,3 % des PDI) que celles de la table INRA (2018) [de 2,1 à 2,2 % des PDI] pour des valeurs PDI (de 57 à 63 g/ kg de MS) et LysDI (de 7,05 à 7,25 % des PDI) similaires. Les 14 ensilages de RGI ou RGH (Ray Grass Hybride) présentent des valeurs de MetDI plus faibles (en moyenne : 2,10 ± 0,8 % des PDI) que la valeur (2,25 ± 0,01 % des PDI) de la table INRA (2018) pour des valeurs PDI similaires (à 67 ± 2 g/kg de MS) et des valeurs LysDI (de 6,7 à 7,1 % des PDI) qui sont proches des valeurs de la table INRA (2018) sauf un ensilage (LysDI = 6,4 % des PDI). Enfin, 7 sur 8 ensilages de prairies permanentes de plaine de la table DY+ présentent des valeurs LysDI et MetDI dans la même gamme de variation de ceux de la table INRA (2018).

Les ensilages de légumineuses et de protéagineux des 2 tables présentent des valeurs de MetDI en moyenne plus faibles (de 2,1 à 1,7 % des PDI) que celles des graminées fourragères (de 2,3 à 1,7 % des PDI) et une gamme des variations des valeurs LysDI proche (de 6,6 à 7,4 % des PDI). Seuls 4 ensilages de légumineuses de DY+ présentent des valeurs LysDI < 6,6 % des PDI. Les valeurs PDI des ensilages de légumineuses et de protéagineux sont plus élevées dans la table DY+ (de 72 à 102 g/kg de MS) que dans celle d'INRA (2018) [de 60 à 84 g/kg de MS]. De plus, les 12 enrubannages de trèfle violet de la table DY+ présentent des valeurs de LysDI (de 6,5 à 7,1 % des PDI) toutes inférieures à celles des ensilages et enrubannages de la table INRA (2018) [de 7,10 à 7,4 % des PDI] et bien inférieures aux 6 enrubannages de la table INRA (2018) [de 7,25 à 7,35 % des PDI]. Par contre, les valeurs de MetDI (1,96 ± 0,06 % des PDI) des enrubannages de trèfle violet de la table DY+ sont comparables aux ensilages brins courts avec conservateurs et aux enrubannés mi-fanés (1,95 ± 0,03 % des PDI) de la table INRA (2018). Quinze des 17 luzernes enrubannées de la table DY+ présentent des valeurs de LysDI (6,6 à 7,1 % des PDI) et MetDI (de 1,9 à 2,1 % des PDI) dans la gamme de variation des valeurs de la table INRA (2018) pour les ensilages ayant des valeurs PDI > 65 g/ kg de MS. L'ensilage de pois fourrager de la table DY+ présente une valeur de LysDI supérieure (7,4 vs. 7,2 % des PDI) à celle de la table INRA (2018) et des apports de MetDI (1,90 % des PDI) et de PDI (72 g/ kg de MS) équivalents à ceux de la table INRA (2018). La table DY+ fournit également des premières valeurs d'ensilage de vesce (PDI = 73 g/ kg de MS de PDI ; LysDI = 7,2 % des PDI et MetDI = 1,8 % des PDI) qui n'existent pas dans la table INRA (2018).

La table DY+ (Figure 1) contenait également quelques matières premières qui présentaient des valeurs PDI, LysDI et MetDI très proches de celles de la table INRA (2018) qui ont été établies sur un très grand nombre d'analyses d'AA par concentré. Les graines de protéagineux (féveroles et pois) présentent des valeurs LysDI supérieures (de 7,1 à 7,6 % des PDI) aux recommandations et des valeurs MetDI faibles (< 1,7 % des PDI). Pour un même apport PDI (146 g/kg de MS), les valeurs de MetDI des féveroles extrudées (1,35 % des PDI) sont très faibles au regard des tourteaux de colza qui sont les concentrés les plus équilibrés en apports de MetDI (2,1) et LysDI (6,8). Les tourteaux soja présentent également des valeurs de MetDI faibles (1,45 % des PDI) mais apportent plus de PDI (235 g/ kg de MS) et de MetDI en g/j.

1.3. EXEMPLE DE STRATEGIES DE REDUCTION DU SOJA CONSTRUITES AVEC INRA (2018)

Dans le tableau 1, sont rapportés les résultats des simulations d'INRA (2018) de rations utilisant des fourrages et concentrés de la table de DY+. Ces rations étaient composées de 30 % d'ensilage de maïs, 30 % de RGI et de 40 % de concentrés. La proportion de maïs grain et d'orge a été légèrement modifiée entre les rations afin qu'elles soient iso UFL (0,90 /kg de MS). La simulation porte sur une vache multipare haute productrice à 14 semaines de lactation ingérant 26 kg/j de MS. Le modèle prédit que la baisse des PDI de 99 à 95 g/kg de MS entraine une petite diminution des MP et du volume de lait. L'utilisation de féveroles extrudées en remplacement du tourteau soja diminue à peine plus les MP à 95 g/kg de MS des PDI. L'apport de tourteau de colza permet d'augmenter le TP (+ 0,6 g/kg) et les MP à une valeur supérieure (+ 10 g/kg de MS) à celle de la ration de tourteau de soja à 99 g/kg de MS de PDI. Enfin, d'après le modèle, la supplémentation (+ AA) des 4 rations bas PDI par la Lys et de la Met protégées de la dégradation du rumen aux recommandations permet d'augmenter le TP de + 1,3 g/kg et les MP prédites qui sont supérieures de 37 g/j à la ration à 99 g/kg de MS de PDI.

	Haut PDI	Bas PDI			
	T. Soja	T. Soja	Fév.E.	T.Colza	+ AA
T. Soja (% MS)	13	10.5	5	5	10.5
T. Colza (% MS)				12	
Fev. Extr. (% MS)			12		
PDI (g/kg MS)	99	94	94	95	95
LysDI (% PDI)	6,7	6,7	6,7	6,6	7,0
MetDI (% PDI)	1,8	1,9	1,8	2,0	2,4
BPR[1] (g/kg MS)	9,5	4,0	0,0	7,3	3,9
Lait (kg/j)	41,8	41,2	41,2	41,4	41,3
TP (g/ kg)	29,1	29,1	28,9	29,7	30,4
MP (g/j)	1217	1200	1192	1228	1253
Eff. PDI[2]	0,673	0,703	0,702	0,714	0,720

Tableau 1 Comparaison des résultats de simulations d'INRA (2018) sur différentes complémentations d'une même ration fourragère [1]Balance protéique du rumen ;[2] Efficience PDI.

Suite à ce travail préliminaire, nous avons testé en condition d'élevage la solution d'apporter de la Lys et Met protégées de la dégradation du rumen dans l'objectif de réduire l'apport de tourteau de soja aux vaches.

2. ESSAI EN ELEVAGE

L'essai en élevage a été rapporté sous forme de poster aux journées 3 R précédentes (Trou et coll., 2020).

2.1. MATERIEL ET METHODES

L'originalité de cet essai était que chaque vache (444) ait reçu dans chaque élevage (5 élevages retenus), selon un schéma expérimental ABA, successivement la ration de l'élevage (A) puis la ration modifiée (B) qui consistait en une baisse du correcteur azoté (- 0,6 kg/j, contenant du soja), une augmentation du concentré énergétique (+ 0,6 kg/j) pour maintenir l'apport UFL, et à un apport de Lys et Met protégées de la dégradation du rumen (smartamine M®, ADISSEO pour la MetDI et AjiPro®-L, Ajinomoto pour la LysDI) pendant 2 mois, puis de nouveau la ration de l'élevage (A). Une analyse de variance a été conduite avec comme individu statistique chaque vache. Depuis la publication, nous avons calculé les apports PDI, et LysDI et MetDI selon INRA (2018).

2.2. RESULTATS

Malgré la réduction de - 0,6 kg/j du correcteur azoté, l'apport PDI a très peu diminué (de 92,4 à 91 g/kg de MS dans les rations A vs. B ; INRA, 2018). Les apports de LysDI (de 6,7 à 7,1 %des PDI) et MetDI (1,9 à 2,5 % des PDI) ont été augmentés aux recommandations d'INRA (2018). L'apport de ces AA a augmenté significativement les MP de + 48 g/j en moyenne comme le prédit le système INRA (2018). Cette augmentation des MP passait à la fois par une augmentation du TP de + 0,5 g/kg et du volume de lait de + 0,6 kg/j, ce que ne prévoit pas INRA (2018). Sur les 444 vaches laitières, 309 ont présenté une augmentation des MP lors de la supplémentation en AA (Figure 2). Pour 170 vaches sur 309, cette augmentation de MP s'expliquait à la fois par une augmentation du volume de lait et du TP (Figure 2). Pour 75 vaches, cette augmentation s'expliquait seulement par une augmentation du lait et sur 61 vaches, elle s'expliquait par une augmentation du TP. A notre connaissance, aucun essai publié n'avait étudié la variabilité inter-interindividuelle des réponses.

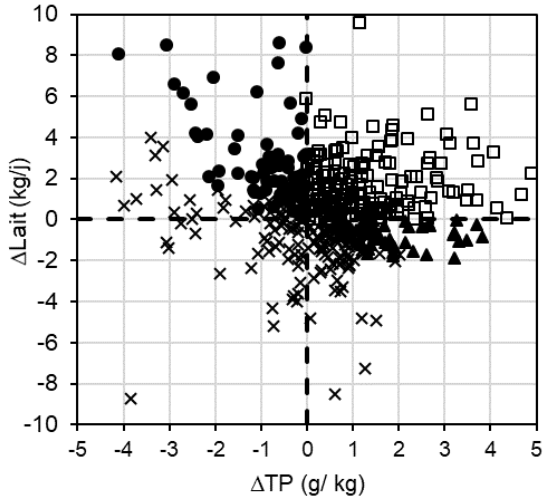


Figure 2 Réponses individuelles des vaches (n =444) à la correction du profil en LysDI et MetDI (× MP <0 ; ▲MP > 0, TP > 0 et lait < 0 ; ● MP > 0, TP < 0 et lait > 0 ; □ MP >0, TP > 0 et lait > 0). Les delta (∆) représentent la différence entre le traitement B et la moyenne des deux traitements A.

Ce résultat semble confirmer un effet possible de ces AA sur le volume du lait comme cela a été observé en début de lactation (Robinson et coll., 2011). La variabilité des réponses entre individus pourrait expliquer pourquoi les essais de la littérature rapportent des effets variables sur le volume de lait. Cette variabilité ne semblait pas s'expliquer par un effet élevage, ni un effet parité ou stade de lactation. A l'issu de ce travail, il semblait pertinent d'évaluer si une augmentation de l'ingestion pouvait expliquer cet effet sur le volume de lait car des effets positifs sur l'ingestion de ces AA ont déjà été observés (Lee et coll., 2012).

3. ESSAI QUANTIFIANT L'INGESTION

3.1. MATERIEL ET METHODES

Quarante vaches laitières Holstein (à INRAE IEPL UMR PEGASE ; https://doi.org/10.15454/yk9q-pf68) à 84 ± 20 jours de lactation ont reçu selon un schéma continu (4 lots de 10 vaches) sur 5 semaines et un plan factoriel 2 × 2, 2 niveaux d'apport PDI (83 vs. 92 g/ kg de MS) croisés avec 2 profils (AA- vs. AA+) en LysDI (6,2 vs. 7,2 % des PDI) et en MetDI (1,9 vs. 2,3 % des PDI). Les 4 rations étaient à 148 et 128 g/kg de MS de MAT et à 0,82 UFL/kg de MS. Le tourteau de soja a été incorporé à hauteur de 2,5 % dans les rations bas PDI, contre 8,9 % dans les rations haut PDI. La correction du profil en AA a été faite par l'apport de Smartamine M® (MetDI) et d'AjiPro®-L (LysDI). Les 4 rations, étaient composées à 58,7 % (MS) d'ensilage de maïs et à 41,7 % de concentrés et ont été distribuées ad libitum. Une analyse de covariance a été réalisée sur la moyenne des résultats des semaines 3 à 5 de traitements incluant les effets de la parité, des PDI, des AA et les interactions AA × PDI (Proc MIXED, SAS).

3.2. RESULTATS

L'ingestion de tourteau de soja a diminué de 2,1 kg/j à 0,6 kg/j de MS entre les rations haut PDI et bas PDI. La correction du profil en LysDI et MetDI (Tableau 2) a augmenté les MP et le volume de lait à bas niveau d'apport PDI (AA × PDI : *P < 0,04*). L'effet sur le volume pourrait s'expliquer par l'augmentation en tendance de l'ingestion bien qu'il n'y ait pas d'interactions. L'absence de réponse à plus haut niveau d'apport PDI pourrait s'expliquer par les apports UFL faibles au regard des PDI.

	Haut PDI		Bas PDI			*P* <	
	AA-	AA+	AA-	AA+	AA	PDI	AA×PDI
MSI[1] (kg/j)	24,7	24,8	23,8	24,8	<0,1	0,18	0,23
MP (g/j)	1155	1152	1033	1116	0,04	<0,01	0,03
Lait (kg/j)	37,5	37,1	34,7	36,8	0,15	<0,01	0,04
TP (g/kg)	30,9	31,3	30,0	30,6	0,19	0,03	0,76

Tableau 2 Réponses à la baisse de PDI et à la correction de l'apport de LysDI et MetDI
[1]Matière Sèche Ingérée

CONCLUSION

La table DY+ va permettre d'enrichir la table INRA (2018) sur les valeurs AADI des ensilages de légumineuses et de protéagineux et en particulier de corriger certaines valeurs, pour les trèfles violets. Notre essai en élevages sur 444 vaches laitières a montré qu'il était possible de maintenir les performances lorsque l'on réduit l'apport de correcteur azoté de - 0,6 kg/j/vache, en corrigeant l'apport en LysDI et MetDI et en maintenant l'apport UFL. L'effet de ces AA passerait par une augmentation du TP et/ou du volume de lait selon les individus ainsi que par une augmentation de l'ingestion observée dans l'essai sur 40 vaches. Ces effets des AA sur l'ingestion et le volume de lait ne sont actuellement pas pris en compte dans le système INRA (2018).

Dans le cadre du projet Européen FEDER DY+ Milk, nous tenons à remercier les stations expérimentales des Chambres d'agriculture : Etablières, Mauron, Thorigné, Trevarez et des Trinottières pour la fourniture des aliments de la base ainsi que les 6 éleveurs ayant participé à l'essai ; les personnels d'ADISSEO et AJINOMOTO qui ont réalisé les analyses des profils en AA ; C. CADIOU de la chambre d'Agriculture de Bretagne qui a collecté les données la table DY+ ; L.A. EON et M. MEVEL, stagiaires de M1 qui ont réalisé les premiers dépouillements de la table DY+ ainsi que G. MAXIN, INRAE UMRH pour son expertise.

Rouillé, B., Devun, J, Brunschwig, P. 2014. OCL 2014, 21(4), D404
INRA, 2018. Editions Quae, versailles, France, 728 p
Lee C., Hristov, A. N., Cassidy, T. W., Heyler, K.S., Lapierre H., Vargan G.A., de Veth, M.J., Patton, R. A., Parys, C. 2012. J. Dairy Sci., 95, 6042–6056
Lemosquet, S., Haque, M.N., Faverdin, P., Peyraud, J.L., Delaby, L., 2014. Renc. Rech. Ruminants, 21,139-142
Robinson, P.H., Swanepoel, N., Shinzato, I., Juchal, S.O. 2011. Anim. Feed Sci. Technol., 168, 30-4
Trou G., Mathieu, Y., Andrieu, D., Bahloul, L., Cirot, C., Faverdin P., Lemosquet S. 2020. Renc. Rech. Ruminants, 25, 215

Efficience d'utilisation de l'azote chez des taurillons croisés recevant des régimes mixtes présentant une haute autonomie alimentaire et protéique

Nitrogen use efficiency in crossbred bulls fed mixed diets ensuring high feed autonomy

MOREL I. (1), DOHME-MEIER F. (1), SIEGENTHALER R. (2), HAYOZ B. (2), XAVIER C. (1,3), LERCH S.(1)
(1) Groupe de recherche Ruminants, Agroscope, 1725 Posieux, Suisse
(2) Mandats de recherche Animaux, Agroscope, 1725 Posieux, Suisse
(3) PEGASE INRAE-Institut Agro, 16 Le Clos, 35590 Saint Gilles France

INTRODUCTION

Dans un contexte où les ressources protéiques dédiées à la production de lait et de viande sont limitées et onéreuses, l'amélioration de l'efficience d'utilisation de ces dernières est au cœur des préoccupations des éleveurs. Il s'agit d'un des leviers cités par Peyraud et MacLeod (2020) permettant à l'élevage de ruminants de contribuer aux attentes sociéta-les. Selon Guarnido-Lopez (2022), chez le jeune bovin Charolais, les animaux efficients selon l'ingéré résiduel (IR = ingéré observé – prédit à partir de la régression MSI = GMQ + $PV^{0.75}$) utilisent également l'azote ingéré de manière plus efficiente [EUA = matière azotée (MA) fixée dans le croît / MA ingérée). Ainsi, sélectionner des animaux efficients serait bénéfique sur les plans économique et environnemental. Parallèlement, la valorisation optimale du coproduit viande des troupeaux laitiers progresse suite au développement des semences sexées (Berry, 2021). L'objectif de cette étude est d'évaluer l'intérêt de deux régimes d'engraissement présentant un haut degré d'autonomie pour des conditions pédoclimatiques d'Europe occidentale et de comparer inter- et intra-croisement des taurillons de trois croisements industriels sur le critère de l'effcience alimentaire et sur leur aptitude à fixer dans le croît la MA de ces régimes.

1. MATERIEL ET METHODES

Des taurillons à l'engrais (n=69 ; 257±6 kg PV) croisés entre une mère de race laitière Brune Suisse et un père des races à viande Angus (An), Limousin (Li) ou Simmental (Si) ont reçu *ad libitum* l'une de deux TMR iso-énergétiques et iso-protéiques (7,15 MJ NEV[1], 94 g PDIE, 104 g PDIN, 158 g MA par kg MS) jusqu'à abattage à 520 kg PV. Les régimes A et B contenaient (base MS) 38% d'ensilage de maïs, resp. 2 et 3% de tourteau de soja, 2% de gluten de maïs et 3% de CMV (3%), complétés pour le régime A par 36% d'ensilage graminées-trèfle blanc, 11% de pois et 9% d'orge et pour le régime B par 34% d'ensilage luzerne-graminées, 6% de féverole, 13% de triticale et 1% de paille. Pour le calcul de l'EUA, la quantité de MA contenue initialement dans le corps vide (CV) a été déterminée par analyse chimique de deux taurillons par croisement abattus en début d'essai (257 kg PV). La quantité de MA finale a été estimée individuelle-ment à partir de la taxation CHTAX[2] de la carcasse et de la dissection de la 11^{e} côte avec une équation d'estimation calibrée à partir de l'analyse chimique du CV de 30 taurillons à poids final (Lerch, communication personnelle). Des relations entre l'EUA et l'IR mesuré sur une période de 80 jours, l'indice de consommation (IC= MSI/GMQ) ainsi que la qualité des carcasses ont été évaluées par corrélation de Pearson. Les effets fixes régime, croisement et régime × croisement ont été analysés par ANOVA (NCSS 12 2018).

2. RESULTATS ET DISCUSSION

A l'exception de l'IC, plus favorable avec la TMR A, les performances pour les deux régimes étaient comparables (Tableau 1). Leur autonomie alimentaire s'élève à > 90% et l'autonomie protéique à > 80% (TMR A) et ≥ 75% (TMR B). Une meilleure EUA a été relevée pour les Si comparative-ment aux Li, eux-mêmes supérieurs aux An. Ces derniers se distinguent particulièrement des deux autres croisements par une efficience alimentaire (IR) moindre et un rapport tissus adipeux (TA) : muscles plus élevé dans la carcasse. A contrario, les Si disposent des meilleurs EUA et IC et présentent les carcasses les plus maigres (0,5 point en deçà de l'optimum 3 de la CHTAX). Les Li se révèlent aussi efficients (IR) que les Si grâce à leur niveau d'ingestion inférieur de 0,7 et 0,4 kg MS/j en comparaison des An et Si, tout en atteignant une classe de TA proche de l'optimum (2,8). Ils occupent une place intermédiaire pour l'EUA et présentent le meilleur rendement de carcasse. Cependant, pour atteindre un même poids de carcasse final de 300 kg, leur âge à l'abattage est prolongé de 25 jours en moyenne par rapport aux Si.

L'EUA est corrélée (P < 0,001) positivement au GMQ, à la proportion de muscles dans la carcasse (resp. r = +0,48 et +0,59) et négativement à l'IC, l'IR, la proportion de TA (resp. r = -0,71, -0,52, -0,64) ainsi qu'à l'âge à l'abattage (r=–0,35 ; P > 0,01). Des observations comparables ont été établies chez le taurillon Charolais (Guarnido-Lopez, 2022).

CONCLUSION

Les régimes composés pour plus d'un tiers d'ensilage d'herbe dont les composants peuvent être produits pour plus de 90% sur l'exploitation ont particulièrement convenu aux taurillons croisés Si. Par rapport aux An et Li, ce sont eux qui ont fixé l'azote ingéré dans le croît de la manière la plus efficiente avec en parallèle une efficience alimentaire élevée. L'impact négatif sur la valeur commerciale de la carcasse (classe de TA) reste modéré. Une évaluation globale incluant d'autres aspects comme la qualité de la viande ou les émissions de gaz à effets de serre permettra de tirer des conclusions plus exhaustives concernant la durabilité de systèmes de production variables sur le plan des régimes et du type d'animaux selon la région et les ressources fourragères disponibles.

[1]NEV: énergie nette pour la production de viande (système suisse)
[2]Classes de conformation et de de tissus adipeux selon CHTAX (système suisse semblable au système EUROP)

Berry D.P., 2021. J. Dairy Sci. 104, 3789-3819.
Guarnido-Lopez P., 2022. Thèse doctorale, 206 p.
Peyraud J.-L., MacLeod M. 2020. European Commission, 82 p.

		Régime (R)		Croisement (C)				*Valeurs P*		
Paramètre	Unité	A	B	×An	×Li	×Si	SEM	R	C	R×C
$Age_{abattage}$	j	349	357	351^{b}	373^{c}	335^{a}	3,28	0,13	<0,001	0,09
MSi	kg/j	8,1	8,1	8,4^{a}	7,7^{b}	8,1^{a}	0,06	0,94	<0,001	0,11
GMQ	kg/j	1,55	1,49	1,50^{b}	1,40^{c}	1,65^{a}	0,02	0,08	<0,001	0,14
IC_{MS}	kg/kg	5,25^{a}	5,49^{b}	5,63^{b}	5,56^{b}	4,93^{a}	0,07	0,03	<0,001	0,29
Ingéré résiduel	kg/j	-	-	0,26^{b}	-0,14^{a}	-0,12^{a}	0,07	-	<0,001	-
$MA_{fixée}$	kg	46,9	46,3	41,6^{c}	47,8^{b}	50,4^{a}	0,55	0,40	<0,001	0,31
EUA	g/kg	215	221	190^{c}	214^{b}	250^{a}	3,87	0,23	<0,001	0,39
Rendement	%	56.0	55,9	54,9^{b}	57,4^{a}	55,6^{b}	0,19	0,78	<0,001	0,11
$Muscle_{carcasse}$	%	64,4	64,1	60,8^{b}	65,9^{a}	66,1^{a}	0,33	0,41	<0,001	0,35
$Tissu\ adipeux_{carcasse}$	%	13,5	13,5	16,1^{c}	12,7^{b}	11,6^{a}	0,30	0,41	<0,001	0,35

$^{a-c}$Pour un même facteur (R ou C) les moyennes portant un indice différent sur une même ligne se distinguent de manière significative (P < 0.05)
xAn, xLi, xSi = races père Angus, Limousin ou Simmental; EUA: efficience d'utilisation de l'azote

Tableau 1 Performances et qualité de carcasse selon le régime et le croisement

Effets de l'introduction de méteils fourragers dans les rations d'engraissement des jeunes bovins

Effects of introduction of immature cereals-legumes in young fattening bulls' diet

BUTEAU A. (1), MAUGRION P. (2), DAGORN N. (3), CHAUVEAU H. (4)
(1) ARVALIS-Institut du Végétal, Ferme Expérimentale des Bordes, F-36120 Jeu Les Bois
(2) OIER des Bordes, Ferme Expérimentale des Bordes, F-36120 Jeu Les Bois
(3) ARVALIS-Institut du Végétal, 6 chemin de la Côte Vieille, F-31450 Baziège
(4) ARVALIS-Institut du Végétal, station expérimentale de la Jaillière, F-44370 Loireauxence

INTRODUCTION

Les méteils fourragers composés de céréales et de protéagineux récoltés immatures (MCPI) prennent une place de plus en plus importante dans les élevages en recherche d'autonomie protéique et fourragère. Plusieurs études sont actuellement menées sur la valorisation de ces méteils par le cheptel laitier ou allaitant. En revanche, peu d'essais traitent de l'impact de l'introduction de MCPI dans les rations d'engraissement. Pour cela, deux essais ont été mis en place sur la Ferme Expérimentale des Bordes (36) en 2019 et 2020 afin de comparer différents niveaux d'introduction de méteils pour l'engraissement de jeunes bovins mâles (JB).

1. MATERIEL ET METHODES

Une parcelle de MCPI composée de 74 % de céréales (triticale et avoine), 24 % de protéagineux (pois fourrager et vesce commune) et 2 % de diverses a été enrubannée le 13 mai 2019. Le rendement de ce fourrage était de 5,5 tMS/ha à une teneur en matière sèche (MS) de 48,1 %. Le stade de récolte étant assez avancé, la qualité du MCPI a été moyenne (0,77 UFV, 69 g PDIN, 81 g PDIE).

Pour chacun des essais, 60 jeunes bovins ont été répartis en 3 lots dans un dispositif expérimental de type blocs complets équilibrés selon les critères suivants : poids vif (PV), âge, développement musculaire et squelettique, et note d'état corporel. Le 1er essai avait pour but de tester l'introduction de faibles quantités de MCPI (12 à 18 % de la MS ingérée) dans des rations à base de céréales sur des JB limousins. L'introduction de méteil a été augmentée (30 à 50% de la MS ingérée) lors du 2e essai dans les rations à base de céréales sur des JB charolais. Le lot témoin de ces deux essais a reçu une ration sèche (RS) composée de 40 % de blé, 30 % d'orge, 15 % de tourteau de colza et 15 % de paille. L'ensemble de ces rations mélangées ont été distribuées deux fois par jour.

Durant la période expérimentale (début d'essai - premier départ à l'abattoir), les JB ont été pesés tous les 28 jours. Les données d'ingestion ont été collectées par lot. Les animaux ont été engraissés jusqu'à 390 kg carcasse pour les limousins et 430 kg de carcasse pour les charolais. Les données d'abattage ont été fournies par l'abattoir.

2. RESULTATS

2.1. BILAN D'INGESTION

Conso. en kg MS/j/animal	Essai 1			Essai 2		
	RS	MCPI 12%	MCPI 18%	RS	MCPI 30%	MCPI 50%
Enrubannage MCPI		1,1	1,6		2,5	4,8
Paille	1,1	0,3		1,4		
Blé	4	3,8	3,4	4,9	4,2	2,8
Orge	2,6	2,6	2,3	3,3	2,5	1,8
Tourteau de colza	1,3	1,3	1,2	1,4	1,3	1,0
Ingestion totale	9,2	9,2	8,7	11,2	10,6	10,7
Teneur en énergie (UFV/kg MS)	0,98	1,00	1,01	0,99	1,00	0,93
Densité protéique (g PDIN/UFV)	98	100	100	93	97	97

Tableau 1 Bilan de consommation des jeunes bovins sur la période expérimentale. RS : ration sèche – MCPI : Mélange Céréales et Protéagineux récoltés Immatures. Données d'ingestion obtenues par lot.

Seule la ration contenant 50% de MCPI a une densité énergétique inférieure à 0.98 UFV/kg MS ingéré (tableau 1).

L'apport de MCPI dans une ration à base de céréales a permis de diminuer la quantité totale de concentrés consommés : -4 à -44 % de céréales et -3 à -28 % du tourteau de colza.

2.2. PERFORMANCES ZOOTECHNIQUES

Aucun effet sur les performances des animaux n'a été mesuré lorsque l'introduction de MCPI dans la ration est inférieure ou égale à 30 % de la MS (tableau 2). Seul le lot MCPI 50% a vu ses performances dégradées par rapport au lot témoin : augmentation de la durée d'engraissement de 21 jours *(P<0,05)* et tendance à la diminution de la croissance sur la période expérimentale de 186 g/j *(P=0,07)*. Ceci est cohérent avec la moindre densité énergétique de cette ration.

L'incorporation de MCPI dans les rations permet une diminution du coût alimentaire journalier par rapport à une ration sèche allant de 0,03 €/JB/j pour la ration MCPI 12% à 0,25 €/JB/j pour la ration MCPI 50%. L'économie totale sur le coût d'alimentation d'un JB est comprise entre 4 €/JB (MCPI 50%) et 24 €/JB (MCPI 18%).

	Essai 1				Essai 2			
	RS	MCPI 12%	MCPI 18%	Proba	RS	MCPI 30%	MCPI 50%	Proba
Effectif	19	19	19		20	18	18	
PV déb. essai (kg)	427	418	421	NS	488	481	483	NS
PV fin essai (kg)	543	539	542	NS	714	697	688	NS
Poids abattage	632	629	630	NS	747	741	750	NS
GMQ essai (g/j)	1598	1641	1644	NS	1799	1749	1613	t
GMQ production (g/j)	1640	1633	1658	NS	1776	1600	1723	NS
Durée d'engr. (j)	168	165	162	NS	179a	183ab	200b	*
Poids carcasse (kg)	392	388	390	NS	437	430	436	NS
Rendement (%)	61,7	61,8	61,8	NS	58,5	58,1	58,2	NS
Conformation *(U= : 14 ; R= : 11)*	13,9	13,9	14,1	NS	13,2	12,9	12,9	NS

Tableau 2 Performances zootechniques. RS : ration sèche – MCPI : Mélange Céréales et Protéagineux récoltés Immatures. Durée d'engr. : date moyenne d'abattage - date de début d'essai. * : P<0,05 ; t : P<0,10 ; NS : Non Significatif

3. DISCUSSION – CONCLUSION

L'incorporation d'un MCPI de qualité moyenne dans les rations des jeunes bovins n'a pas eu d'impact sur les performances zootechniques tant qu'il n'a pas dépassé 30 % de la MS ingérée. Au-delà, les performances ont été dégradées. L'introduction de MCPI dans les rations à base de céréales a en revanche toujours permis de diminuer l'utilisation de concentrés par rapport à une ration sèche et de réduire le coût alimentaire. Ces résultats sont concordants avec ceux constatés par Férard et al. (2014) en introduisant de l'herbe conservée dans des rations de JB.

Un MCPI de meilleure qualité (plus de protéagineux et récolte plus précoce) aurait toutefois été plus adapté pour l'engraissement de JB et aurait potentiellement permis des économies plus conséquentes en concentrés.

Les auteurs remercient l'ensemble des personnels de la Ferme Expérimentale des Bordes.

Ferard A., Couffignal M., Carel Y., Grolleau A., 2014. Renc. Rech. Ruminants, 2014, 21.

Quelle part le tourteau de soja importé représente-t-il dans la ration des vaches laitières en moyenne en France ?

Which share does imported soya meal represent in the average diet of dairy cows in France?

ROUILLE B. (1), JURQUET J. (2), BROCARD V. (1), BORE R. (2), HARDY D. (3).
(1) Institut de l'Elevage – Monvoisin, 35652 Le Rheu Cedex, France
(2) Institut de l'Elevage – 2 rue Georges Morel CS 60057, 49071 Beaucouzé cedex, France
(3) Institut de l'Elevage – 149 rue de Bercy, 75595 Paris cedex 12

INTRODUCTION

Les attentes sociétales sur l'alimentation animale sont de plus en plus nombreuses et peuvent, parfois, devenir des conditions d'accès au marché pour certaines productions. Par exemple, en production laitière bovine et malgré un niveau d'autonomie protéique de 70% en moyenne (Cap Protéines, 2021), des filières interdisant les organismes génétiquement modifiés (OGM) dans l'alimentation des vaches ont vu le jour. D'autres militent pour un arrêt du soja importé responsable de la déforestation transatlantique, notamment au Brésil. Malgré une baisse des importations de soja sous forme de tourteaux de 4,6 millions de tonnes en 2003 à 2,5 millions de tonnes en 2019 (Eurostat, 2022), la diminution de ces importations reste d'actualité pour des raisons environnementales, sociétales mais aussi économiques (Cap Protéines, 2021). Il convient donc de caractériser la place du soja importé dans la ration des vaches laitières en France.

1. MATERIEL ET METHODES

Pour réaliser le calcul de la part de tourteau de soja dans la ration des vaches laitières en France, plusieurs sources ont été utilisées :

- Les flux de matières premières en alimentation animale : quantité de soja importé pour la consommation des animaux d'élevage ainsi que la part qui est consommée par les bovins laitiers (GIS Avenir Elevages, site web),
- Une estimation de la répartition des consommations entre les vaches laitières et les autres animaux sur une ferme,
- L'effectif de vaches laitières en France en 2021 (Idele, 2022),
- L'ingestion moyenne d'une vache laitière en France, en brut (MB) et en matière sèche (MS) (Cniel, FCEL, Idele, 2019).

Les calculs sont proposés en brut et en matière sèche. Le taux de matière sèche du tourteau de soja est fixé à 89%. Plusieurs hypothèses ont été utilisées afin de fournir une fourchette fiable de résultats : hypothèse basse avec 60% du tourteau de soja importé consommé par les vaches laitières (Hb), hypothèse moyenne avec 80% (Hm) et hypothèse haute avec 100% (Hh).

Les résultats des calculs, selon Hb, Hm et Hh, sont disponibles dans le tableau 1. Sur les 3,44 millions de tonnes de tourteaux de soja importés en France, 1,23 millions de tonnes sont consommés par les bovins laitiers. On note que les vaches laitières consomment donc à elles seules entre 0,74 et 1,23 million de tonnes par an, soit 206 à 343 kg de tourteaux de soja importés par vache et par an. D'après l'Observatoire Cniel-FCEL-Idele, une vache consomme en moyenne 58 kg MB chaque jour. Cela correspond à une ingestion moyenne de 20,4 kg MS pour une ration à 35% MS en moyenne. La part de tourteaux de soja importé dans la ration d'une vache laitière est comprise entre 1,0 et 1,6% de la MB ou 2,5 à 4,1% de la MS.

CONCLUSION

Le tourteau de soja, qu'il soit importé ou non, présente un intérêt nutritionnel certain dans la ration des vaches laitières et plus largement des animaux d'élevage. Pour les vaches laitières, la ration est d'abord basée sur les fourrages avec principalement l'herbe sous toutes ses formes et le maïs ensilage. Les concentrés, dont les tourteaux de soja importés viennent donc compléter la ration. Ils représentent une faible part de la ration annuelle d'une vache laitière en France : de 1,0 à 1,6% en MB ou de 2,5 à 4,1% en MS selon l'hypothèse retenue.

Ces travaux ont bénéficié du soutien financier du projet Cap Protéines.

Cap Protéines. 2021. https://www.cap-proteines-elevage.fr/dossier/les-bovins-lait
Cniel, FCEL, Idele, 2019. Que trouve-t-on au menu des vaches laitières françaises. 4 pages.
Eurostat. 2022. https://ec.europa.eu/eurostat/data/database
GIS Elevages Demain, 2018. Flux de matières premières en alimentation animale https://www.flux-biomasse.fr/resultats/sankey_soja_animaux/France
Idele, 2022. Chiffres clés bovins 2021, édition 2022.

2. RESULTATS

En France	Unités	Hb	Hm	Hh
Consommation de tourteaux de soja	Millions de tonnes brutes	3,82	3,82	3,82
Dont tourteaux de soja importés	Millions de tonnes brutes	3,44	3,44	3,44
Part du tourteau de soja importé consommé par les bovins laitiers	%	35,7%	35,7%	35,7%
Consommation de tourteaux de soja importés par les bovins laitiers	Millions de tonnes brutes	1,23	1,23	1,23
Estimation de la part consommée par les vaches laitières	%	60%	80%	100%
Consommation de tourteaux de soja importés par les vaches laitières	Millions de tonnes brutes	0,74	0,98	1,23
Effectif vaches laitières	Millions de têtes	3,573	3,573	3,573
Consommation de tourteaux de soja importés par vache laitière	kg brut/VL	206	275	343
Consommation de tourteaux de soja importés par vache laitière et par jour	kg brut/VL/jour	0,565	0,753	0,941
Ingestion moyenne quotidienne d'une vache laitière	kg brut/VL/jour	58	58	58
Part de tourteaux de soja importés dans la ration d'une vache laitière	%	1,0%	1,3%	1,6%
Consommation de tourteaux de soja importés par vache laitière et par jour	kg matière sèche/VL/jour	0,503	0,670	0,838
Ingestion moyenne quotidienne d'une vache laitière	kg matière sèche/VL/jour	20,4	20,4	20,4
Part de tourteaux de soja importés dans la ration d'une vache laitière	%	2,5%	3,3%	4,1%

Tableau 1 : estimation de la part de tourteaux de soja importés dans la ration moyenne d'une vache laitière en France

Quels niveaux de compétition « feed/food » dans deux fermes expérimentales laitières en Bretagne et Normandie ?

What is the level of feed-food competition of two experimental farms in Brittany and Normandy?

ROUILLE B. (1), CLOËT E. (2), TRANVOIZ E. (2), LEPELTIER F. (3), MORIN L. (3).
(1) Institut de l'Elevage – Monvoisin, 35652 Le Rheu Cedex, France
(2) Chambres d'agriculture de Bretagne, rue Maurice Le Lannou - CS 74223, 35042 Rennes Cedex
(3) Ferme expérimentale La Blanche Maison, 50880 Pont-Hébert

INTRODUCTION

La production laitière sera socialement acceptable demain si elle respecte quatre piliers : l'économie, l'environnement, la valorisation du territoire et la non-compétition dans l'utilisation des ressources. L'efficience de conversion des aliments par les ruminants laitiers permet d'évaluer la compétition entre l'alimentation animale et l'alimentation humaine dans cette utilisation des ressources. Ainsi, la part consommable par l'homme dans les aliments consommés par les animaux et dans les produits animaux (lait et viande) est prise en compte dans cette approche. L'objectif du projet CASDAR ERADAL était de déterminer les efficiences énergétique et protéique pour les principales filières laitières en France, et de proposer des exemples concrets de calcul de ces indicateurs sur des systèmes expérimentaux.

1. MATERIEL ET METHODES

La méthodologie de calcul de l'efficience de conversion des végétaux consommés par les animaux, en produits animaux destinés à l'alimentation humaine a été détaillée et utilisée dans de récents travaux en France et à l'international (Laisse et al., 2018 ; Rouillé et al., 2020 ; Wilkinson, 2011). L'efficience brute est le rapport entre tous les produits animaux (lait et viande) consommables par l'homme et toutes les consommations de produits végétaux consommés par les animaux (fourrages et concentrés). L'efficience nette est ce même rapport mais en ne considérant que la fraction de l'alimentation animale consommable par l'homme. L'efficience nette semble plus adaptée pour évaluer la compétition « feed/food ». Par choix sémantique, le terme « consommable » se réfère toujours à l'alimentation humaine. Les données de quatre systèmes expérimentaux du réseau F@RM XP (Tableau 1) ont été mises à contribution pour réaliser les calculs d'efficience.

Site	Trévarez Bio	Trévarez Conv S1	Trévarez Conv S2	La Blanche Maison
Nb de vaches	57	59	65	90
Race	Croisées	Holstein	Holstein	Normande
% maïs/SFP	9	44	27	20
Surface de pâturage (ares/VL)	20 + 45	15	40	30
g conc brut /litre lait livré corrigé	145	143	124	184
Lait livré (l/VL présente/an)	4450	7551	7167	5918
Années étudiées	2015 à 2020	2014 à 2017	2014 à 2017	2018 à 2020

Tableau 1 : présentation des sites expérimentaux

2. RESULTATS

Le tableau 2 présente les résultats d'efficience des quatre systèmes étudiés sur plusieurs années.

A la ferme expérimentale de La Blanche Maison, les vaches normandes produisent environ 7000 l/VL, à 34,6 de TP et 42,2 de TB et 340 kg de carcasse en moyenne. Elles sont essentiellement amenées par l'herbe, du tourteau de colza et des coproduits. La variation de l'efficience protéique en 2019 est liée à l'utilisation pendant la moitié de l'année du tourteau de soja, dont le prix d'intérêt était à cette période passé au-dessous de celui du tourteau de colza. Le tourteau de soja entre à 60 % en compétition avec l'Homme alors que le tourteau de colza n'y entre pas. A Trévarez, en moyenne, les systèmes étudiés sont producteurs nets de protéines. Pour l'énergie, seuls les systèmes les plus herbagers sont producteurs nets d'énergie pour l'Homme. L'étude sur les 6 années du système bio montre très peu de variabilité dans les résultats, du fait de la part d'herbe qui représente 80 % de la ration des animaux. Sur les systèmes conventionnels, l'étude des années montre des variabilités importantes. La nature du correcteur azoté en explique une grande partie. Le tourteau de colza a été utilisé sur les années 2016-2017, ce qui amène de bien meilleures efficiences que sur les autres années.

Critères d'efficience	**Trévarez Bio**	**Trévarez conventionnel S1**		**Trévarez conventionnel S2**		**La Blanche Maison**		
Années	**2015 à 2020**	**2014/15**	**2016/17**	**2014/15**	**2016/17**	**2018**	**2019**	**2020**
Efficience énergétique brute	0,13 (+/- 0,00)	0,19	0,19	0,18	0,18	0,10	0,11	0,12
Efficience énergétique nette	*1,48* (+/- 0,06)	*0,87*	*0,83*	*1,13*	*1,07*	0,84	1,24	1,17
Efficience protéique brute	0,13 (+/- 0,00)	0,22	0,21	0,20	0,20	0,16	0,16	0,19
Efficience protéique nette	3,75 (+/- 0,72)	2,42	0,89	2,85	1,31	6,80	2,81	6,75

Tableau 2 : efficiences énergétiques et protéiques, brutes et nettes des trois systèmes étudiés

CONCLUSION

Les systèmes laitiers étudiés sont producteurs nets de protéines pour l'alimentation humaine, aussi bien en production conventionnelle que biologique. Ces résultats montrent de la variabilité en fonction de trois critères majeurs :

- La part d'herbe dans la ration des vaches laitières,
- La nature et le volume de concentrés consommés,
- Le niveau de production laitière.

Ces résultats sont en accord avec ceux de Rouillé et al. (2020) et viennent apporter des résultats plus proches des conditions de terrain, démontrant la variabilité inter-annuelle possible.

Le projet ERADAL a bénéficié du soutien financier du Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation sur contribution du compte spécial Développement Agricole et Rural.

Laisse S., Baumont R., Dusart L., Gaudré D., Rouillé B., Benoit M., Veysset P., Rémond D., Peyraud J.L., 2018. INRA Prod. Anim., 2018, 31 (3), 269-288
Rouillé B., Bienne F., Le Tiec M., Fança B., Jost J., Bluet B., Morin E., Laurent M., 2020. Renc. Rech. Rum., 25, 198-201
Wilkinson J. M. 2011. Animal, 5:7, 1014–1022

Pâturage hivernal : valeur de l'herbe et croissances de génisses laitières gestantes
Winter grazing : grass nutritive value and growth of pregnant dairy heifers

TROU G. (1), DUPERRET T. (1), IRIEN P. (2), Brocard V. (3), Cloet E. (1), Tranvoiz E. (1)
(1) Chambres d'agriculture de Bretagne - rue Maurice Le Lannou - CS 74223 - 35042 RENNES CEDEX - France
(2) IUT Génie Biologique – 12 rue de Kergoat -29 200 BREST
(3) Institut de l'Elevage, BP85225, 35652 Le Rheu Cdx

INTRODUCTION

L'autonomie alimentaire et notamment protéique des élevages laitiers peut être impactée par le changement climatique. L'évolution climatique offre déjà des hivers plus doux et une persistance de la croissance de l'herbe plus tard en automne voire en hiver dans les régions les plus océaniques (Climalait-zone Cilouest). Cette herbe, si elle est valorisée peut conforter l'autonomie des exploitations. Le pâturage hivernal a été étudié en production ovine ou bovins viande (Pottier et al. 2001, Notes et al. 2010). L'objectif de ce travail est d'apporter des références sur la valeur alimentaire de l'herbe d'automne/ hiver, et d'étudier sa valorisation par des génisses laitières.

1. MATERIEL ET METHODES

Un essai a été réalisé en 2021/2022 à la station expérimentale de Trévarez (29), située en zone de climat océanique, et comportant un troupeau en agriculture conventionnelle et un en agriculture biologique. Douze génisses gestantes Holstein du troupeau conventionnel ont été réparties en 2 lots homogènes (lot 1 et 2). Les parcelles attribuées à chacun des 2 lots étaient comparables et pâturées par ordre croissant de portance et d'herbe disponibles entre le 4/11 et le 9/02. Il s'agissait des parcelles pâturées du printemps à l'automne par les vaches laitières. Cinq génisses gestantes croisées Holstein/Normande/Jersiaise, du troupeau bio (lot 3) ont pâturé sur un autre site, entre le 2/12 et le 31/01, selon le même principe. Avant l'essai, les 3 lots pâturaient d'autres parcelles depuis le printemps et ont eu une croissance moyenne de 690 g/j. Pour tous les lots, le pâturage tournant a été conduit dans l'objectif d'une sortie à 4 cm (mesure herbomètre). Aucun apport de fourrage complémentaire n'a été réalisé. Un échantillon a été prélevé avant chaque entrée de paddocks pour les lots 2 et 3. Les ingestions d'herbe (MSIp) et les croissances (GMQp) **potentielles** des animaux ont été prédites à partir des capacités d'ingestion des génisses et des valeurs d'encombrement de l'herbe, selon les équations INRA 2018 (logiciel Ruminal®). Les ingestions **réelles** (MSIr) ont été estimées à partir des croissances **réalisées** (GMQr), les animaux ayant été pesés en début et fin d'essai. L'objectif de GMQ est défini selon le poids visé à 24 mois (635 kg en Holstein, 550 kg pour les croisées).

2. RESULTATS ET DISCUSSION

Pendant l'essai, la pluviométrie a été de 238 mm et les températures moyennes de 7 °C dont 7 j de gel. La teneur en matières azotées totales (tableau 1) est élevée (>16% pour toutes les parcelles). D'après les équations INRA 2018, la MSIp est de 10,9 et 9,8 kg MS / j /génisse pour les lots 2 et 3, avec des GMQp de 1200 g/j. Or les GMQr des 3 lots sont inférieurs aux GMQp mais conformes aux objectifs (tableau 2). Selon les GMQr, les MSIr seraient de 9,1kg MS (-17% par rapport à MSIp) pour le lot 2 et 7,2 kg MS /j/génisse (-26%) pour le lot 3, soit une valorisation de l'herbe estimée à 469 kg MS /ha (lot 2) et 525 kg MS/ha (lot 3), pour respectivement 3 et 2 mois de pâturage. Les besoins d'entretien peuvent aussi être accrus par l'hivernage extérieur comme indiqué pour des vaches allaitantes (Inra 1988).

/ kg MS	Lot 2 conventionnel	Lot 3 bio
% de légumineuses	3±18	4,5%±10
% MS	13±2	15±2
% CB	26±4,5	24±5
% MAT	**21±2**	20±4,2
DMO Inra 2018	71±4,8	71±4,6
UFL Inra 2018 UFV Inra	**0,90±0,1** 0,84±0,1	**0,90±0,1** 0,80±0,1
PDI g/kg MS	**101±6,5**	**93±11**
BPR / kg MS	**68±16**	**54±32**
UEB UEL	**0,98±0,06** 0,99±0,04	**1,0±0,1** 1,0±0,0

Tableau 1 Analyses d'herbe : résultats médians (±écart type)

CONCLUSION

Les valeurs alimentaires de l'herbe en hiver en font un fourrage digne d'intérêt. En 2021/2022, avec une météo assez favorable, le pâturage réalisé selon les modalités présentées n'a pas présenté de difficultés particulières apparentes pour les animaux ou les parcelles. Toutefois les raisons des croissances des génisses plus faibles que celles prédites doivent être approfondies. Le piétinement, la croissance de l'herbe, l'évolution de la flore, l'impact sur la pousse de l'herbe au printemps suivant, et la répétabilité des résultats sur plusieurs hivers et plus d'effectifs, seront également étudiés et comparés à des parcelles similaires non pâturées en hiver.

Cette étude a bénéficié du financement du plan de relance du gouvernement français dans le cadre du projet Cap Protein.

Inra, 1988, Alimentation des bovins, ovins, caprins, Editions Inra
Inra, 2018. Alimentation des ruminants, Editions Quae, France, 728p.
Note P. Et al., 2010. Renc. Rech. Ruminants, 17, 62
Pottier E. et al. , 2001. Fourrages- 167, 287-310r

	Lot 1 _ conventionnel	Lot 2_ conventionnel	Lot 3_ Bio
Poids moyen en début d'essai (kg) (écart type)	**492±52**	**488±49**	**460±48**
Age (mois) en début d'essai (Min-max)	**19 (17 à 20)**	**19 (17 à 20)**	**20 (18 à 21)**
Stade de gestation (mois) en début d'essai	4,0	4,1	4,8
Nb de paddocks	12	9	4
Taille moyenne des paddocks (ha)	1,3 (1 à 1,5)	1,3 (1 à 1,5)	0.96 (0,9 à 1)
Temps de séjour moyen / paddocks (j) (Min-max)	8,2 (2 à 17)	10,8 (5 à 17)	15 (10 à 20)
Chargement instantané moyen (UGB/ha)	2,9 (2,4 à 3,3)	**2,9 (2,4 à 3,6)**	2,8 (2,5 à 3,3)
Moyenne instantanée de Poids vifs (kg) / ha	2 656	2 626	2 223
Poids moyen en fin d'essai (kg)	**591±60**	**576 ±47**	**497±59**
GMQ réalisé (GMQr) moyen (g/j)	**1019**±197	**907**±132	**663**±132
GMQ Objectif (g/j) d'après poids visé à 24 mois	850-950	850-950	600-700

Tableau 2 Caractéristiques moyennes des lots de génisses, des parcelles et résultats de croissance sur l'hiver 2021/2022

Etude de la dégradabilité ruminale de l'amidon et des protéines du maïs épi ensilé
Study of starch and protein ruminal degradability of corn snaplage

CHAUVEAU H. (1), HODE D. (1), BOISNEAU A. (1), PIRAUBE E. (2)
(1) ARVALIS-Institut du Végétal, Station expérimentale de la Jaillière, F-44370 Loireauxence
(2) GERM-SERVICES, 23 chemin de Pau, F-64121 Montardon

INTRODUCTION

La valeur nutritive de l'ensilage de maïs épi a été peu étudiée, en particulier la cinétique de dégradation de cet aliment dans le rumen ainsi que sa variabilité présumée liée à divers facteurs : stade de maturité, part de grains dans l'épi, génétique, conditions pédoclimatiques et durée de conservation. INRAE propose une référence pour cet aliment dans les tables (INRA 2018). Un essai a donc été mis en place sur la station expérimentale ARVALIS Institut du végétal de la Jaillière afin d'acquérir des références sur la cinétique de dégradation de la matière sèche (MS) et ses composantes (amidon, protéines) du maïs épi ensilé.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1 BASE DE DONNEES DE COMPOSITION

Une base de données de 408 analyses de composition chimique de maïs épi ensilé issues de mesures réalisées par le laboratoire Germ-Services et Arvalis entre 2010 et 2021 a été analysée en comparaison du référentiel INRAE.

1.2 L'ESSAI IN SACCO

Des prélèvements de maïs épi ont été réalisés à la récolte sur 5 parcelles en 2019 et en 2020. Les échantillons ont été conservés par ensilage en bocaux durant 60 et 180 jours.
Un essai sur animaux a été mené sur la station de la Jaillière. La dégradabilité ruminale de la MS, de l'amidon et de la MAT a été mesurée selon la méthode des sachets de nylon pour 7 temps d'incubation dans le rumen (0, 2, 4, 8, 24, 48 et 72 h) avec 6 répétitions (3 vaches ; 2 séries). La dégradabilité théorique de la MS (DT_6_MS), de l'amidon (DT_6_AMI) et de l'azote (DT_6_N) a été calculée par la méthode pas à pas pour un taux de sortie du rumen de 6 %.h^{-1}. La dMO a été estimée à partir de la dMO *in sacco* prédite avec les paramètres ajustés sur maïs fourrage (Férard *et al*., 2014).
L'effet de la conservation sur la dégradabilité a été analysé avec une ANOVA contenant les effets année de récolte et durée de conservation. La valeur nutritive a ensuite été calculée à partir des équations INRA 2018 avec les paramètres mesurés *in sacco*.

2. RESULTATS

2.1 COMPOSITION CHIMIQUE DU MAÏS EPI

Les teneurs en MS et en amidon observées dans la base de données sont supérieures au référentiel INRAE, et les teneurs en fibres inférieures. Ceci suggère que les pratiques de récolte sont plus tardives et/ou que le ratio grains/épi est plus élevé dans les élevages (Tableau 1).

	Moyenne	Ecart-type	INRA 18
Teneur MS (%)	58,9	6,2	53,0
Cendres (g/kg MS)	20	9	19
Amidon (g/kg MS)	575	62	560
MAT (g/kg MS)	79	8	83
NDF (g/kg MS)	219	38	318
ADF (g/kg MS)	98	27	104
CB (g/kg MS)	78	21	90
DCS (%)	86,2	4,3	

Tableau 1 : Composition chimique du maïs épi (n=408 analyses)

2.2 DEGRADABILITE RUMINALE DU MAÏS EPI

La composition chimique des échantillons de maïs épi a été distincte entre les 2 années (2019 : 47,9 % amidon, 27,5 % NDF, 8,9 % MAT ; 2020 : 54,9 % amidon, 23,0 % NDF, 7,4 % MAT). Un effet significatif du cru de maïs épi a été observé sur l'ensemble des critères mesurés ou calculés dans le tableau 2. La maturité du grain plus avancée et la plus faible teneur en grains en 2019 par rapport à 2020 a significativement diminué la dégradabilité de la MS de 14,8 pts (*P<0,001*). Celle de l'amidon a été diminuée de 13,6 pts (*P<0,001*) et celle de l'azote de 11,6 pts (*P<0,001*). Le plus faible ratio grain/épi en 2019 a pénalisé la teneur en énergie de 0,13 UFL/kg MS (*P<0,001*).
Entre la récolte et 60 jours de conservation par ensilage (n=3 comparaisons), la dégradabilité de la MS a augmenté de 13,2 pts (*P<0,01*), celle de l'amidon de 17,8 pts (*P<0,01*) et celle de l'azote de 27,0 pts (*P<0,001*).
Entre 60 et 180 jours de conservation par ensilage (n=5 comparaisons), la dégradabilité de la MS a augmenté de 7,1 pts (*P<0,01*), celle de l'amidon de 10,2 pts (*P<0,01*) et celle de l'azote de 9,4 pts (*P<0,01*). L'augmentation de la DT_6_AMI de 0,085 pt par jour de conservation est supérieure à celle observée sur maïs plante entière (Férard et al., 2016). Bien que la MS soit plus rapidement dégradable après 180 jours de conservation, la valeur énergétique du maïs épi ne semble pas modifiée entre 60 et 180 jours de conservation.

Durée de conservation	60 j (n=5)	180 j (n=5)	Pv(durée)	ETR
Dég. MS 4h (%)	48,0	57,2	*	4,4
Dég. MS 48h (%)	85,0	85,9	NS	1,1
DT_6_MS (%)	58,4	65,5	**	3,1
DT_6_AMI (%)	72,4	82,6	**	3,4
DT_6_N (%)	68,5	77,9	**	2,9
dMO in sacco (%)	76,2	77,1	NS	1,1
MOF (g/kg MS)	554	589	*	20
UFL (/kg MS)	1,04	1,05	NS	0,02
PDI (g/kg MS)	72	68	**	1
BPR (g/kg MS)	-38	-34	NS	4

Tableau 2 : Dégradabilité ruminale et valeur nutritive du maïs épi

3. DISCUSSION – CONCLUSION

Cette étude a mis en avant la forte variabilité de composition chimique et de valeur nutritive du maïs épi ensilé malgré le nombre restreint de modalités testées. Les conditions pédoclimatiques, le stade de maturité du grain et la durée de conservation semblent avoir un impact significatif sur la cinétique de dégradation de la MS, de l'amidon et de l'azote. La faible dégradabilité de l'amidon constatée sur des maïs épi récoltés à des stades tardifs confirme la nécessité d'appliquer un éclatement intense (rouleaux éclateurs en bon état et serrés au maximum) sur les grains, dont la proportion d'amidon vitreux est généralement très élevée. La forte augmentation de la MS rapidement dégradable avec la durée de conservation implique de le prendre en compte pour le rationnement des ruminants, à l'instar du maïs fourrage plante entière. Des essais complémentaires seront nécessaires afin de préciser ces effets et d'explorer l'impact du type de grain sur les paramètres de dégradabilité, puis proposer une prédiction de valeur nutritive pour cet aliment.

Les auteurs remercient le personnel de la Jaillière ayant contribué à l'essai.

Férard et al., 2014. Actes Journées AFPF, 156-157
Férard A. et al., 2016. 17th ICFC, 157-158.
INRA, 2018. Ed. Quae, 728

Utilisation de graines de soja toastées dans les rations pour vaches laitières
Used of toasted soybean in feed of dairy cows

CHAPUIS D. (1), BERCHOUX A. (2), BORE R. (2), MEURISSE S. (2), GUILLIER M. (3), DEMARBAIX A. (1)
(1) Chambre d'agriculture de Saône-et-Loire - Gué de Nifette, 71150 Fontaines
(2) Institut de l'Elevage – 149 rue de Bercy 75012 Paris
(3) Chambre d'agriculture Grand Est - route de Suippes 51000 Chalons en Champagne

INTRODUCTION

En zone de polyculture élevage, l'alimentation des vaches laitières est très souvent basée sur l'ensilage de maïs, riche en énergie mais nécessitant une correction azotée significative. La valorisation de graines d'oléo protéagineux autoproduites ou françaises peut être une alternative aux tourteaux de soja importés. Or, ces graines peuvent nécessiter un traitement thermique, le toastage par exemple, pour réduire les facteurs antinutritionnels et l'excès d'azote soluble (Kaysi et Melcion, 1992). Dans ce contexte, trois essais ont été réalisés entre 2019 et 2022 sur trois fermes de lycées agricoles où l'effet de l'incorporation de graines de soja toastées broyées (GST) dans la ration de vaches laitières (VL) a été évalué.

1. MATERIEL ET METHODES

Essai 1 (**Soja)** au lycée agricole de la Barotte (21) en 2019 avec introduction de 2,6 kg brut/VL/jour de GST en substitution totale au tourteau de soja 48 (TS). 40 VL étaient en essai. **Essai 2 (Colza1)** au lycée agricole de Rethel (08) en 2021 avec introduction de 1,1 kg brut/VL/jour GST en substitution partielle au tourteau de colza (TC). 52 VL étaient en essai. **Essai 3 (Colza2)** au lycée agricole de Fontaines (71) en 2022 avec introduction 3 kg brut/VL/jour de GST en substitution totale au TC. 50 VL étaient en essai. Pour les trois essais, les VL ont été réparties en deux lots homogènes (témoin (T) et expérimental (E)) avec appariement sur critères de date de vêlage, de production laitière, de taux, rang de lactation et de race. Le dispositif incluait 9 à 10 semaines d'essai et 2 semaines pré-expérimentales qui servaient de covariable. La production laitière, les taux butyreux (TB) et protéique (TP), l'urée et le taux cellulaire ont été mesurés chaque semaine et l'ingestion par lot quotidiennement..

	Soja		**Colza1**		**Colza2**	
%	**T**	**E**	**T**	**E**	**T**	**E**
EM	37	34	22	23	48	50
EH/ETr	0/14	0/13	/	/	22	23
F/Fluz	7/13	7/12	8/8	8/8	8	6
Bett	/	/	9	9	/	/
Copr	/	/	34	34	/	/
TS/TC	7/0	/	0/11	0/5	0/14	0/0
GST	/	11	/	5	/	14
CEner	14	14	/	/	7	8
VL18	7	8	7	7	/	/
CMV	1	1	1	1	1	1
MG	1,2	3,4	2,5	3,3	2,0	4,4
IC	23,0	23,6	20,7	20,3	22,1	22,2

Tableau 1 : composition des rations en pourcentage de matière sèche
*EM : ensilage de maïs, F : foin de prairies, FLuz : foin de luzerne, ETr : enrubannage de trèfle, EH : ensilage d'herbe CEner : concentré énergétique, VL18 : aliment de production, TS : tourteau soja, TC : tourteau colza, Bett : betterave fourragère, Copr : mélanges de coproduits, MG : matière grasse, IC : ingestion constatée (kg MS)

2. RESULTATS

Ecart	Soja	Colza1	Colza2
	E-T	E-T	E-T
LAIT (kg)	+2,3^{b}	-0.9	+3,0^{c}
TB (g/kg)	-1,6^{b}	-0.9	-1,9^{c}
TP (g/kg)	-1,3^{a}	-1.9^{c}	-3,3^{c}

Tableau 2 : Résultats techniques des 3 essais
a : Pvalue<0,05 ; b : Pvalue<0,01 ;c : Pvalue<0,001

Avec une substitution totale, la production laitière est significativement supérieure et le TB est significativement inférieur. Dans l'essai colza1, l'apport de 1,1 kg ne suffit pas à maintenir la production. La baisse de TP est significative pour les trois essais et la baisse est d'autant plus marqué lorsque les graines de soja se substitue totalement tourteau de colza. Cette baisse est proportionnelle à la quantité de GST distribuée. Economiquement, en fonction des essais et du contexte annuel, le surcout de ration varie entre 3 et 11 €/1000L. La marge alimentaire (MA) baisse de 25 € à 8 € / 1000L en intégrant la baisse du prix du lait.
Les deux lots ont gagné respectivement 0.25 points de notes d'état corporel (NEC) sur la durée de l'essai.

3. DISCUSSION

Le gain de production des essais 1 et 3 s'explique par l'apport de matière grasse supplémentaire (Legarto et Beaumont, 2006). La quantité de matière produite étant identique, la baisse du TB se fait par dilution. Malgré une concentration en UFL plus élevée dans les lots expérimentaux, la baisse du TP peut être expliquée par le déficit en méthionine de la graine de soja par rapport au colza (- 13 % d'apport dans l'essai 3), (Jurquet et al., 2019). Par ailleurs, l'analyse des acides aminés (aa) n'a pas démontré un effet du toastage sur la composition en aa et sur le rapport Lysdi/Metdi. La valorisation du TB et du TP permet un prix de vente plus important pour les lots témoins. La MA est donc impactée malgré une production plus importante. Le coût du toastage (55 €/T) et de l'aplatissage (20 €/T) impactent également le coût de ration.

CONCLUSION

Dans les conditions de ces 3 essais, la substitution du tourteau par les GST est techniquement réalisable. La limite se trouve néanmoins dans la diminution des taux, bien valorisées dans certaines filières. On retrouve un intérêt économique lorsque l'écart entre le prix d'achat du tourteau et celui de la graine de soja est important (filières Non-OGM, France, Bio). Une substitution même partielle contribue à plus d'autonomie protéique.

Remerciements aux équipes des Lycées, à DATA'STAT d'IDELE, aux partenaires et financeurs des projets.

Jurquet,J. et al., 2019. Effet du toastage de graines protéagineuses sur les performances de vaches laitières.
Kaysi, Y. and Melcion, J-P. 1992. INRA Prod. Anim., 5, pp. 3-17.
Legarto, J.et Beaumont, B.2006. Détermination des seuils d'incorporation de la graine de soja crue dans l'alimentation des vaches laitières.

Effet du toastage de graines de soja sur les performances laitières de vaches laitières
Effect of toasted soybean on dairy cows milk performances

BERCHOUX A. (1), DUVAL M. (1), GUILLIER M. (3), HERMANT E. (4), LEGRIS M. (1), JOUFFROY M. (1)
(1) Institut de l'Elevage – 149 rue de bercy, 75012 Paris
(3) Chambre d'agriculture Grand Est - route de Suippes 51000 Chalons en Champagne
(4) Lycée agricole de Rethel – route de Novion 08300 Rethel

INTRODUCTION

La fluctuation du cours des matières premières et le développement de démarches de différenciation amènent les éleveurs à revoir leurs stratégies d'approvisionnement en protéines et à accroître leur autonomie protéique pour nourrir les animaux. Le recours à des protéagineux peut être une alternative au tourteau de soja importé. Or, ces graines se caractérisent par une dégradabilité ruminale de l'azote élevée et présentent une dégradabilité théorique de l'azote comprise entre 80 et 85 % (Poncet et al., 2003). La protection des protéines par le recours à un traitement thermique permettrait de réduire la vitesse de dégradation de l'azote et ainsi d'accroître la part de protéines digestibles dans l'intestin (PDI) par l'augmentation de la part de protéines digestibles d'origine alimentaire (PDIA) (Akbarian et al., 2014). Plusieurs procédés thermiques se développent dont le toastage à la ferme qui a été testé sur les vaches laitières de la ferme du lycée agricole de Rethel (08) dans le cadre du projet GO PEI ARPEEGE.

1. MATERIELS ET METHODES

Les graines de soja, produites dans les Ardennes, ont été toastées entières par un toasteur mobile à la ferme. Les graines ont été broyées et introduites dans la ration de vaches laitières au cours d'un essai conduit en début d'année 2022. Les vaches laitières étaient réparties en deux lots (lot témoin (T) et lot expérimental (E)) en blocs complets et équilibrés. Le dispositif débutait par une période pré-expérimentale de deux semaines, suivie d'une période expérimentale de dix semaines. La ration témoin était composée de 45 % d'ensilage de maïs, 18 % d'ensilage d'herbe, 11 % de betteraves fourragères, 11 % de tourteau de colza, 8 % de graines de soja crues, 6 % de VL23, 0,9 % de CMV et 0,1 % d'urée sur la matière sèche. La ration expérimentale substituait les graines de soja crues par la même proportion de graines de soja toastées. La dégradabilité enzymatique 1 heure (DE1) est une méthode d'évaluation de la quantité d'azote dégradée dans le rumen au bout d'une heure par rapport à la quantité d'azote initiale. Elle a été analysée sur les graines de soja crues et toastées par le laboratoire Agronomique Normand. Pour chaque vache laitière, la production laitière (LB), les taux protéiques (TP) et butyreux (TB) et le taux d'urée ont été mesurées chaque semaine. Les notes d'état corporel (NEC) ont été évaluées en début et fin d'essai. L'ingestion par lot a été mesurée quotidiennement. Une analyse de la covariance sur les données moyennes de la période expérimentale, avec covariable à partir de la période pré-expérimentale, a été réalisée à partir du logiciel R (R Core Team, 2020).

2. RESULTATS

2.1. UNE REDUCTION DE LA DEDGRADABILITE ENZYMATIQUE AVEC LE TOASTAGE

Les graines de soja toastées ont une DE1 de 32 % contre 83 % pour les graines de soja crues. Les valeurs calculées en balance protéique du rumen (BPR), PDI et PDIA ont évolué respectivement de – 64 g/kg MS (- 23 %), + 48 g/kgMS (+ 49 %) et + 51 g/kg MS (+ 123 %)

2.2. UNE AUGMENTATION DE LA SYNTHESE DE MATIERE PROTEIQUE NON REPERCUTEE SUR LE TP

Le procédé testé n'a pas eu d'effet significatif sur LB et TB. La quantité de matière protéique (MP) du lot E a augmenté de 19,0 g/j et cette différence a été significativement supérieure à celle du lot T (P<0,05). Cette augmentation ne s'est pas répercutée sur le TP, qui n'a pas différé selon le lot. Le taux d'urée du lait ainsi que la note d'état corporel des animaux n'ont pas varié selon le traitement. L'ingestion moyenne sur la période d'essai est restée similaire entre les 2 lots, de l'ordre de 18,3 kg de MS/j.

3. DISCUSSION

Selon le système d'alimentation INRA 2007, le toastage a permis une hausse des apports théoriques en PDIE de la ration du lot E de 109 g/j par rapport à la ration du lot T. Avec une efficience marginale des PDI estimée à 20 % (Brun-Lafleur, 2010), la réponse attendue sur la production de MP est de + 21,8 g/j. Cela est cohérent avec les observations faites dans cet essai et avec la quantité de MP attendue calculée par le système d'alimentation INRA 2018. Cette hausse de MP ne suffit toutefois pas à faire évoluer le TP, ce qui est en accord avec les résultats obtenus par d'autres auteurs (Mogensen et al., 2008). Avec un prix du lait payé identique entre les 2 lots, le coût alimentaire supérieur de 4,1 €/1000 L pour le lot E, conduit à une marge alimentaire inférieure pour le lot E.

CONCLUSION

Bien que le toastage améliore la valeur nutritive des graines de soja en réduisant la dégradabilité de l'azote dans le rumen, cet essai n'a pas démontré d'effet de ce procédé sur la production laitière et les taux de matière utile (TB et TP). La faible efficience marginale des PDI pour des rations dont le rapport PDI/UFL est équilibré peut expliquer cette absence d'effet. L'intérêt technico-économique du toastage dans cet essai n'a pas été démontré.

Merci au lycée de Rethel, aux partenaires techniques et financiers (FEADER et Conseil Régional Grand Est) du projet ARPEEGE.

Akbarian A. et al, 2014. Liv. Sci. 168, 45-22
Brun-Lafleur L. et al, 2010. J. Dairy Sci. 93:4128–4143
Mogensen L. et al., 2008. Liv. Sci. 115, 249-257
Poncet C., Rémond D., Lepage E., Doreau M., 2003. Fourrages, 205-229
R Core Team, 2020. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

	Témoin (T)	Différence E-T
Effectifs	2 x 25	
Ingestion (kg MS/VL/j)	18,3	+0,1
Lait brut (kg)	20,6	+ 0,6 (NS)
Taux butyreux (g/kg)	45,4	+ 0,7 (NS)
Taux protéique (g/kg)	35	+ 0,4 (NS)
Matières protéiques (g)	709	+ 19 (S)
Taux d'urée (mg/kg)	166	+ 4
Note d'état corporel (NEC)	2,5	- 0,1

Tableau 1 : Effet du toastage des graines de soja sur les performances des vaches laitières / (NS) : non significatif ; (S) : significatif (P<0,05).

Méthodes et référentiels partagés pour calculer l'autonomie protéique des élevages herbivores

Shared methods and references to calculate protein autonomy of herbivore breedings

JOUFFROY M. (1), LIOY R. (2), ECHEVARRIA L. (1), REDING E. (4), BATTHEU C. (5), BERCHOUX A. (1)
(1) Institut de l'Élevage (Idele), Laxou et Lyon, France
(2) CONVIS s.c., Ettelbruck, Luxembourg
(3) Association Wallonne des Éleveurs (AWE), Ciney, Belgique
(4) Centre Wallon de Recherches Agronomiques, Libramont, Belgique

INTRODUCTION

L'autonomie protéique correspond à la proportion de protéines issues des fourrages et concentrés consommées par les animaux de l'exploitation et qui sont produites sur la ferme (Rouillé B. et al., 2014). Le projet Interreg VA AUTOPROT vise à améliorer la compétitivité des exploitations laitières de la Grande Région en augmentant leur autonomie protéique. Pour cela, les principes méthodologiques de calcul de l'autonomie protéique des partenaires ont été examinés. Deux approches spécifiques ont été comparées, l'une basée sur les besoins en matière azotée totale (MAT), l'autre sur l'ingestion du troupeau.

1.MATERIEL ET METHODES

Au total, 217 fermes ont été suivies dans le cadre du projet et leur autonomie protéique a été évaluée suivant les deux méthodes étudiées et décrites ci-dessous.

1.1 APPROCHE PAR L'INGESTION DU TROUPEAU

Cette première méthode, utilisée par Idele, évalue l'autonomie protéique en comptabilisant les aliments (fourrages et concentrés) produits sur l'exploitation par rapport à la totalité des aliments ingérés par les animaux (Rouillé B. et al., 2014). Elle se décline à l'échelle de l'exploitation ou de l'atelier.

$$\text{Autonomie protéique (\%)} = \frac{\text{Aliments consommés et produits sur l'exploitation (g MAT)}}{\text{Aliments consommés par les animaux de l'exploitation (g MAT)}}$$

Premièrement, la matière sèche totale ingérée (MSI) en fourrages pour l'ensemble du troupeau est estimée suivant la production laitière, le poids vif, la quantité de concentrés ingérés, la valeur UFL des fourrages (Idele, 2010). A cette donnée est déduite la MSI en fourrages conservés en prenant en compte les variations de stocks, les achats, récoltes et vente. Par différence, la MSI en herbe pâturée ingérée est obtenue. Ensuite, par type d'aliment concentré, la quantité brute consommée est calculée suivant la même méthode que les fourrages conservés. La quantité de matière sèche en fourrages et concentrés ingérée par les animaux est ensuite convertie en MAT (g/kg) suivant les tables INRA 2018. L'autonomie peut être ainsi calculée par le rapport entre les aliments ingérés et produits sur l'exploitation et l'ensemble des aliments ingérés.

1.2. APPROCHE PAR LES BESOINS DU TROUPEAU

La deuxième méthode, utilisée par l'AWE et la Convis, évalue l'autonomie en calculant les besoins en protéines des animaux desquels sont déduites les protéines issues des aliments achetés (Lioy R. et al., 2020). Les données utilisées s'expriment en grammes de matière azotée digestible (gMAD).

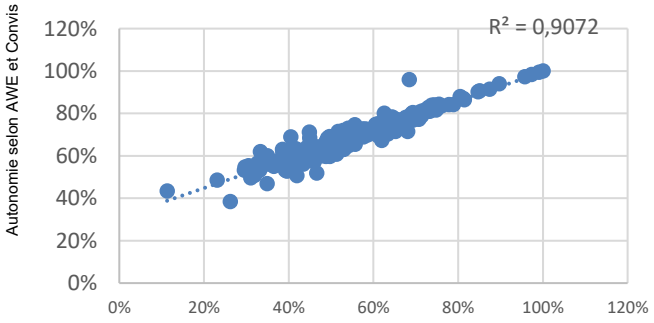
$$\textit{Autonomie en protéines (\%)} = \frac{\overbrace{(\textit{Besoins d'entretien} + \textit{besoin de production})}^{\text{Valorisation de la protéine de la ferme}} - \textit{Achats d'aliments}}{(\textit{Besoins d'entretien} + \textit{besoin de production})} \times 100$$

Premièrement, les besoins d'entretien journaliers sont définis en fonction du poids et de la catégorie de l'animal à partir d'abaques (Flachowsky et al., 2001). Les besoins de production sont calculés sur la base des produits lait et viande sortant de l'exploitation. Ensuite, les quantités d'aliments achetés sont issues de la comptabilité. La quantité de protéines achetées est calculée pour chaque aliment en multipliant sa teneur en azote par la quantité de matière sèche distribuée au cours de l'année. Les contributions de chaque aliment sont ensuite sommées en appliquant le facteur 6,25 pour passer de l'azote à la protéine.

2.RESULTATS ET DISCUSSION

L'approche de l'autonomie selon Idele mesure la protéine réellement produite sur la ferme. Elle met en évidence la capacité de l'exploitation à produire ses propres protéines. Or, elle est exigeante en quantité de données à collecter sur les exploitations. La méthode utilisée par AWE et CONVIS donne une estimation de la valorisation des protéines par les animaux au cours du processus de production. Elle nécessite un suivi allégé des exploitations car elle mobilise uniquement les données comptables. Sa limite réside dans le fait qu'elle considère qu'il n'existe aucune perte sur les aliments achetés. Les résultats du calcul de l'autonomie en protéines obtenus avec les deux méthodes montrent un fort degré de corrélation (R^2=0,91, cf. fig. 1). La différence entre les deux méthodes de calcul permet d'estimer la différence entre l'ingestion et les besoins en MAT, soit les protéines qui ne seraient pas valorisées par le troupeau. Elles sont donc potentiellement perdues ou gaspillées (Battheu et al., 2021). Cet excédent de protéines a été estimé à 30 % +/- 6 % pour les exploitations conventionnelles et à 39 % +/- 5 % pour les fermes conduites en agriculture biologique. Néanmoins, ces chiffres varient suivant les systèmes de production.

Figure 1 Corrélation entre les deux approches de l'autonomie



CONCLUSION

Les méthodes existantes permettent de calculer l'autonomie protéique à différentes échelles (atelier ou exploitation) suivant les données disponibles et la régularité du suivi de l'exploitation. Le calcul de l'excédent de protéines dans la ration sur la base d'une combination des deux méthodes peut être une méthode pertinente pour sensibiliser les éleveurs à une utilisation plus efficiente des protéines présentes sur leur exploitation.

Les auteurs remercient les organismes, éleveurs partenaires du projet AUTOPROT et les financeurs qui ont permis d'obtenir les présents résultats.

Battheu C., Lioy R., Reding E., Echevarria L., Berchoux A., Hennart S., Mathot M., Decruyenaere V., Stilmant D. 2021, EAAP.
Flachowsky G., Jeroch H., Kirchgeßner M., Pallauf J., Pfeffer E., Schulz E., Staudacher W. 2001, DLG-Verlag.
Institut de l'élevage. 2020. 262pp.
Lioy R., Berchoux A., Hoffmann M., Reding E., Battheu C. 2020. Disponible sur : https://www.autoprot.eu/.
Rouillé B., Devun J., Brunschwig P. 2014, OCL

Augmentation de la production laitière et du taux protéique du lait de vaches supplémentées en méthionine rumino-protégée

Greater milk yield and protein content of milk from cows supplemented with rumen protected methionine

CADUDAL B. (1), GUYADER J. (2), LEPOUDERE M. (3), HOARAU M. (3), PARYS C. (2), BAUER L. (2)
(1) ASC Synergy, Rostevel, 56400 Brech, France
(2) Evonik Operations GmbH, Rodenbacher Chaussee 4, 63457 Hanau, Allemagne
(3) Evonik Operations GmbH, 2 rue au Duc, 35000 Rennes, France

INTRODUCTION

La méthionine (Met) est considérée comme le premier acide aminé limitant dans la majorité des rations de vaches laitières. En effet, la faible concentration en Met des protéines microbiennes couplée à la faible teneur en Met des protéines végétales communément utilisées en élevage entraine une déficience métabolique de cet acide aminé essentiel pour la synthèse protéique et la production d'antioxydants. Par conséquent, une supplémentation en Met métabolisable permet dans la majorité des cas de soutenir les performances laitières des vaches hautes productrices. Patton (2010) a d'ailleurs démontré par une méta-analyse d'essais publiés les effets bénéfiques de l'apport de méthionine rumino-protégée sur la production laitière et le taux protéique. L'objectif de la présente étude était de confirmer ces effets dans deux élevages commerciaux.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. DESCRIPTION DES ELEVAGES ET RATIONS

Les essais ont été conduits en France dans deux élevages situés dans le département de La Somme (Essai 1) et du Morbihan (Essai 2). Au cours de l'essai 1, deux groupes de 22 vaches Holstein multipares (84 jours de lactation et 40,7 kg de lait en début d'essai) ont reçu pendant 3 mois une ration à base d'ensilage de maïs (59% fourrage et 15,6% de protéines dans la MS) seule ou supplémentée avec 16 g de Mepron® (Evonik, méthionine rumino-protégée contenant 85% DL-méthionine). Pour l'essai 2, 58 vaches Holstein multipares (118 jours de lactation et 33,3 kg de lait en début d'essai) ont reçu pendant 3,5 mois une ration à base d'ensilage de maïs (75% fourrage et 15,1% de protéines dans la MS) supplémentée avec 16 g de Mepron®.

1.2. MESURES ET ANALYSE DES DONNEES

Dans les deux élevages, la production laitière individuelle des vaches ainsi que les taux butyreux et protéiques ont été mesurés mensuellement par le Contrôle Laitier.
Pour l'essai 1, les résultats laitiers mesurés la semaine précédant le début de la supplémentation ont été utilisés comme covariable dans le modèle statistique (R, version 3.6.1). Un modèle linéaire mixte incluant le traitement, le mois et leur interaction en effets fixes a été appliqué.
Pour l'essai 2, les résultats laitiers observés pendant la supplémentation ont été comparés statistiquement aux valeurs prédites (INRA, 2018) avec un test T pour données appariées. Les performances mesurées avant la période de supplémentation ont permis d'ajuster les valeurs maximales de production laitière, taux butyreux et taux protéique potentiels.

2. RESULTATS

2.1. ESSAI 1

En moyenne, la supplémentation en Methionine rumino-protégée (Mepron®) a significativement augmenté la production laitière de 1 kg/j (P = 0,044). Cet effet positif était particulièrement visible après 2 mois de supplémentation (+ 2,1 kg de lait/j). Les taux butyreux et protéique du lait étaient similaires entre les traitements, mais la production de matière protéique était significativement supérieure pour le lot supplémenté en Mepron® après 2 mois de supplémentation (+93 g/j, P = 0,035).

2.1. ESSAI 2

La production laitière a été augmentée pendant la supplémentation en Mepron® avec une différence de 2,6 kg/j entre les valeurs observées et prédites après 2 mois de supplémentation (P < 0,001). Le taux protéique était également plus élevé pendant la supplémentation en méthionine (+0.17% en moyenne, P < 0,001 ; Figure 1). Cet effet positif peut clairement être attribué à la supplémentation en Mepron® au vu de l'absence de différence entre les taux protéiques observés et prédits avant (< 118 jours de lactation) et après (> 220 jours de lactation) la période de supplémentation.

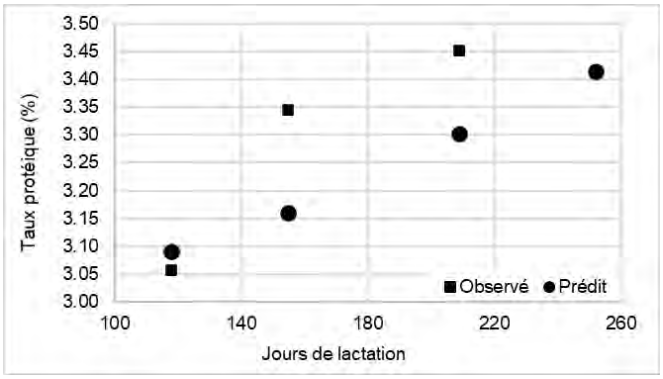


Figure 1 Effet du Mepron® sur le taux protéique (essai 2)

3. DISCUSSION

Dans ces deux essais terrain, une supplémentation en Mepron® a engendré une augmentation des performances laitières. Le plus faible effet de l'apport de méthionine rumino-protégée sur le taux protéique dans l'essai 1 peut être attribué à un léger manque de lysine métabolisable (- 7 g/j calculé à partir des performances observées selon le logiciel de rationnement AMINOCow®, Evonik). Ces données confirment donc les résultats de méta-analyse (Patton, 2010) concluant que Mepron® est la source de méthionine rumino-protégée la plus efficace pour soutenir les performances de production laitière des vaches.

Les auteurs remercient le GAEC POTRIQUET (Laurence et Vincent POTRIQUET ; 80150 GUESCHART) et le GAEC LANN BIHAN (Patrick MERO et Gwenael BAINVEL ; 56890 PLESCOP) pour leur collaboration dans ces essais.

INRA, 2018. Alimentation des ruminants, Editions Quae, Versailles, France
Patton R.A., 2010. J. Dairy Sci., 93, 2105-2118

Effet positif d'un apport en méthionine rumino-protégée sur les performances de chèvres laitières

Beneficial effect of rumen protected methionine on performances of lactating goats

CADUDAL B. (1), GUYADER J. (2), LEPOUDERE M. (3), HOARAU M. (3), PARYS C. (2), EDELMANN K. (2)
(1) ASC Synergy, Rostevel, 56400 Brech, France
(2) Evonik Operations GmbH, Rodenbacher Chaussee 4, 63457 Hanau, Allemagne
(3) Evonik Operations GmbH, 2 rue au Duc, 35000 Rennes, France

INTRODUCTION

Les besoins en acides aminés des chèvres laitières n'ont pas encore été spécifiquement définis (INRA, 2018). Les recommandations actuelles étant basées sur les besoins des vaches laitières, la méthionine peut être supposée comme étant le premier acide aminé limitant dans la majorité des rations. Dans un essai sur chèvres laitières en milieu et fin de lactation, un apport additionnel en méthionine (3,2% de méthionine digestible versus 2,2%, % PDI), sous forme d'acide aminé rumino-protegé, a permis d'augmenter la production laitière et le taux protéique du lait (Flores *et al,* 2009). L'objectif de cet essai était d'évaluer l'effet d'un apport en méthionine rumino-protegée pendant le pic de lactation sur les performances de chèvres laitières.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. ANIMAUX ET RATIONS

L'essai a été conduit dans un élevage commercial des Deux-Sèvres (79, France). Deux groupes de chèvres Saanen homogènes en termes de parité, stade de lactation et performances (Tableau 1) ont reçus, pendant 3 mois, une ration à base d'ensilage de maïs (70% fourrage et 16,4% protéines dans la MS) distribuée seule (Témoin) ou supplémentée avec 4 g/jour de Mepron® (Evonik, 85% DL-méthionine ; Essai). Les régimes Témoin et Essai apportaient respectivement 2,2 et 2,9% de méthionine (% PDI).

Paramètre	Témoin	Mepron®
Nombre de chèvres	133	109
Parité	2,0	2,0
Stade de lactation (jours)	50,8	49,7
Production laitière (kg/j)	3,63	3,80
Taux butyreux (%)	4,17	4,18
Taux protéique (%)	3,44	3,42

Tableau 1 Distribution des chèvres en début d'essai

1.2. MESURES ET STATISTIQUES

La production laitière et la composition du lait ont été mesurées individuellement tous les mois par le contrôle laitier. L'effet des traitements sur les performances a été testé avec le logiciel R (version 3.6.1) selon un modèle linéaire mixte incluant le traitement, le mois et leur interaction en effets fixes. Les niveaux de production individuels enregistrés le mois précédant l'essai ont été inclus comme covariable dans le modèle.

2. RESULTATS

L'effet des traitements sur les performances laitières des chèvres est présenté dans le Tableau 2. Un apport supplémentaire en méthionine rumino-protégée (Mepron®) a permis d'augmenter significativement la production laitière des chèvres (+ 140 mL/j en moyenne sur 3 mois ; P = 0,001). Les taux butyreux et protéiques n'ont pas été impactés par les traitements. Néanmoins, les productions de matière grasse et protéique étaient significativement supérieures dans le lot Essai (+ 5 g/j, P = 0.004 et + 4 g/j, P = 0,001, respectivement).

3. DISCUSSION

Cet essai confirme l'effet bénéfique d'un apport en méthionine rumino-protegée sur les performances de chèvres laitières. De plus, un apport en méthionine digestible supérieur aux recommandations INRA pour les vaches laitières (2,4% PDI) semble bénéfique pour couvrir les besoins de cette espèce.
Economiquement, en prenant en compte les coûts de la ration et la différence de revenu liée à la production laitière, l'apport de Mepron® a permis d'augmenter le revenu de l'éleveur corrigé des coûts alimentaires de 195 € pour 100 chèvres, correspondant à un retour sur investissement de 1,6.

CONCLUSION

Les résultats techniques et économiques de cet essai démontrent l'intérêt d'un apport supplémentaire en méthionine digestible pour les chèvres laitières. Au-delà des performances laitières, il serait intéressant d'étudier l'effet de cet acide aminé sur la santé des animaux, la méthionine étant le précurseur de puissants antioxydants pour l'organisme.

Les auteurs remercient chaleureusement le GAEC des CELLES (Evelyse et Vincent LAVAUD ; 79100 Sainte Verge) pour leur implication et participation dans cet essai, ainsi que la société ARRIVE-BELLANNE (Frédéric BERNARD ; 79250 Nueil les Aubiers) pour leur collaboration.

Flores A., 2009. Ital. J. Anim. Sci., 8, 271-275
INRA, 2018. Alimentation des ruminants, Editions Quae, Versailles, France

Paramètre	Témoin	Essai	SEM	Traitement (Probabilité)	Mois (Probabilité)	Interaction (Probabilité)
Lait (kg/d)	3,69	3,83	0,070	0,001	< 0,001	0,680
Taux butyreux (%)	3,90	3,88	0,027	0,563	< 0,001	0,960
Taux protéique (%)	3,39	3,38	0,014	0,261	< 0,001	0,990
Matière grasse (g/j)	142	147	2,5	0,004	< 0,001	0,574
Matière protéique (g/j)	124	128	2,0	0,001	0,240	0,594

Tableau 2 Effet d'un apport en Mepron® (Essai) sur les performances de chèvres laitières au pic de lactation

Intérêt d'un mélange d'extraits de plantes et d'huiles essentielles (Vertan) pour diminuer le taux de protéines des correcteurs azotés utilisés en brebis laitières et substituer le tourteau de soja par d'autres sources de protéines

Interest of a blend of plants and essential oils (Vertan) to reduce proteins level of dairy ewes protein concentrates and substitute soybean meal by other sources of proteins

HARDY A. (1), GREUTER A. (2), GANGLOFF C. (2), FERRON N. (3)
(1) Lycée Professionnel Agricole La Cazotte, route de Bournac, 12400 Saint-Affrique, France
(2) IDENA, 21 rue du Moulin, 44880 Sautron, France
(3) VetAgro Sup, 63370 Lempdes, France

INTRODUCTION

L'amélioration de l'autonomie protéique est un enjeu majeur pour les exploitations en brebis laitière. Certains produits phytogéniques sont connus pour augmenter la quantité de protéines by-pass en limitant leur dégradation dans le rumen ainsi que le gaspillage d'azote lié à la synthèse d'ammoniac et d'urée. Le Vertan est une association d'extraits de plantes et d'huiles essentielles issue de la recherche IDENA, conçue pour optimiser le métabolisme azoté. Un essai de 12 semaines a été mené sur les brebis laitières de la ferme expérimentale sur lycée agricole La Cazotte de Saint-Affrique. L'objectif était de mesurer l'intérêt du Vertan pour diminuer l'apport de protéines dans la ration et de substituer le tourteau de soja par d'autres sources de protéines.

1. MATERIEL ET METHODES

114 brebis primipares de race Lacaune ont été réparties en 3 lots homogènes sur les résultats du contrôle laitier (CL), la note d'état corporel, le poids vif et la taille de la portée.
Au démarrage de l'essai, les brebis étaient en 11ème semaine de lactation. Le lot témoin a reçu la ration habituelle de la ferme : mélange de fourrages à volonté (1/3 ensilage de ray-grass italien, 1/3 foin de luzerne, 1/3 ensilage de maïs) complété de 560g d'orge, 440g de luzerne déshydratée et 600g d'un correcteur azoté à 40% de matière azotée totale (MAT) contenant 68% de tourteau de soja et 21% de drèches de maïs et de blé. Le lot Vertan 1 a reçu la même ration hormis le correcteur azoté reformulé à 38% de MAT avec moins de soja (45%), 21% de colza, 25% de drèches et du Vertan. Dans le correcteur azoté du lot Vertan 2, reformulé à 34% MAT, le tourteau de soja a été totalement supprimé et remplacé par 55% de colza, 30% de drèche, 6% de tourteau de tournesol et du Vertan. Ce correcteur a été distribué à hauteur de 800g. L'orge a également été baissé à 450g et la luzerne à 400g.
Au cours de l'essai, plusieurs données ont été relevées lors des CL individuels réalisés tous les 15 jours : production laitière (PL), taux butyreux (TB), taux protéique (TP) et taux d'urée. 2 notes d'état corporel, 2 pesées en début et fin d'essai, et des contrôles d'ingestion par lot avant chaque contrôle laitier ont également été effectués, ainsi que des analyses des fourrages et des concentrés.
Les analyses statistiques des différentes variables ont été réalisées à l'aide du logiciel R. Les données obtenues des 3 lots ont été analysées par ANOVA. Quand les conditions initiales n'étaient pas réunies, un test non paramétrique de Kruskal Wallis a été effectué. Les interactions entre les facteurs Lots et n° de CL ont été mesurées par MANOVA.
Des comparaisons multiples de moyennes ont été faites à l'aide du test de Tukey lorsque les résultats de l'ANOVA ou de Kruskal Wallis étaient significatifs au seuil de $P<0.05$.

2. RESULTATS

2.1. DONNEES DES CONTROLES LAITIERS

A l'allotement il n'y avait pas d'écart statistique entre les trois lots au niveau de la PL, du TP, du TB et de l'urée.

	Témoin	Vertan 1	Vertan 2
PL brute (L/j)	2,080ab	2,133a	2,017b
TB (g/L)	62,71a	63,35a	67,52b
TP (g/L)	58,54a	58,82a	60,09b
Urée (mg/L)	515a	489b	464c
Lait standard (L/j)	1,911a	1,966a	1,940a

Tableau 1 Données moyennes sur l'ensemble des CL

A partir du deuxième CL après allotement, l'analyse des données montre un effet lot sur la PL, sans interaction avec le temps. A chaque contrôle laitier, les PL brutes des trois lots sont identiques. En revanche La PL brute moyenne sur l'ensemble des CL est statistiquement supérieure pour le lot Vertan 1 par rapport au lot Vertan 2 et sans différence par rapport au lot témoin.
Les TB et TP moyens sur l'ensemble des CL sont statistiquement supérieurs pour le lot Vertan 2 par rapport aux lots témoin et Vertan 1. On observe une interaction entre lots et temps avec des TB supérieurs pour le lot Vertan 2 par rapport aux lots témoin et Vertan 1 à tous les CL sauf le CL6
On observe également des taux d'urée moyens sur l'ensemble des CL statistiquement différents entre les 3 lots.
Ceux-ci sont en revanche identiques sur la production de lait standard en énergie (Bocquier *et al.,* 1993).

2.2. EFFICACITE ALIMENTAIRE ET EFFICACITE PROTEIQUE

Pas de différence significative n'a relevée concernant l'ingestion des différents lots, et le calcul de l'efficacité alimentaire (lait standard produit/matière sèche ingérée) ne permet pas de relever d'effet lot.
Si l'on considère l'efficience brute de Conversion des protéines (Ertl *et al.* 2015a) les brebis du lot Vertan 1 ont produit 0,219g de protéines par g de protéines ingérées contre 0,208g/g pour le lot Vertan 2 et 0,203g/g pour le témoin sans que ces résultats ne soient significatifs.

3. DISCUSSION – CONCLUSION

La production du lot Vertan 1 a été identique à celle du lot témoin. Les résultats du lot Vertan 2 ont été plus faibles en production de lait brut mais compensés par des taux plus élevés. Le Vertan, en améliorant le métabolisme azoté, a permis l'utilisation de correcteurs azotés à des niveaux de protéines plus bas tout en maintenant les performances du troupeau. La diminution et la suppression du tourteau de soja n'ont également pas eu d'incidence sur la production.
Il serait judicieux d'étudier l'évolution de l'équilibre en acides aminés essentiels des différentes rations, induite par la modification des compositions des aliments, afin d'étudier l'existence ou pas d'un lien avec ces résultats.
Cette étude présente des solutions envisageables pour réduire l'utilisation de tourteau de soja et améliorer l'autonomie protéique des exploitations.
Les auteurs remercient l'ensemble du personnel de la Ferme expérimentale de la Cazotte.

Bocquier *et al.*, 1993, INRA/EDP Sc, Ann. de zootech., 42, 1, 57-66
Ertl *et al.*, 2015a, Agricult. Syst., 137, 125-199

Comment gérer la fertilisation azotée des prairies multi-espèces ?
How to manage nitrogen fertilization in multi-species grasslands ?

GIGOT C. (1), FOUSSIER T. (2), VERICEL G. (3), UIJTTEWAAL A. (4)
(1) Arvalis-Institut du Végétal, Ferme Expérimentale des Bordes, F-36120 Jeu-les-Bois
(2) OIER des Bordes, Ferme Expérimentale des Bordes, F-36120 Jeu-les-Bois
(3) Arvalis-Institut du Végétal, Station inter-institut, 6 chemin de la côte vieille, F-31450 Baziège
(4) Arvalis-Institut du Végétal, Station expérimentale de La Jaillière, F-44370 Loireauxence

INTRODUCTION

Le développement des Prairies Multi-Espèces (PME) occasionne un nombre croissant de questions sur le pilotage de leur fertilisation azotée (Protin *et al.*, 2014). Beaucoup d'études ont été menées sur les associations ray grass anglais – trèfle blanc mais peu sur les PME. Le principe de tels couverts reste le même : fixer l'azote atmosphérique par les légumineuses, utiliser l'azote du sol par les graminées et permettre la fourniture d'azote par les légumineuses vers les graminées grâce au mécanisme de rhizodéposition et à la minéralisation des tissus morts (nodosités, stolons, racines, feuilles…) (Louarn *et al.*, 2016; Shamoot *et al*., 1968)

1. MATERIEL ET METHODES

Un essai analytique, mené de 2017 à 2020 à la Ferme Expérimentale des Bordes (Jeu-les-Bois – 36), a étudié l'effet de la dose d'azote apportée selon l'âge de la prairie sur son rendement et sa composition, notamment l'équilibre entre graminées et légumineuses. L'évolution de la proportion des espèces et leur valeur alimentaire ont été suivies tout au long de l'essai.

La PME support de cet essai a été semée fin août 2017 avec un mélange composé de 4 kg/ha de dactyle, 5 kg/ha de fétuque élevée, 5 kg/ha de ray-grass anglais, 10 kg/ha de luzerne et 5 kg/ha de trèfle violet.

Deux stratégies de fertilisation – dès la 1ère année ou impasse en 1ère année – croisées à différents régimes de fertilisation (1 fois 30 kg N/ha au 1er cycle ou 1 fois 30, 45, 60 ou 90 kg N/ha au 1er cycle et au 2nd cycle) étaient comparées à un témoin non fertilisé.

Des apports de couverture ont été faits en P, K et chaulage avant implantation.

L'objectif de l'essai était de répondre à trois questions : Quel est l'effet (1) de l'apport d'azote sur le rendement, la qualité et l'équilibre graminées-légumineuses en 1ère année ? (2) d'une impasse de fertilisation azotée la 1ère année d'exploitation et (3) d'un apport après la 1ère coupe ?

2. RESULTATS

L'apport d'azote en 1ère année sur une PME réduit la proportion de légumineuses dans la prairie par rapport à un apport d'azote réalisé à partir de la 2ème année. Cette différence par rapport au témoin est observée dès l'apport de deux fois 45 kg N/ha, et au global sur les 3 ans d'essai. Elle a tendance à s'accentuer avec la dose d'azote (figure 1).

On observe la même tendance pour le taux de Matières Azotées Totales (MAT) qui varie de 1 à 2 points au profit des apports réalisés à partir de la 2ème année. Au contraire, le rendement croît d'environ 2 t MS/ha (cumul des 3 années) en fertilisant dès la 1ère année. Pour les apports réalisés dès la 1ère année, l'équilibre se trouve autour de deux fois 30 à 45 kg N/ha. On atteint le meilleur rendement, une part des légumineuses de plus d'un tiers et un taux de MAT satisfaisant de 14 % pour l'apport de deux fois 30 kg N/ha dès la 1ère année.

Enfin, après un 1er apport de 30 kg N/ha à 200°C jour base 0°C au 1er janvier, un 2nd apport dans les dix jours suivants la première coupe n'impacte pas significativement la production de légumineuses, que ce soit à l'échelle du 2ème cycle, de l'année ou bien des 3 années d'essai, par rapport à un 1er apport unique. De plus, ce 2ème apport est valorisé par les graminées, produisant 400 à 900 kg MS/ha de plus sur le 2ème cycle.

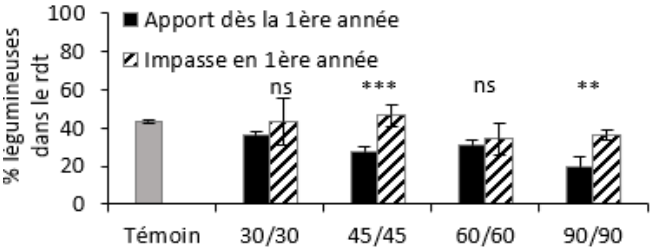


Figure 1 : Contribution des légumineuses au rendement cumulé. Pourcentage massique des légumineuses dans le rendement cumulé des 3 années d'essai pour chaque modalité (X/Y où X est la dose d'azote apportée à 200°Cjour et Y la dose apportée dans les 10 jours suivants la première récolte). *** : P<0,001 ; ** : P<0,01 ; * : P<0,05 ; ns : non significatif

3. DISCUSSION

Le Coefficient Apparent d'Utilisation (CAU) calculé pour chaque cycle en 2018 sur des modalités de l'essai comportant un mélange de graminées a montré que l'azote était mal valorisé, pouvant expliquer l'absence de réponse de l'apport croissant d'azote sur le rendement en 1ère année d'exploitation. Mais nous observons un effet négatif significatif de la dose d'azote sur la contribution pondérale des légumineuses dans le rendement. On suppose qu'une meilleure valorisation aurait permis une discrimination encore plus importante.

Les légumineuses du mélange semé se sont très bien installées dès la 1ère année. La fertilisation azotée a eu un impact négatif sur la production de légumineuses, qui aurait probablement été plus préjudiciable si les elles avaient été mal installées.

Le trèfle violet et la luzerne du mélange ne permettent pas de pérenniser les légumineuses. La luzerne prend le relais du trèfle violet qui s'estompe dès la fin de la 2ème année, mais cette compensation n'est pas suffisante pour palier une diminution naturelle des légumineuses dans le rendement.

CONCLUSION

La fertilisation azotée sur PME permet d'augmenter les rendements sans dégrader significativement l'équilibre graminées-légumineuses ou la qualité nutritive. On conseillera de piloter les apports en fonction de l'installation des légumineuses. Si elles sont bien présentes dès la 1ère année, alors il est envisageable de fertiliser dès la 1ère année. Sinon, on privilégiera un apport qu'à partir de la 2ème année. Un apport total entre 60 et 90 kg N/ha, en deux fois (à 200°C jour, puis après la première fauche) peut être effectué sans détériorer la PME en place, ce qui confirme les références bibliographiques. Enfin, il convient de ne pas négliger les autres points essentiels de la conduite d'une PME (Louarn *et al.*, 2016) : préparation du lit de semences et roulage pré et post semis, choix des espèces en fonction des besoins et du contexte pédoclimatique, fumure de fond et chaulage.

Les auteurs remercient l'ensemble des personnels de la Ferme Expérimentale des Bordes. L'analyse de cette étude a bénéficié du soutien du plan de relance (projet CAP PROTEINES).

Louarn G., Faverjon L., Bijelić Z., Julier B., 2016. Fourrages (2016) 226, 135-142
Protin P. V., Pelletier P., Gastal F., Surault F., Julier B., Pierre P., Straëbler M., 2014. Fourrages (2014) 218, 167-176
Shamoot S., McDonald L., Bartholomew W. V., 1968. Soil Science Society of America Proceeding, 32(6), 817-820

SiT'ProT'In : enquête sur la diffusion des références sur l'autonomie protéique
SiT'ProT'In : *survey on the diffusion of references on protein autonomy*

SEURET J.M. (1), BERNARD M.L. (1), CARAES C. (2)
(1) Chambre régionale d'agriculture de Bretagne – Rue Maurice Le Lannou - CS 74223 - 35042 RENNES cedex
(2) Chambre régionale d'agriculture de Normandie – Pôle Elevage - 6 rue des Roquemonts - CS 45346 - 14053 CAEN Cedex 4

INTRODUCTION

Dans le cadre du projet inter-régional SiT'ProT'In (Bretagne, Pays-de-la Loire, Normandie, Nouvelle Aquitaine) sur la diffusion de références sur l'autonomie protéique et leur appropriation en élevage, une enquête en ligne a été réalisée auprès de trois publics : éleveurs, conseillers et enseignants/étudiants dans les différentes filières d'élevage.
Cette enquête a notamment pour objectif d'évaluer la perception des éleveurs sur l'autonomie protéique en élevage, les pratiques mises en place pour l'améliorer, ou les freins à la mise en place de ces pratiques. Elle vise en outre à identifier leurs besoins en références sur l'autonomie protéique en élevage, afin d'améliorer les formations et le conseil.

1. MATERIEL ET METHODES

Ces enquêtes en ligne ont été diffusées par mail ou via des newsletters dans chacune des 4 régions impliquées dans le projet, et à l'échelle nationale via les sites internet de la presse spécialisée. Ces enquêtes ont démarré fin mars 2021 et ont été clôturées à la mi-juin 2021. Le nombre de répondants s'élève à 341 pour le questionnaire éleveurs. Dans un 1er temps, les sondés ont été interrogés sur leur perception globale de l'autonomie protéique. Dans un 2ème temps, les leviers mis en œuvre en élevage pour améliorer l'autonomie protéique sont abordés. Enfin les sondés sont interrogés sur les sources qu'ils sollicitent pour s'informer ou se former sur l'autonomie protéique.

2. RESULTATS

80 % des répondants était en production laitière ou en viande bovine. Les répondants avaient la possibilité de se rattacher à plusieurs filières (bovine, ovine, caprine, porcine, avicole).

2.1. PERCEPTION DE L'AUTONOMIE PROTEIQUE

Pour 68 % des répondants « ruminants », la priorité en matière d'autonomie protéique est de produire et d'auto-consommer sur l'exploitation les fourrages ou aliments riches en protéines nécessaires au troupeau. Pour 15 %, il s'agit d'économiser des protéines sur l'exploitation, et pour 13 % de limiter au maximum le recours aux tourteaux importés en privilégiant le recours aux matières premières locales. L'autonomie protéique est bien une préoccupation grandissante du secteur de l'élevage : 46 % des répondants « ruminants » considèrent que l'autonomie protéique fait partie des premières priorités pour penser l'élevage de demain, et 70 % que l'amélioration de l'autonomie protéique permet de réaliser un gain économique sur l'exploitation à court terme et 84 % à long terme. A noter que 48 % considèrent que la recherche d'autonomie protéique comporte plus d'avantages que de contraintes, mais 16 % pensent que cela implique plus de contraintes, tandis que 35 % n'ont pas d'avis.

2.2. LEVIERS MIS EN ŒUVRE EN ELEVAGE POUR AMELIORER L'AUTONOMIE

Les solutions les plus mises en œuvre et qui concernent la majorité des éleveurs de ruminants (>50 %), sont toutes des leviers fourrages. Les principales : augmenter la part d'herbe, pâturer plus, réaliser des ensilages d'herbe précoces, valoriser de la luzerne ou du trèfle violet.



Figure 1 Les solutions mises en œuvre en élevage

Les solutions abandonnées concernent les mélanges céréales protéagineux ensilés ou grain et les protéagineux.



Figure 2 Les solutions abandonnées en élevage

Les mesures qui ne sont jamais envisagées sont les protéagineux purs et l'équilibre en acides aminés des rations.

2.3. SOURCES D'INFORMATION ET DE FORMATION

80% des éleveurs se tiennent informés sur l'autonomie protéique par la presse, mais également via des sites internet et newsletters (58%) voire de la documentation technique (53%) ou des portes ouvertes et journées techniques (47%). Toutefois, un quart des éleveurs a déclaré avoir déjà rencontré des difficultés pour accéder à des informations sur l'autonomie protéique. Cette difficulté est souvent due au manque d'une source unique centralisant les informations.

3. DISCUSSION

La majorité des éleveurs sont convaincus des avantages de l'autonomie protéique notamment vis-à-vis de son impact positif sur l'environnement et les performances économiques. A l'inverse, les avis sont plus réservés concernant une maîtrise de la charge de travail et la gestion technique des cultures notamment des protéagineux ou de la luzerne. Les leviers « fourrages » sont sans surprise ceux qui sont activés en priorité en production bovine.

CONCLUSION

Cette enquête souligne l'intérêt des éleveurs pour l'autonomie protéique. Elle a permis d'affiner les besoins en termes d'accompagnement, d'outils d'aide à la décision et de connaissances nouvelles et de préciser la suite du projet SiT'ProT'In : élaboration de parcours de formation, création d'un e-book qui centralise des références sur l'autonomie protéique.

Les auteurs remercient les répondants à cette enquête.

Autonomie protéique des élevages herbivores : l'outil DEVAUTOP pour sensibiliser les éleveurs à une meilleure valorisation de leurs fourrages

Protein self-sufficiency on livestock farms: DEVAUTOP application to aware farmers on a better forage use.

BENADDA L. (1), SARZEAUD P. (2), GELINEAU S. (3), FREULON H. (4), BATTAIS F. (5), FOLLET D. (6)
(1) Institut de l'Elevage - 23 Rue Jean Baldassini, 69007 Lyon (2) Institut de l'Elevage, Monvoisin - BP 85225- 35652 LE RHEU Cedex (3) Chambre d'agriculture des Pays de la Loire – 44150 Ancenis (4) Vegepolys Valley – 35000 Rennes (5) Seenovia – 53940 Saint-Berthevin (6) Chambre d'agriculture de Bretagne – BP 10540 – 22195 PLERIN Cedex

INTRODUCTION

La question de la souveraineté alimentaire est relancée depuis plusieurs années par le contexte de forte volatilité des prix des matières premières et la recrudescence de plus en plus fréquente d'aléas climatiques sur les productions de fourrages et de céréales. Dans les fermes d'élevage herbivores, cela se traduit par une orientation plus ou moins consentie vers la production et la valorisation des protéines produites sur place plutôt qu'importées. Ainsi, selon Cordier et al. 2020, la consommation de tourteau de soja pour nourrir le bétail a baissé de 20% en 10 ans, mais 45 % du soja importé reste encore consommé par les herbivores. Le projet Cap Protéines propose une démarche de sensibilisation des éleveurs à partir d'un nouvel outil de conseil, multi filière, appelé DEVAUTOP. Il produit un diagnostic de l'autonomie protéique. Dans le cadre de cette étude, il a été appliqué aux élevages laitiers.

1. MATERIEL ET METHODES

Deux enquêtes ont été menées concernant les motivations des éleveurs autour de l'autonomie protéique. Une première enquête en ligne menée dans le cadre du projet SITPROTIN en 2021. Elle a obtenu des réponses de la part de 355 éleveurs, 145 techniciens/conseillers et 117 apprenants/enseignants. Une seconde investigation réalisée dans le cadre du projet Plan de relance - Cap Protéines 2021, a été conduite sous forme d'enquêtes qualitatives auprès de 48 éleveurs et conseillers. Dans le cadre de ce projet, un calcul simplifié de l'autonomie protéique a été établi avec l'outil DEVAUTOP sur les 330 fermes du réseau Cap Protéines, toutes filières confondues. DEVAUTOP, né du projet TERUNIC – SOS PROTEIN (Régions de Bretagne et des Pays de la Loire) et employé depuis deux ans. Son calcul d'autonomie protéique est basé sur une estimation des besoins en Matières Azotées Totales des animaux et de la quantité de MAT achetée à l'extérieur de l'exploitation. Un premier traitement de données a été effectué sur les fermes d'élevages des filières laitières.

2. RESULTATS

2.1 LES MOTIVATIONS DES ELEVEURS

Les pratiques d'alimentation des animaux peinent encore à changer et tous les éleveurs n'ont pas la même perception de l'enjeu. Selon les études menées dans les projets SITPROTEIN et Cap Protéines, les freins au changement sont encore nombreux. En premier lieu, ils mettent en avant la praticité d'usage des tourteaux importés employés en purs ou incorporés aux aliments de production, et ceci, malgré leur prix conséquents et volatiles. A l'inverse produire ses propres protéines, par les cultures de protéagineux ou de fourrages adaptés, ou mieux valoriser l'azote de l'herbe dans la ration des herbivores semblent à leurs yeux plus difficiles à maitriser, et quelque part plus risquées. La sécurité du système, une meilleure résilience, une autonomie décisionnelle ou encore une réponse aux attentes de la société, sont les principaux points forts identifiés par les éleveurs. Néanmoins, des grands freins persistent tel que la rentabilité, l'organisation ou encore le manque d'informations sur le sujet.

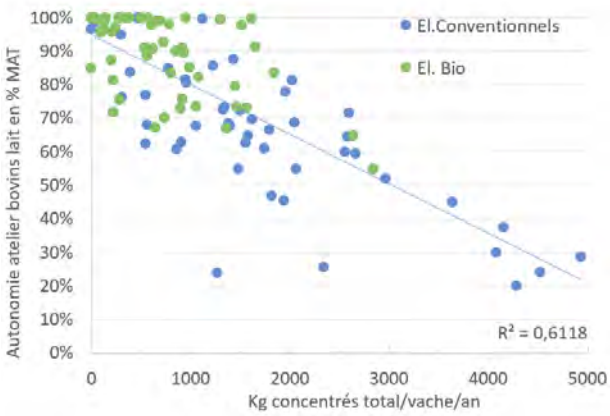
2.2 LES NIVEAUX D'AUTONOMIE

Les niveaux d'autonomie protéique varient selon les filières et les systèmes de production (Tableau 1 ; graphique 1).

	Bovins lait	Ovins Lait	Caprins Lait
Effectif (Nombre de fermes)	96	29	33
Niveau d'autonomie prot.	77%	82%	73%
Ecart-type	19%	13%	20%

Tableau 1. Autonomie protéique à l'échelle de l'exploitation en fonction des filières.

Les premières observations menées avec DEVAUTOP confirment les valeurs observées par d'autres travaux (Rouillé et al. 2014) et illustrent à nouveau les spécificités des systèmes alimentaires en lien avec les conditions pédoclimatiques des exploitations. Pour des situations comparables, les marges de progrès apparaissent dans la bonne gestion du système fourrager et dans la valorisation de l'herbe. En élevage bovins lait, un marqueur est la quantité totale de concentrés consommés par vache laitière (graphique 1).



Graphique 1 : Quantité de concentrés totale consommés/vache laitière en kg en fonction de l'autonomie protéique de l'atelier bovins lait. (Devautop, campagne 2020).

3. DISCUSSION

Pour un éleveur, la recherche d'une meilleure autonomie protéique passe par une réflexion complexe d'adéquation entre les besoins des animaux et les protéines produites de l'exploitation. Il est nécessaire de bien se situer avant d'envisager les pratiques les plus adaptées au contexte pédoclimatique. Un outil tel que Devautop, offre un appui supplémentaire à l'accompagnement et à la recherche de solutions de conseils. Le conseil ne peut qu'être global (à l'échelle du système d'exploitation) et intégré aux objectifs et attendus des éleveurs.

Cordier et al., 2020, GIS Avenir Elevages
Rouillé B et al, 2014, L'autonomie alimentaire des élevages bovins français. OCL

Nouveaux aliments et nouveaux fourrages

Valoriser une diversité de biomasses pour répondre aux enjeux techniques, environnementaux et sociétaux des élevages de ruminants

BAUMONT R. (1), DECRUYENAERE V. (2), MAXIN G. (1), ROUILLE B. (3), HEUZE V. (4), TRAN G. (4)
(1) INRAE, UMR Herbivores, 63122 Saint-Genès-Champanelle, France
(2) CRA-W, B-5030 Gembloux, Belgique
(3) Institut de l'Élevage, 35652 Le Rheu, France
(4) Association Française de Zootechnie, AgroParisTech, CS 20040, 91123 Palaiseau Cedex, France

RESUME - À travers l'importance des surfaces valorisées (plus de la moitié de la surface agricole française) et l'importation d'une partie des matières premières riches en protéines, l'alimentation des ruminants est au cœur des enjeux techniques, économiques, environnementaux et sociétaux des élevages. Le changement climatique affecte déjà les calendriers fourragers et les ressources alimentaires disponibles. Face à ces enjeux, de nombreux leviers existent soit pour adapter les ressources existantes soit pour développer de nouvelles ressources. Ils reposent notamment sur l'adaptation des prairies (introduction d'espèces résilientes au changement climatique) et de leur gestion, l'utilisation des mélanges céréales-protéagineux, des dérobées estivales, des plantes à photosynthèse en C4 et le développement de l'agroforesterie. La diversification des systèmes de cultures rendue nécessaire par la réduction des engrais et pesticides de synthèse devrait fournir de nouvelles ressources à l'élevage (légumineuses fourragères et à graines, intercultures). De nouveaux procédés technologiques, comme le bio-raffinage offrent des perspectives comme une meilleure valorisation des coproduits des industries agroalimentaires. L'utilisation des insectes comme source protéique n'est pas encore autorisée en élevage de ruminants dans l'UE. Celle des algues pose la question des volumes nécessaires pour alimenter des ruminants, mais elles offrent des perspectives en tant qu'additifs alimentaires pour réduire les émissions de méthane entérique. Caractériser ces nouvelles ressources alimentaires pose de nombreuses questions de recherche et de développement. Cela nécessite de collecter un nombre suffisant de nouvelles données par les méthodes de référence d'évaluation des aliments *in vivo* pour conforter les bases de données, construire les tables de valeur alimentaire et développer les outils de prévision.

Valorising a diversity of biomasses to meet the technical, environmental and societal challenges of ruminant farming

BAUMONT R. (1), DECRUYENAERE V. (2), MAXIN G. (1), ROUILLE B. (3), HEUZE V. (4), TRAN G. (4)
(1) INRAE, UMR Herbivores, 63122 Saint-Genès-Champanelle, France

SUMMARY - Through the importance of the surface area used (more than half of the French agricultural area) and the import of part of the protein-rich feedstuffs, ruminant feed is at the heart of the technical, economic, environmental and societal challenges facing livestock farming. Climate change is already affecting forage calendars and available feed resources. Faced with these challenges, many levers exist either to adapt existing resources or to develop new ones. They are based on the adaptation of grasslands (introduction of species resilient to climate change) and their management, the use of cereal-legume intercrops, summer catch crops, C4 photosynthetic plants and the development of agroforestry. The diversification of cropping systems made necessary by the reduction of synthetic fertilisers and pesticides should provide new resources for livestock farming (forage and seed legumes, intercropping). New technological processes, such as the bio-refining of fodder, offer prospects, as does better use of the co-products of the agri-food industry. The use of insects as a source of protein is not yet authorized for ruminant farming in the EU. The use of algae raises the question of the volumes needed to feed ruminants, but they offer prospects as feed additives to reduce enteric methane emissions. Characterising these new feed resources raises many research and development questions. This requires a sufficient amount of new data obtained from *in vivo* reference feed evaluation methods to be able to strengthen the databases used for feed value tables and prediction tools.

INTRODUCTION

En France, les ruminants valorisent la moitié de la SAU via les cultures fourragères et les prairies (Agreste 2020) qui fournissent environ 70 Mt de Matière Sèche (MS) et 9 Mt de protéines (Dronne, 2018 ; Sailley et al., 2021). Ils consomment plus de 13 Mt d'aliments concentrés sous forme de graines ou de coproduits, dont 1,7 Mt de soja essentiellement importé (Tableau 1). Ces aliments fournissent 4,4 Mt de protéines (Sailley et al., 2021). Hors soja, les aliments concentrés utilisés par les ruminants représentent environ 15% des céréales et oléoprotéagineux produits en France et 6% de la SAU. Le choix et l'utilisation des ressources alimentaires sont fortement questionnés par les multiples enjeux auxquels les élevages de ruminants font face : adaptation au changement climatique, recherche d'autonomie alimentaire et protéique, réduction de l'empreinte environnementale et de la compétition entre l'alimentation animale, l'alimentation humaine et les biocarburants dite « feed/food/fuel », maintien de la compétitivité face au renchérissement de coûts de l'énergie et des matières premières, impact de l'alimentation sur la qualité des produits, la santé et le bien-être des animaux, etc. Cette synthèse se propose 1) d'analyser les questions posées par ces différents enjeux à l'alimentation des ruminants, 2) de faire le point sur les biomasses alternatives et nouvelles valorisables par les ruminants et 3) de faire le point sur les besoins de R&D et de transfert en matière de caractérisation et d'évaluation des aliments jusqu'ici peu utilisés. Le texte s'appuie principalement sur des études réalisées en France métropolitaine et en Europe.

1. LES QUESTIONS POSEES A L'ALIMENTATION DES RUMINANTS

La fonction première de l'alimentation des ruminants est de satisfaire les besoins nutritionnels des animaux selon les objectifs de production tout en minimisant son coût qui demeure le principal coût de production. Mais elle doit aujourd'hui satisfaire dans un contexte de changement climatique un jeu de contraintes multiples combinant à l'échelle de l'animal la valeur nutritive et les effets sur la santé, le bien-être animal et la qualité des produits, et à l'échelle du système d'élevage la performance économique et les effets sur l'environnement.

	Tous animaux d'élevage	Tous ruminants	Bovins laitiers et mixtes	Bovins viande	Caprins	Ovins laitiers	Ovins viande
Total Fourrages	**71 785**	**68 169**	**33 275**	**30 411**	**695**	**997**	**2 791**
Ensilage de maïs	14 901	14 684	11 963	2 643	28	23	27
Herbe conservée	23 388	21 185	9 068	10 518	537	412	650
Herbe pâturée	31 726	30 545	11 389	16 468	116	533	2 039
Autres fourrages	1 845	1 729	847	777	9	25	71
Total concentrés	**34 037**	**13 672**	**8 446**	**4 019**	**404**	**282**	**521**
Grains	**19 637**	**6 062**	**3 067**	**2 213**	**251**	**178**	**353**
Céréales	18 903	5 742	2 845	2 115	251	178	353
Dont blé tendre	*7 780*	*2 190*	*1 176*	*897*	*30*	*31*	*56*
Dont maïs grain	*6 786*	*1 582*	*704*	*675*	*57*	*53*	*93*
Dont orge	*1 917*	*842*	*289*	*245*	*102*	*58*	*148*
Oléoprotéagineux	735	325	224	99	0	1	1
Coproduits	**13 693**	**7 283**	**5 142**	**1 724**	**156**	**103**	**158**
Céréaliers	3 000	1 999	1 470	440	44	11	34
Tourteaux	7 823	3 480	2 603	773	15	33	56
Dont tourteau de soja	*3 824*	*1 686*	*1 367*	*290*	*1*	*20*	*8*
Huiles végétales	112	0	0	0	0	0	0
Luzerne déshydratée	576	440	219	125	44	41	11
Pulpes de betteraves	900	*791*	488	233	27	5	38
Autres coproduits	1 286	582	365	153	26	16	22
Aliments minéraux et vitaminés	708	328	236	81	0	1	10

Tableau 1. Estimations des consommations de fourrages (en 1 000 t MS) et de matières premières concentrées (en 1 000 t MS85) par l'ensemble des animaux d'élevage et les différentes filières de ruminants en France en 2015 (Sailley et al. 2021).

1.1. CHANGEMENT CLIMATIQUE ET AUTONOMIE ALIMENTAIRE

L''autonomie alimentaire des ateliers de ruminants est élevée, supérieure à 85% pour les bovins et ovins viande, de l'ordre de 80% pour les bovins et ovins lait, mais seulement de 54% pour les caprins (Seegers et al., 2020). Ces chiffres sont à rapprocher de la part des fourrages dans l'alimentation des ruminants (plus de 80% d'après les chiffres cités plus haut) et du fait que la grande majorité des exploitations d'élevage sont autonomes en fourrage, l'élevage français étant dans son ensemble autonome à 100% en fourrage.

Le changement climatique se traduit par des épisodes de sécheresse plus sévères et plus fréquents qui remettent en cause l'autonomie alimentaire des élevages. Certaines cultures fourragères (maïs en particulier) nécessitent plus fréquemment l'irrigation ce qui ne sera pas forcément possible. Les modifications de la pousse de l'herbe (maturation plus précoce des plantes, déficits de croissance lors de périodes de sécheresse) complexifient la gestion des compromis entre qualité et quantité des fourrages exploités tant par les récoltes que par le pâturage. Ainsi par exemple, une étude sur 30 ans montre une dégradation significative de la valeur alimentaire des foins de prairie permanente récoltés au domaine INRAE de Marcenat, l'avancée des dates de récolte (1 semaine en 30 ans) ne compensant pas l'avancée du cumul des températures et du stade de maturité de la prairie (3 semaines en 30 ans) en raison de la nécessité de récolter des stocks suffisants et de disposer de fenêtres climatiques pour récolter le foin (Deroche et al., 2020).

1.2. EMPREINTE ENVIRONNEMENTALE ET CIRCULARITE

L'alimentation constitue un levier important pour réduire l'empreinte environnementale des élevages. L'analyse de cycle de vie permet d'évaluer l'empreinte environnementale globale d'un aliment et la méthode ECOALIM (Wilfart et al., 2018) permet de formuler des aliments concentrés minimisant leur empreinte environnementale. Toutefois cette méthode n'intègre pas la compétition « feed-food » et ne prend pas en compte des aspects spécifiques des prairies comme leur contribution au stockage du C et à la biodiversité. Une meilleure intégration de l'élevage avec les productions végétales constitue une partie de la solution grâce à un meilleur bouclage des cycles du carbone et de l'azote et la relocalisation des aliments utilisés en élevage (Peyraud et al., 2019).

a. Utilisation des surfaces, compétition « feed-food-fuel »

Les ruminants utilisent de larges surfaces agricoles, mais une grande partie de celles-ci (pairies permanentes, parcours, zones humides et pentues) ne sont pas ou difficilement exploitables pour la production végétale ou d'énergie. Selon les rations, seulement 5 à 25% des aliments et des protéines consommés par les ruminants (les céréales sous forme de grains principalement) pourraient être directement utilisés en alimentation humaine (Laisse et al., 2018). Plusieurs études ont montré que les ruminants peuvent être producteurs nets de protéines pour l'alimentation humaine. Ils produisent plus de protéines consommables par l'être humain qu'ils n'en ont consommées. Les systèmes les plus efficients sont les systèmes laitiers herbagers et les ovins sur parcours (Wilkinson, 2011 ; Ertl et al., 2015 ; Laisse et al., 2018 ; Hennessy et al., 2021). La compétition « feed-food » peut être fortement réduite par la maximisation de l'utilisation des herbages et de coproduits. Dans un contexte de renchérissement du prix de l'énergie et des céréales, la réduction de la compétition « feed-food » devient aussi un enjeu économique.

b. Autonomie protéique et surfaces « importées »

L'élevage de ruminants mobilise des surfaces en dehors du territoire national pour assurer l'approvisionnement en protéines. En tenant compte des fourrages, l'autonomie protéique de l'élevage français atteint 84%, mais elle n'est que de 59% pour l'ensemble des aliments concentrés et de 43% pour les aliments riches en matières protéiques (MAT > 150 g/kg) (Sailley et al., 2021). A l'échelle des ateliers de ruminants et pour l'ensemble de l'alimentation, l'autonomie protéique est supérieure à 80% pour les bovins et les ovins viande, comprise entre 65 et 70% pour les bovins et ovins lait et inférieure à 50% pour les caprins (Seegers et al., 2020).

Réduire la dépendance des élevages aux importations de soja est une priorité. La crise ukrainienne de 2022 a également mis

en évidence notre dépendance à l'importation de tourteau de tournesol HiPro qui est riche en matières azotées (MAT = 350 g/kg). Pour cela l'utilisation de légumineuses fourragères (dans les prairies, sous forme de méteils…) et à graines doit être développée (cf. CAP Protéines et autres programmes, Pavie et al., 2022). L'utilisation de sources alternatives de protéines (algues, microalgues, insectes) doit être considérée même si les volumes nécessaires pour alimenter des ruminants en limitent aujourd'hui le potentiel.

c. Gaz à effet de serre, stockage de C et énergie

Le système d'alimentation des ruminants joue un rôle important sur les émissions de gaz à effet de serre (GES), et de méthane en particulier, ainsi que sur le bilan C des élevages. Les ruminants sont au cœur d'un paradoxe qui fait que l'utilisation des prairies, avec des conduites plutôt « extensives », est souhaitable vis-à-vis des nombreux services qu'elles rendent (Stockage de C, biodiversité, paysage…), mais qu'une alimentation basée sur l'herbe est en défaveur de la réduction des émissions de méthane par les ruminants (Poux et Aubert, 2022).

L'utilisation des légumineuses en réduisant les besoins en fertilisation azotée, permet de réduire les consommations d'énergie et les GES (Lüscher et al., 2014 ; Baumont et al., 2016). Les leviers alimentaires pour réduire les émissions de méthane entérique peuvent aussi reposer sur l'utilisation des légumineuses, en particulier celles qui contiennent des tanins condensés (sainfoin, lotier). Enfin l'utilisation de ressources fourragères « pérennes » (prairies permanentes, arbres fourragers), contribuera positivement au stockage de C (Klumpp et Fornara, 2018). En complément de ces leviers, l'utilisation d'additifs alimentaires permettant de réduire les émissions de méthane est à considérer (inhibiteur d'enzymes impliquées dans la méthanogènèse comme le 3NOP maintenant autorisé en Europe et présentant un potentiel de réduction des émissions de méthane de 20%, algues rouges, huiles essentielles) (Hegarty et al., 2021).

d. Biodiversité et paysage

Les systèmes de ruminants herbagers, en particulier lorsqu'ils utilisent des prairies diversifiées comme des prairies permanentes peu productives (parcours, estives, …) peuvent contribuer positivement à la biodiversité et à l'entretien de des paysages. Dans des zones agricoles exploitées de façon plus intensive, utiliser une diversité de biomasses pour alimenter les ruminants contribuera aussi à améliorer l'impact des élevages sur la biodiversité à travers l'introduction de prairies (en particulier si elles sont diversifiées) et de légumineuses (plantes à fleurs) dans les rotations culturales.

1.3. SANTE ET BIEN-ETRE DES ANIMAUX

L'alimentation peut contribuer positivement ou négativement à la santé et au bien-être des animaux. Il est bien établi que la fibrosité de la ration (appréciée par la teneur en parois végétales et liée à une part suffisante de fourrages dans la ration) est nécessaire à la santé digestive (réduit le risque d'acidose) et à l'expression d'un comportement alimentaire « normal » (rumination) (Sauvant et al., 2018). L'accès au pâturage permet aux animaux de mieux exprimer leur comportement « naturel » et son rôle dans leur bien-être est un sujet actuellement à l'étude (Pietikäinen et al., 2022). Cela répond également à une demande sociétale.

1.4. QUALITE INTRINSEQUE ET EXTRINSEQUE DES PRODUITS

Les liens entre l'alimentation et les qualités « intrinsèques » des produits (lait, viande) sont bien établis, en particulier en ce qui concerne la composition en acides gras des produits et certaines qualité sensorielles (couleur, flaveur, goût) (Martin et al., 2009 ; Lebret et al., 2015 ; Prache et al., 2022).

Le système d'alimentation contribue aussi aux qualités « extrinsèques » des produits à travers l'image que s'en fait le consommateur, notamment à travers les demandes d'alimentation utilisant des ressources locales et des possibilités de tracer l'alimentation et d'authentifier le mode de production des animaux (Prache et al., 2022).

2. MIEUX UTILISER LES RESSOURCES EXISTANTES ET RECHERCHER DES BIOMASSES ALTERNATIVES ET NOUVELLES VALORISABLES PAR LES RUMINANTS

2.1. LES RESSOURCES FOURRAGERES

Différents leviers sont à mobiliser pour concevoir des systèmes fourrager plus résilients au réchauffement climatique et aux aléas qui en découlent : la diversité intra et interspécifique dans les écosystèmes prairiaux, les espèces végétales et les variétés mieux adaptées (sorgho, légumineuses des régions méditerranéennes), les cultures dérodées, et les intercultures, les mélanges fourragers, l'agroforesterie, le pâturage d'automne et d'hiver, etc.

En grandes cultures, la réduction des engrais de synthèse et de l'usage des produits phytosanitaires passe par une diversification des rotations rendue nécessaire pour valoriser l'N fixé par les légumineuses, pour perturber les cycles biologiques des espèces invasives et des pathogènes, et aussi rendre plus efficace les approches de biocontrôle. Nombre des cultures de diversification ne sont pas utilisables en alimentation humaine. C'est notamment le cas des légumineuses fourragères (luzerne ou trèfle violet), de la prairie, des intercultures et des cultures dérobées qui en outre offrent l'avantage d'assurer une couverture du sol permanente et de piéger les nitrates.

Un certain nombre de leviers sont donc communs aux objectifs de sécurisation des systèmes fourragers et de réduction de l'impact environnemental des systèmes de cultures. Ils ouvrent des perspectives de nouvelles biomasses valorisables par les ruminants. Cela pose des questions d'organisation des filières (coopération entre cultivateurs et éleveurs, stockage et transport des ressources…) et de nombreuses questions techniques sur le potentiel quantitatif et qualitatif de ces biomasses.

a. Adapter les prairies et leur gestion au changement climatique

Un des premiers leviers pour sécuriser les systèmes fourragers face au réchauffement climatique est le recours à des espèces et des variétés plus adaptées dans les prairies. Il s'agit par exemple d'intégrer dans les prairies temporaires des espèces plus résistantes à la sécheresse comme la fétuque élevée, le dactyle, la luzerne ou des légumineuses annuelles méditerranéennes. Il est également possible de jouer sur la complémentarité des espèces afin d'assurer une production plus continue sur la saison. Dans une revue récente, Lüscher et al. (2022) montrent qu'il existe une variabilité intraspécifique des plantes fourragères à la sécheresse encore peu exploitée et que la variabilité interspécifique permet de stabiliser la production face aux stress climatiques de deux façons : 1) des communautés de plantes diverses ont plus de chance de contenir des plantes résistantes à la sécheresse, et 2) les interactions positives entre plantes permettent à des communautés diverses de compenser les réductions de production dues à une sécheresse modérée. Toutefois il existe un compromis entre adaptation à la sécheresse et qualité du fourrage, les individus ou espèces les plus adaptées aux conditions difficiles étant généralement de rendement et de valeur alimentaire plus faible, du fait d'une stratégie de conservation des ressources, en particulier de l'eau.

La gestion des prairies doit s'adapter aux effets du changement climatique, en exploitant l'herbe plus tôt en fin

d'hiver et plus tard à l'automne, sous réserve que la portance des sols le permette. Les principes d'alignement des besoins des animaux avec la pousse de l'herbe (Baumont et al., 2014 ; Delaby et Horan, 2021) restent valables, mais s'en trouvent compliqués par la variabilité accrue de la pousse de l'herbe et par les périodes estivales de manque d'herbe. Dans la synthèse des projets CLIMALAIT et CLIMAVIANDE, Moreau et al., (2020) montrent les possibilités de mobiliser différents leviers dans les stratégies d'adaptation : date de mise à l'herbe, répartition entre fauches précoces et tardives, pâturage tôt en saison (déprimage) pour décaler le pic de production sur une partie des surfaces, etc.

b. Produire du fourrage d'appoint : intercultures, dérobées et méteils

Les cultures dérobées fourragères cultivées seules ou en mélange (trèfle incarnat, vesce, phacélie, sarrasin, colza fourrager…) sont une solution pour produire du fourrage supplémentaire en intersaison qui peut être récolté et conservé ou pâturé. Leur exploitation peut avoir lieu à la fin de l'été ou à l'automne mais également au printemps, ou bien à la fois en été-automne et au printemps et la valeur nutritive en vert de ces espèces est généralement intéressante (Maxin et al., 2020).

Les méteils ou mélanges de céréales à paille et de légumineuses sont également une solution pour constituer des stocks car les périodes d'implantation, de récolte et les modes de valorisation (pâturage, ensilage ou enrubannage) sont multiples (Legendre et al., 2019). Il existe ainsi une grande diversité de méteils, liée aux caractéristiques et aux proportions des espèces du mélange, à la densité de semis, au mode et stade de récolte. La valeur alimentaire des méteils varie principalement avec la proportion de légumineuses et le stade de récolte : plus un méteil est récolté précocement ou contient de légumineuses, meilleure sera sa valeur nutritive (Maxin et al., 2016 et 2017). Legendre et al. (2019) reportent des valeurs énergétiques comprises entre 0,73 et 0,89 UFL et des valeurs teneurs en MAT entre 93 et 211 g/kg MS pour 406 échantillons d'ensilage de méteils analysés. La valeur protéique des ensilages de méteils est souvent diminuée due à des valeurs élevées d'azote soluble et ammoniac (Maxin et al., 2017), suggérant un intérêt à utiliser des conservateurs d'ensilage (bactéries lactiques ou acides organiques) pour limiter la dégradation des protéines.

Comme pour les méteils, la conservation par voie humide des fourrages d'intercultures est parfois difficile à cause de leur faible teneur en matière sèche (généralement fourrages d'arrière-saison) et en sucres et de leur pouvoir tampon élevé lié à la forte teneur en protéines des légumineuses et/ou protéagineux souvent présents dans ces mélanges. Selon les essais réalisés à INRAE et chez ARVALIS en France (Herremans et al., 2018), et chez PROTECT'EAU en Wallonie [1], les quantités de biomasses récoltées en vert, peuvent atteindre 2,5 t MS/ha après plus de 70 jours d'implantation pour des valeurs nutritives intéressantes en vert. Selon une étude menée en Suisse (Wyss et Mosimann, 2016), les teneurs en matière sèche à la récolte étaient basses (< 25 %) quels que soient les mélanges considérés. Les teneurs en MAT des mélanges en vert dépendaient de la présence de légumineuses et étaient comprises entre 110 g/kg MS et 220 g/kg MS pour une valeur énergétique moyenne de 0,79 UFL/kg MS. Dans de bonnes conditions de récolte et de conservation, la valeur nutritive, et surtout protéique, reste en moyenne correcte après ensilage, l'emploi d'un conservateur d'ensilage à base de nitrite de sodium et d'hexamine s'avérant bénéfique (sans conservateur, perte moyenne de 11% d'UFL, et de 30% de PDI ; avec conservateur, perte de 3% pour les UFL et de 26% pour les PDI). L'étude de Herremans et al. (2018) menée dans 52 fermes wallonnes montre que la diversité des mélanges rencontrés en ferme est grande (plus de 40 associations différentes d'espèces observées), les associations les plus représentées étant le ray-grass - trèfle (11% des fourrages) et l'avoine-pois (8%). L'analyse de 91 ensilages montre que les teneurs en matières sèches étaient assez élevées (38,2 +/- 15,4 %) et les valeurs nutritives comparables à celles décrites par Wyss et Mosimann (2016). En ce qui concerne la conservation des protéines, la proportion moyenne d'ammoniac de ces ensilages était toutefois élevée (> 10% de l'azote total).

Le pâturage des intercultures, notamment via des partenariats agriculteurs-éleveurs (projet H2020 DIVERIMPACT) est une autre façon de valoriser ce type de fourrage. Le partenariat est gagnant-gagnant, les intercultures fournissent des fourrages de bonne qualité aux animaux, les animaux désherbent et fertilisent les sols par leurs déjections. Ce pâturage d'intercultures est surtout réalisé en automne et en hiver, par des ovins. En raison de sa taille et de son poids, le mouton ne risque pas dégrader la structure du sol malgré des conditions peu portantes des sols à cette période (Régibeau, 2019). Les intercultures pâturables par des ovins sont diverses : repousses de colza en fin d'été, couverts gélifs (tournesol, nyger, trèfle, féverole, phacélie) jusqu'en novembre, couverts d'automne implanté après céréales gélifs ou non d'octobre à janvier, couverts non gélifs avant semis de printemps (RWDR 2020[2]). Pour ce qui est des rendements disponibles, plusieurs suivis réalisés en Wallonie ont permis d'observer des rendements généralement compris entre 2 et 3 t MS/ha. Ces rendements sont cependant largement dépendants des conditions climatiques estivales (implantation et croissance des mélanges), des mélanges et du précédent cultural. Par exemple, en 2020, des couverts semés en Wallonie après du blé ont produit à peine 1 t MS/ha en raison de la sécheresse au moment du semis (Herremans et al., 2021) Ce sont généralement des brebis en lutte ou des brebis gestantes qui pâturent ce type de fourrages. En France, des essais menés au Centre Interrégional d'Information et de Recherche en Production Ovine (87) ont montré qu'il était possible d'engraisser des agneaux en pâturant des intercultures. Selon Sagot (2017), de l'ordre de 20 agneaux peuvent être engraissés par ha d'intercultures si la biomasse disponible atteint 2 t MS/ha. Pour pâturer des intercultures, le pâturage doit être tournant dynamique ou cellulaire. Il nécessite la pose de clôtures mobiles électrifiées placées pour une durée déterminée. La vitesse de rotation dépend non seulement de la biomasse disponible mais aussi du nombre d'animaux présents. Bien choisir le chargement instantané est primordial. Si la charge instantanée est trop élevée, le travail de changement des animaux de parcelles à pâturer devient très contraignant.

Un autre levier est l'utilisation en dérobées estivales de graminées à photosynthèse en C4 (moha, millet perlé, teff grass, sorgho multicoupe) associées ou non avec une ou des légumineuses (par exemple, le trèfle d'Alexandrie). Les plantes en C4 sont originaires des zones intertropicales et caractérisées par un type de photosynthèse où les premières molécules synthétisées comportent 4 atomes de carbone, contrairement aux plantes tempérées qui synthétisent des molécules à 3 atomes de carbone. Les graminées en C4 sont plus résistantes aux conditions de chaleur et d'aridité. Ces espèces sont généralement semées après des céréales à paille ou un méteil et sont pâturées par les animaux pendant la période estivale. La qualité nutritionnelle de ces espèces

[1] https://protecteau.be/resources/shared/publications/articles/CIPAN%20fourrager.pdf

[2] https://www.reseau-pwdr.be/sites/default/files/ovin_web.pdf

cultivées sous nos conditions est encore peu connue (Heuzé et al., 2015a et b, 2020). Cependant, des essais en cours à la ferme expérimentale des Bordes et à INRAE Val de Loire de Nouzilly sur les dérobées estivales observent que le sorgho multicoupe et le teff grass seraient les espèces les plus intéressantes en termes de potentiel de production et de valeur alimentaire (Hernandez et al., 2021). Les teneurs en MAT des deux espèces étaient comprises entre 115 et 180 g/kg MS et les UFL entre 0,74 et 0,90. Ces deux espèces ont été bien consommées au pâturage par des génisses et des ovins.

c. Intégrer l'agroforesterie dans les systèmes d'élevage

Pour améliorer le niveau d'autonomie alimentaire, l'utilisation des ressources ligneuses peut apporter une contribution intéressante. Selon Emile et al., (2017), la fonction fourragère des ligneux est très marginale dans les exploitations d'élevage. Pourtant, les espèces ligneuses (arbres, arbustes et lianes) valorisables par le bétail sont nombreuses et leur valeur nutritive intéressante malgré une variabilité importante au sein de ces ressources. Ainsi Vandermeulen et al. (2016) situent la teneur moyenne en protéines des fourrages ligneux à 178 g/kg MS au printemps et 133 g/kg MS en fin d'été, pour des valeurs de digestibilité supérieure à 85 % au printemps, cette digestibilité diminuant tout au long de la saison de pâturage. Les mêmes résultats ont été observés dans des projets ARBELE (Moreau et al. 2020) et PARASOL (Novak et al. 2020) qui ont montré que des espèces comme le mûrier blanc, le sureau ou le prunelier présentent de très bonnes valeurs nutritives pour les ruminants. Les fourrages ligneux sont également intéressants de par leur teneur en macro et micro nutriments qui peuvent bien complémenter les rations des vaches laitières. Le projet AGFORWARD (www.agforward.eu) a ainsi montré que les saules et les aulnes sont plus riches que l'herbe de ce point de vue (teneur en sélénium particulièrement). Les espèces comme la vigne, le chêne vert, le robinier sont également riches en tanins condensés, ce qui rend les protéines de ces végétaux moins dégradables dans le rumen (Vandermeulen et al., 2016 Emile et al., 2017 ; Novak et al., 2020 ;). Les fourrages ligneux, de par leur composition chimique particulière doivent donc être considérés comme des compléments à part entière des rations des ruminants. Selon Liagre et al. (2020), il existe une diversité d'aménagements ligneux à vocation fourragère : arbres hautes tiges dont la taille (émondage) est distribuée aux animaux, tables fourragères ponctuellement exploitées soit par pâturage, soit par coupe mise à disposition des animaux, arbres têtards (trognes) pâturables, haies fourragères diverses, pouvant dans le cas du plessage (haies composées d'un entrelacement de rejets des souches, de branches arbustes) qui, une fois développé, peuvent constituer de véritable clôture vivante, infranchissable par le bétail. Les ligneux permettent de suppléer au manque de fourrage en cas de sécheresse tout en préservant les stocks constitués pour la période hivernale. Des études menées en Nouvelle Zélande, ont montré le potentiel fourrager de taillis à très courte rotation de saule. Selon cette expérimentation, le taillis de saule réparti sur une surface de 4 ha permettait un pâturage complémentaire de 70 à 110 jours par an pour un troupeau de 100 brebis, avec 5 périodes de pâturage contrôlé entre le printemps et l'été (The New Zealand Poplar & Willow Research Trust, 2013). Des questions de recherches restent cependant ouvertes sur la gestion de ces ligneux et leur résilience à un pâturage soutenu, sur les densités à implanter pour un bon équilibre des ligneux et de la prairie, et sur la protection des ligneux contre les ruminants lors de l'implantation.

Pour résumer cette partie sur les ressources fourragères, la figure 1 positionne par rapport à la valeur alimentaire des fourrages « classiques » bien renseignée dans les tables INRA2018, celle de certaines ressources fourragères nouvelles ou alternatives. Les dérobées estivales en vert présentent une valeur alimentaire dans la gamme des meilleures ressources pâturées. Les méteils ensilés riches en légumineuses et les ensilages de sorgho grain présentent une densité énergétique intéressante.

2.2. LES MATIERES PREMIERES CONCENTREES

a. Aliments issus de nouveaux procédés technologiques

La recherche d'autonomie protéique des filières animales conduit aussi à développer de nouveaux procédés technologiques qui vont améliorer la valorisation des ressources végétales existantes et créer de nouvelles biomasses : par exemple, la valorisation des graines comme la féverole et le pois peut être améliorée par de nouvelles méthodes d'extrusion, de toastage qui est maintenant envisageable à la ferme (cf. par exemple le projet PROTECOW) et de décorticage (Nozière et al., 2022). La concentration et la biodisponibilité des protéines des tourteaux de colza et tournesol pourraient être accrues par de nouveaux procédés comme le blutage. Le « bioraffinage » des fourrages est une technique qui se développe, en particulier dans les pays du nord de l'Europe (Jorgensen et al., 2022). Le fractionnement des légumineuses fourragères ou de prairies permet d'extraire environ 40% des protéines du fourrages dans un concentré contenant environ 50% de protéines pouvant être utilisé en substitution du soja pour alimenter des porcs ou des volailles (Jorgensen et al. 2022). Le résidu fibreux contenant 150-180 g/kg de protéines peut être valorisé par des ruminants, ou pour la production d'énergie ou encore pour l'extraction d'autres molécules d'intérêts.

Dans un contexte d'élevage tropical, citons les travaux conduits sur les ressources duales, dont la valorisation intégrale concilie les besoins de l'Homme et de l'animal (graines et fanes de légumineuses, tubercules et feuilles de manioc ou de patate douce…) et sur l'enrichissement protéique par culture de microorganismes sur des substrats riches en glucides (tubercules de manioc, canne à sucre…) (Archimède et al., 2018). Le développement de ces nouvelles technologies pose de nombreuses questions, en premier lieu celles de l'organisation des filières et de l'efficience énergétique des procédés.

b. Les coproduits issus des industries agro-alimentaires

Des gisements de coproduits sont aujourd'hui bien connus et valorisés en élevage. En France, une enquête nationale réalisée en 2017 a permis d'identifier un gisement actuellement valorisé de 12,1 millions de tonnes de matière sèche (MS) de coproduits générés par les industries agroalimentaires. Ceux-ci sont valorisés à 76% en alimentation animale (animaux de rente et de compagnie) (RESEDA, 2017). Les autres usages sont, par ordre d'importance, l'industrie alimentaire de seconde transformation, l'agronomie et l'énergie D'autres études ont été menées pour apporter des chiffres plus précis à pour différentes régions et ainsi mieux cerner les enjeux à l'échelle des territoires. Ainsi, 125 000 tonnes MS de coproduits ont été répertoriées en Normandie (RESEDA, 2019) et 1,9 millions de tonnes MS en région Grand-Est dans le projet COPRAME (Idele, 2021a). Ces gisements sont déjà bien valorisés notamment en alimentation animale et représentent 61% des utilisations en Normandie et 98% en Grand-Est respectivement. Mais de nouveaux gisements et de nouveaux usages pour les gisements déjà valorisés peuvent être identifiés. En particulier, en Europe, environ 50% des fruits et légumes sont perdus au cours de la chaine de production et de consommation (Halmemies-Beauchet-Filleau et al., 2018). La valorisation de biomasses pour la production de biomatériaux pourrait aussi conduire à de nouveaux coproduits valorisables en élevage. Outre la question de l'organisation des filières, les questions concernent donc la connaissance fine, la conservation et l'utilisation dans la ration des animaux de ces coproduits.

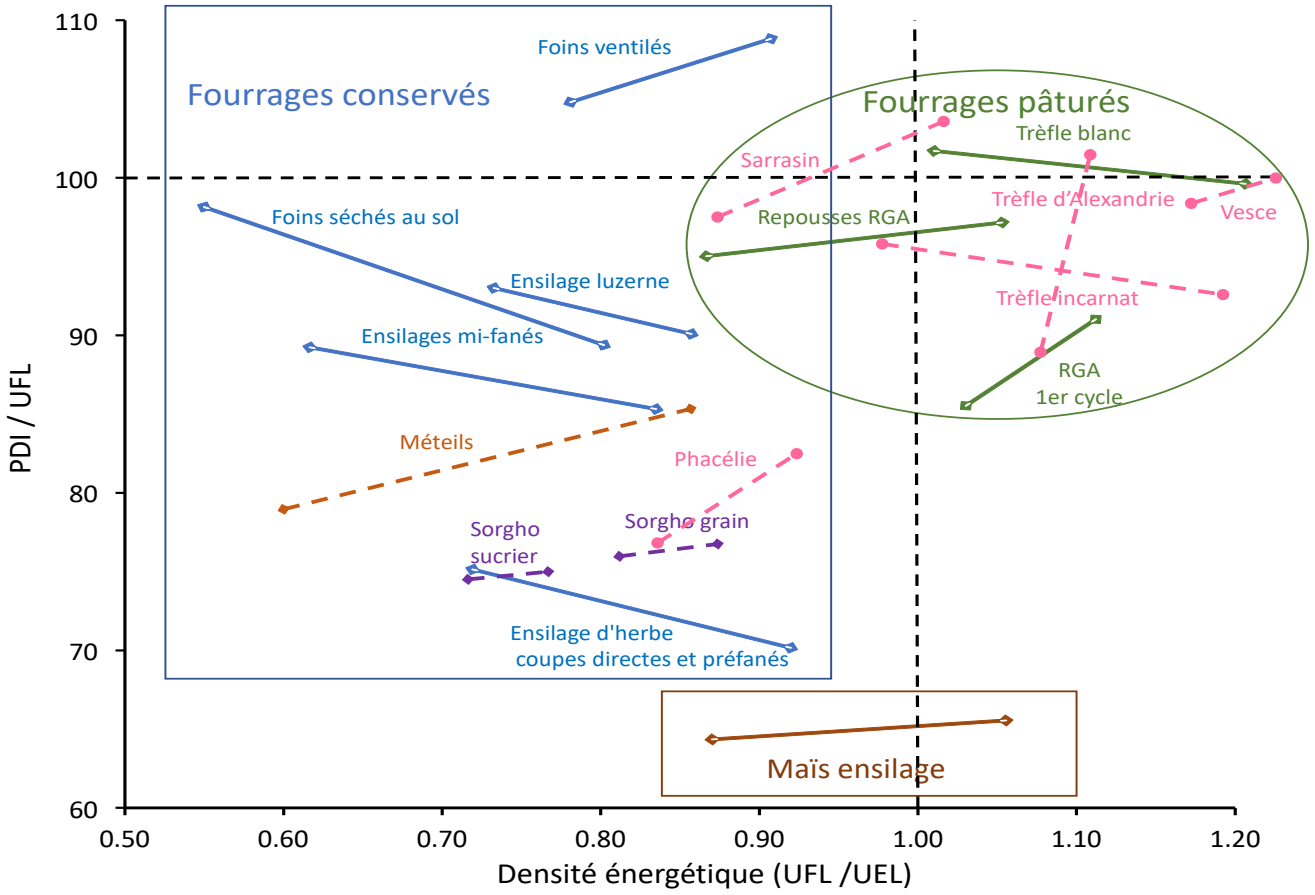


Figure 1. Relations entre la densité énergétique des fourrages et leur concentration en protéines digestibles par unité fourragère. *Les traits pleins correspondent aux fourrages des tables INRA (INRA, 2018) et représentent la plage de variation renseignée selon le stade d'exploitation du fourrage. Les traits pointillés représentent des catégories de fourrages non renseignées dans les tables INRA : en rose, des espèces fourragères utilisées en dérobées estivales (Maxin et al., 2020) ; en violet des valeurs pour les ensilages de sorgho estimées à partir des données de Brunschwig et al., (2008) et de Chauveau et Uijttewaal (2020) ; en marron les données sur les méteils estimées à partir de Legendre et al., (2019).*

Pour un même coproduit, des variations saisonnières peuvent être constatées en fonction des conditions de culture, de récolte et de stockage et/ou du process industriel. Afin de garantir la qualité de ces coproduits, des techniques de conservation appropriées doivent être mises en œuvre en élevage et des précautions d'emploi dans les rations. Ainsi, un stockage en cuve peut être proposé pour des coproduits liquides comme des lactosérums. Pour des pulpes de betteraves surpressées, la réalisation d'un ensilage permet de garantir une bonne conservation en vue d'une utilisation dans la ration de bovins. Dans le but de valoriser ces coproduits, il est possible d'aller encore plus loin dans le niveau de connaissance des coproduits en analysant la teneur en composés secondaires (phénols, tannins, etc.) ainsi que de la digestibilité de différentes fractions d'intérêt. La question de la connaissance de la digestibilité et de la valeur protéique des biomasses lignocellulosiques reste posée notamment pour une valorisation par les ruminants (fourrages pauvres, paille). Certains coproduits, tout comme les fourrages tropicaux (Archimède et al., 2018), pourraient bénéficier des innovations et des traitements enzymatiques développés dans le cadre de la chimie verte pour améliorer leur valeur nutritionnelle pour une valorisation en alimentation animale. Au-delà de ces opportunités techniques, il convient donc de rappeler que la valorisation des coproduits par les animaux d'élevage doit être sans risque sanitaire pour ceux-ci, notamment vis-à-vis des bactéries, des mycotoxines et des contaminants physiques et chimiques (Chapoutot et al., 2018). Ces risques peuvent être gérés du champ à l'élevage en passant par l'usine, à travers des démarches d'analyse de risque des bonnes pratiques et des contrôles qualité. Enfin, un critère primordial reste l'intérêt économique des filières pour valoriser des coproduits en alimentation animale. La formulation multicritère des aliments pour animaux (nutrition, environnement, etc.), couplée à une optimisation économique, doit permettre d'assurer un choix pertinent pour valoriser au mieux les coproduits en alimentation animale en fonction du type d'animal, de la ration proposée et des objectifs de performances (Chapoutot et al., 2018).

2.3. LES INVERTEBRES ET LES ALGUES : DE NOUVELLES SOURCES DE PROTEINES ?

a. Les insectes

Au cours des cinq dernières années, les insectes ont été identifiés comme des aliments alternatifs pour les animaux d'élevage (van Huis, 2020). La teneur en protéines des insectes est généralement supérieure ou égale à celle du tourteau de soja et ils sont riches en acides aminés essentiels comparés aux protéines végétales (Hawkey et al., 2021). Ils sont également riches en lipides et leur composition en acides gras dépend des classes d'insectes (Hawkey et al., 2021). Ils peuvent donc être utilisés comme source de protéines ou d'énergie dans les rations. Par ailleurs, la production d'insectes à partir de déchets alimentaires, de coproduits et de résidus issus de l'industrie agro-alimentaires se développe (Spranghers et al., 2017 ; Meneguz et al., 2018). Ce nouveau système de production constitue un modèle circulaire et durable pour produire des aliments pour l'alimentation animale et participe à réduire la compétition avec l'alimentation humaine. L'utilisation des insectes dans l'alimentation avicole et porcine est autorisée dans l'UE depuis 2021. Même si leur utilisation chez les ruminants reste interdite, l'intérêt nutritionnel de leur utilisation chez les ruminants s'accroit.

Comparé au tourteau de soja, plusieurs auteurs ont observé une diminution de la digestibilité *in vitro* de la matière organique et de la production de méthane avec les tourteaux d'insectes (Jayanegara et al., 2017a,b ; Renna et al., 2022). Ces réductions s'expliqueraient par la composition des insectes. Ils sont riches protéines et en lipides, pauvres en glucides ce qui limite les fermentations ruminales. Ils contiennent également de la chitine, composé partiellement indigestible. La dégradation ruminale des protéines serait également plus faible que celle du tourteau de soja (Toral et al., 2022 ; Renna et al., 2022), ce qui est intéressant pour augmenter la quantité de PDIA, d'autant que des digestibilités intestinales *in vitro* élevées ont été mesurées (Toral et al., 2022). Deux études ont validé *in vivo* l'intérêt de remplacer le tourteau de soja par des tourteaux d'insectes (Astuti et al., 2019 ; Fukuda et al., 2022).

b. Les algues et microalgues

Le potentiel d'utilisation des algues et microalgues en tant que matière première pour l'alimentation animale paraît modeste du fait de leur faible teneur en matière sèche qui nécessiterait de l'énergie pour concentrer les nutriments. En revanche, les algues peuvent fournir des composés d'intérêt utilisables comme additifs pour l'alimentation animale. Les algues présentent un potentiel en tant que supplément lipidique pour accroitre la teneur en lipides d'intérêt nutritionnel (AG poly-insaturés à chaine longue type EPA/DHA) dans les produits animaux. Certaines algues marines peuvent présenter un intérêt pour réduire les émissions de méthane entérique grâce à une forte teneur en bromoforme qui agit sur la méthanogénèse. C'est notamment le cas pour les algues rouges comme *Asparagopsis armata* et *Asparagopsis taxiformis* (Vijn, et al., 2020). Les réductions pourraient être très importantes et atteindre -80% chez les bovins sans modifier les performances zootechniques (Honan et al., 2020). En France, le projet METH'ALGUES visant à évaluer des ressources algales locales sur cette question a débuté en 2021 (Idele, 2021b). Des tests *in vitro* puis *in vivo* permettront de conclure sur l'intérêt d'algues disponibles sur les côtes françaises autres que des algues rouges. De nouvelles technologies pourraient rendre les microalgues compétitives en tant que ressources alimentaires à l'avenir. Des systèmes de production de microalgues couplés à l'alimentation en eau des animaux sont à l'étude. La production de biocarburants dérivés de microalgues pourrait générer des résidus délipidés d'intérêt pour l'alimentation animale (Halmenies-Beauchet-Filleau et al., 2018).

Pour résumer cette partie sur les matières premières concentrées, les insectes et les algues, la figure 2 illustre la diversité des matières premières et coproduits végétaux pouvant être utilisée en alimentation des ruminants et de leurs teneurs en protéines et en parois végétales. Quelques données concernant les algues, les microalgues et les farines d'insectes sont positionnées sur ce graphique.

3. EVALUER LES NOUVELLES RESSOURCES, AGREGER ET TRANSFERER LES CONNAISSANCES

L'utilisation de nouvelles biomasses dans l'alimentation des ruminants suppose d'en connaître les caractéristiques nutritionnelles afin de bien les valoriser dans les rations.

3.1. EVALUER LES ALIMENTS

a. Nouveaux besoins de caractérisation fine des aliments

Les multiples finalités (productivité, efficience, résilience, santé des animaux et des consommateurs de produits animaux, environnement) auxquelles l'alimentation des ruminants doit répondre rend nécessaire de caractériser plus finement les aliments. Cela recouvre notamment la caractérisation des polysaccharides complexes des parois végétales et leurs rôles nutritionnels et fonctionnels (santé du tube digestif), les acides aminés indispensables pour la nutrition des animaux à fort potentiel, les acides gras (Glasser et al., 2013) les micronutriments (oligoéléments, vitamines – Graulet, 2022), les composés secondaires dont certains peuvent avoir des effets alicaments comme par exemple les tanins condensés de certaines légumineuses (Aufrère et al., 2012), mais aussi des composés antinutritionnels pouvant affecter les performances des animaux, leur santé, les rejets ou la qualité des produits .

b. Evaluation de la valeur alimentaire par les méthodes de référence

Les méthodes de référence pour évaluer les aliments des ruminants reposent sur la mesure *in vivo* de leur digestibilité dans l'ensemble du tube digestif (Demarquilly et al., 1995), de leur dégradation *in situ* dans le rumen (principalement pour les fractions azotées et amylacées) et de leur ingestibilité pour les fourrages (Baumont et al., 2018a). Même si le nombre de données de référence accumulées au cours du temps et disponibles dans la littérature est conséquent, l'utilisation de nouvelles ressources dans les rations nécessite l'acquisition d'un nombre suffisant de nouvelles données de référence pour les caractériser. Ces dernières permettront de vérifier la validité des modèles de prévision de la valeur alimentaire pour ces nouvelles ressources. On pourra alors soit étendre leur domaine de validité, soit créer des modèles de prévision spécifiques. C'est en particulier le cas pour les coproduits dont la composition peut varier fortement (cf. 2.2.b).Il est donc important de maintenir des dispositifs de référence pour l'évaluation *in vivo* de nouvelles ressources alimentaires utilisées pour l'alimentation des ruminants. L'évolution des thématiques scientifiques, la rationalisation des outils expérimentaux et la prise en compte en expérimentation animale du principe des 3R (Remplacer, Réduire, Raffiner) ont conduit à réduire fortement en France comme à l'étranger le nombre de sites permettant de réaliser ces méthodes de références. Ainsi, à INRAE, le nombre d'ateliers permettant la mesure de la digestibilité et de l'ingestibilité des fourrages par la méthode de référence est passé de 7 dans les années 1990 à 3 dans les années 2020. En complément, pour certains critères de caractérisation des aliments, le développement des techniques de précision en élevage expérimental voire commercial, par exemple les mesures automatisées des quantités ingérées, ouvrent des perspectives pour le « phénotypage à haut débit » des ressources alimentaires conjointement à celui des animaux.

c. Méthodes alternatives et de prévision

Pour prévoir la valeur des aliments sur le terrain, pour faire du criblage d'un grand nombre de matières premières ou pour réduire l'utilisation d'animaux expérimentaux, des méthodes basées sur des approches *in vitro* et/ou des relations statistiques entre la composition des aliments et leur utilisation par les animaux ont été développées (Givens et al., 2000). Certaines techniques existent depuis longtemps comme les méthodes *in vitro* (Tilley et Terry, 1963) et les méthodes enzymatiques (Aufrère et al., 2007), et font toujours l'objet de développements pour augmenter leur précision et leur domaine d'application (Le Morvan et al., 2016). Pour répondre à la demande sociétale, l'arrêt programmé en France pour 2025 de l'utilisation des vaches munies d'une canule du rumen nécessite de mettre au point une méthode de référence alternative basée sur une approche *in vitro* pour la mesure de la dégradation des aliments dans le rumen. Dans ce but, INRAE conduit actuellement le programme ALTERFI avec le soutien des principales entreprises du secteur de l'alimentation des ruminants.

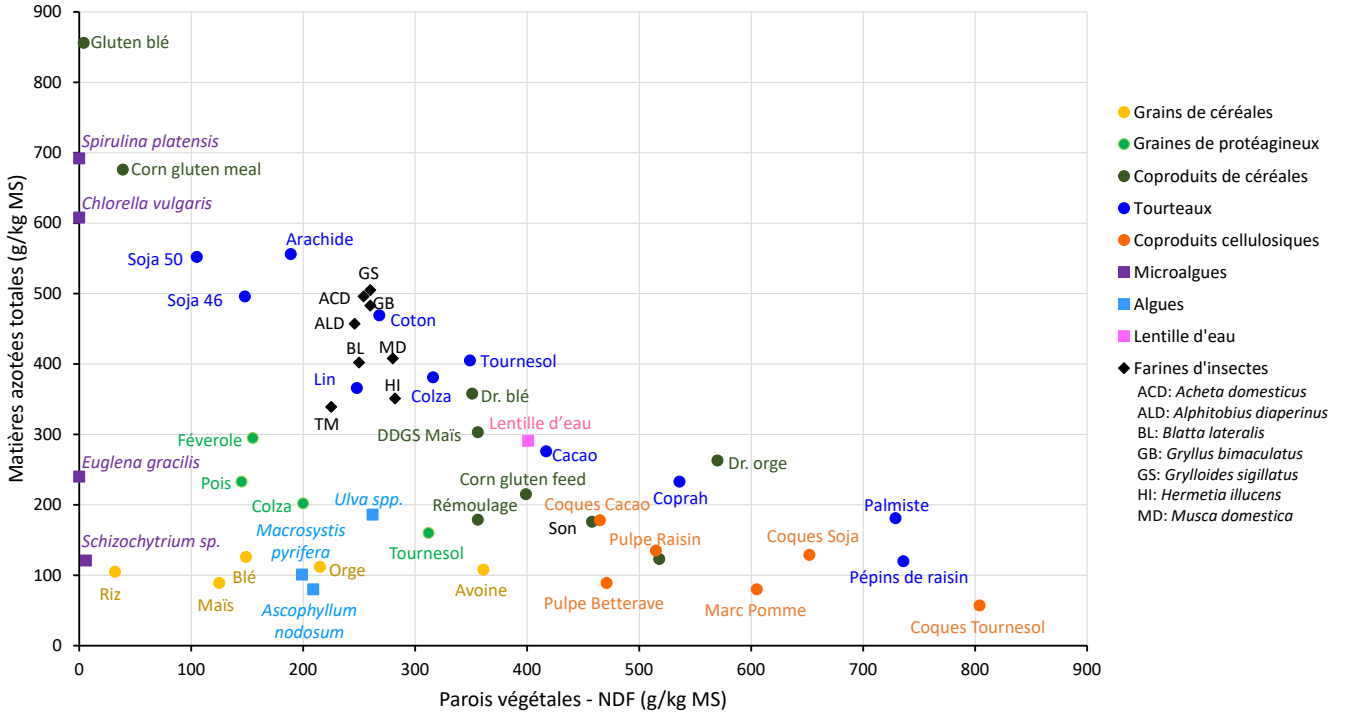


Figure 2. Teneurs moyennes en protéines (MAT) et en parois végétales (NDF) pour les principaux groupes de matières premières actuellement utilisées ou potentiellement utilisables en alimentation des ruminants.
Les aliments représentés par des ronds (grains de céréales, graines de protéagineux, coproduits de céréales, tourteaux, coproduits cellulosiques) sont présents dans les tables INRA (INRA, 2018). Les données sur les algues, microalgues et la lentille d'eau sont issues de Halmemies-Beauchet-Filleau et al. (2018) et les données sur les farines d'insectes de Renna et al. (2022).

D'autres méthodes, plus récentes comme la spectrométrie dans le proche infra-rouge (SPIR), présentent un potentiel d'innovation fort (Andueza et al., 2011 ; Bastianelli et al., 2018). Basée sur l'absorption de la lumière infrarouge par la matière organique des échantillons, cette méthode non invasive et non destructive des échantillons peut être appliquée sur de nombreuses matrices alimentaires (fourrages, coproduits, ingrédients des rations) ou produites par les animaux (lait, fèces). Elle permet une estimation de la composition chimique des aliments en termes de teneurs en protéines, fibres, digestibilité enzymatique mais également, à titre expérimental, une estimation de l'utilisation digestive des rations. Ainsi, par exemple la mesure de la digestibilité d'une ration et des émissions de méthane à l'échelle d'un individu à partir du spectre infra-rouge d'un simple prélèvement de fèces constitue une perspective prometteuse tant pour l'évaluation des ressources que le phénotypage des animaux (Andueza et al., 2021).

La miniaturisation des spectromètres infrarouges permet aujourd'hui d'envisager une utilisation sur le terrain pour une analyse directe des échantillons de matières premières fraiches. Ces développements récents permettent de s'affranchir des étapes de séchage et de broyage préalables à toutes analyses. Cependant, analyser les échantillons sur les lieux de prélèvements n'a de sens que si les performances des spectromètres portables ne sont pas impactées par cette miniaturisation. Selon Bastianelli et al. (2018), les spectromètres infrarouges portables permettent de prédire avec une fiabilité raisonnable les principales caractéristiques nutritionnelles des aliments (humidité, protéines brutes, fibres, digestibilité de la matière sèche…). En raison de l'humidité, de l'hétérogénéité des échantillons et de la simplification des appareils de mesures, la précision des étalonnages est cependant significativement plus faible qu'avec des échantillons secs sur des appareils de laboratoire, et l'erreur de prédiction généralement multipliée par un facteur de 1,3 à 3,0.

Récemment, dans le cadre du projet régional wallon EFFORT (www.cra.wallonie.be/fr/effort), plusieurs types d'appareils portables ont été comparés sur différents types de fourrages. Les performances varient entre appareils. Les paramètres comme l'humidité, les protéines et la cellulose semblent raisonnablement bien prédits. Des erreurs plus importantes ont été observées pour la composition en fibres (NDF – ADF) et la digestibilité enzymatique (Fernandez-Pierna et al., 2021) Le développement de base de données spectrales sur matériel frais, couvrant une large variété d'aliments (fourrages et matières premières) conditionnera l'utilisation en routine de ce type d'appareils.

3.2. AGREGER ET TRANSFERER LES CONNAISSANCES

La création et le transfert des connaissances sur les aliments ont longtemps été fondés sur la simple compilation de données expérimentales, diffusées sous forme de tables publiées sur papier de façon plus ou moins périodique. Dans les trois dernières décennies, la génération massive de données dans les laboratoires spécialisés ainsi que l'utilisation de l'informatique ont permis le développement de tables basées sur l'exploitation et la méta-analyse de larges bases de données intégrant les résultats de la littérature internationale. La diffusion des tables privilégie maintenant les supports numériques et en libre accès (Open Access).

a. Agréger les données de composition et les valeurs nutritionnelles : une étape indispensable pour intégrer de nouvelles ressources dans l'alimentation des ruminants

La collecte de données est la première étape pour la mise en place d'un système d'information cohérent sur la composition et la valeur nutritionnelle des matières premières destinées à l'alimentation animale.

Les travaux menés par l'Association française de zootechnie (AFZ) depuis 1989 dans le cadre de la Banque de données de l'alimentation animale française ont permis une collecte massive de données (3 millions de données dont 100 000 *in vivo*) pour 600 000 échantillons correspondants à près de 7 000 matières premières et fourrages différents. Les travaux conduits à INRAE sur les fourrages depuis les années 1950 ont permis de constituer une base de données de plus de 2000

mesures de digestibilité et d'ingestibilité sur les fourrages verts de graminées et de légumineuses et de 290 mesures sur le maïs. Cette base de données a été complétée par plus de 300 mesures permettant de prévoir la valeur des fourrages conservés à partir de celle du fourrage vert correspondant, et par plus de 450 mesures de dégradation de l'azote dans le rumen (Baumont et al., 2018a, b).Avoir de nombreuses données permet de couvrir les besoins en information de façon à la fois qualitative, quantitative (en termes de produits et de paramètres nutritionnels) et sécurisée (élimination des données anormales). L'exploitation statistique de ces bases de données donne lieu à l'établissement d'équations de prédiction liant des valeurs chimiques entre elles ou des valeurs chimiques et des valeurs nutritionnelles mesurées *in vivo*. Il devient alors possible de calculer des valeurs type de composition chimique et nutritionnelle qui ne sont pas de simples moyennes de valeurs brutes.

b. Produire des tables de référence

Des premières tables de la valeur des fourrages ont été proposées par Demarquilly et Weiss (1970), INRA (1978) et Andrieu et al., (1989). Depuis 2002, les travaux conjoints d'INRAE et de l'AFZ ont abouti à la création de plusieurs tables de références : tables multi-espèces de matières premières (« Tables vertes », Sauvant et al., 2004), tables pour ruminants contenant à la fois des données de matières premières et de fourrages (INRA, 2007). La rénovation des systèmes d'alimentation des ruminants (INRA, 2018) a inclus celle des tables qui sont désormais consultables en ligne : www.feedtables.com pour les tables matières premières multi espèces et www.inration.fr pour les tables des fourrages et des concentrés utilisés pour les ruminants (cf. données des tables présentées dans les figures 2 et 3).

c. Etendre la portée des tables, améliorer la caractérisation des matières premières

Suite au succès des « Tables vertes » et des tables pour les ruminants à l'international (elles ont été traduites en Anglais, Espagnol et Chinois), l'AFZ a entrepris en 2006, en collaboration avec INRAE, le CIRAD et la FAO, la construction de tables destinées initialement aux régions chaudes. Ce travail est devenu par la suite Feedipedia (www.feedipedia.org), une encyclopédie des aliments pour animaux de ferme de portée mondiale et accessible gratuitement sur internet depuis 2012. Cette encyclopédie propose à la fois une caractérisation qualitative des aliments (description botanique et physique, conditions de culture et d'obtention, contraintes et modalités d'utilisation pour les différentes productions animales), et une caractérisation quantitative via des tables de composition et de valeurs nutritionnelles sur plus de 1500 matières premières et fourrages. Feedipedia est un outil de transfert de connaissances majeur, consulté dans le monde entier par plus d'un million de visiteurs par an. Dans le contexte du changement climatique, Feedipedia constitue une source d'information précieuse pour ceux qui envisagent de recourir à des aliments adaptés aux sécheresses ou capables de remplacer des cultures précédemment détruites (après une grêle ou un gel tardif). Avec 72% d'aliments alternatifs, Feedipedia offre une base de connaissances solide pour choisir ceux qui, dans les rations, remplaceront opportunément les matières premières et fourrages conventionnels et pourront ainsi contribuer à la résilience des élevages.

d. Offrir des outils de calcul de valeurs alimentaires et de calcul des rations

Les données publiées dans les tables INRAE et INRAE-AFZ sont par construction des données correspondant à des aliments « moyens ». Pour une meilleure précision dans les calculs de ration, ces tables viennent nourrir différents outils, dont le module PrevAlim du logiciel de rationnement INRAtion V5 et RUMIN'AL développé par INRAE avec France Conseil Elevage (www.inration-ruminal.fr) et le calculateur multi-espèces Feedinamics (www.feedinamics.com) développé par l'AFZ avec A-Systems. Grâce à ces outils, l'utilisateur peut calculer les valeurs alimentaires de ses propres aliments (matières premières seules pour toutes espèces animales pour Feedinamics ; toutes matières premières et fourrages pour les ruminants pour PrevAlim dans INRAtion et RUMIN'AL) et, pour les deux outils INRAE, calculer les valeurs de rations complètes. INRAtion V5 et RUMIN'AL intègrent des lois de réponses multicritères qui permettent d'évaluer les rations sur différents aspects, en particulier les rejets dans l'environnement (N, CH4), et le risque d'acidose.

CONCLUSION

Cette synthèse met en lumière les nombreux enjeux climatiques, environnementaux, économiques et sociétaux qui questionnent les ressources alimentaires pour les ruminants. Face à ces enjeux, de nombreux leviers existent soit pour adapter les ressources existantes soit pour développer de nouvelles ressources. Ils mettent en évidence le rôle accru que devront jouer les légumineuses fourragères et à graines, les plantes adaptées à des climats plus chauds et secs, les ressources ligneuses et les coproduits végétaux dans l'alimentation des ruminants. Caractériser ces nouvelles ressources alimentaires nécessite d'obtenir de nouvelles données par les méthodes de référence d'évaluation des aliments pour pouvoir conforter les bases de données et les outils de prévision existants dans une démarche d'évaluation multicritère. Ces perspectives sur l'alimentation des ruminants questionnent aussi les caractéristiques des animaux, leur conduite, et plus largement l'organisation des filières de ruminants, autant de sujets que nous n'avons pas abordés ici. S'adapter au changement climatique, réduire les impacts sur l'environnement des élevages par plus d'autonomie alimentaire et de circularité nécessitera de rechercher des optimums de production permis par les ressources alimentaires disponibles en local plutôt que de maximiser le potentiel de production des animaux.

Agreste 2020. https://agreste.agriculture.gouv.fr/agreste-web/

Andueza D., Picard F., Pradel P., Egal D., Hassoun P., Peccatte J.R., Baumont R., 2011. Reproducibility and repeatability of forage in vivo digestibility and voluntary intake of permanent grassland forages in sheep. Livestock Science, 140, 42-48

Andueza, D., Dehareng, F., Rochette, Y., Martin, C., Vanlierde, A., Picard, F., Morgavi, D., Pourrat, J., 2021. Influence of measurement method of methane on the performances of faecal NIRS models in cattle. EAAP conference, Davos, Abstract.

Andrieu J., Demarquilly C., Sauvant D., 1989. Tables of feeds used in France. In: Jarrige, R. (Ed.), Ruminant Nutrition: recommended allowances and feed tables. INRA, John Libbey Eurotext, Paris, pp. 213-204.

Archimede H., Bastianelli D., Fanchone A. Gourdine J.-L., Fahrasmane L., 2018. Aliments protéiques dans les systèmes mixtes intégrés polycultures-élevage en régions tropicales. In : Ressources alimentaires pour les animaux d'élevage. Baumont R. (Ed). Dossier, INRA Prod. Anim., 31, 221-236.

Astuti DA, Anggraeny A, Khotijah L, Suharti S, Jayanegara A. 2019. Performance, physiological status, and rumen fermentation profiles of pre- and post-weaning goat kids fed cricket meal as a protein source. Trop Anim Sci J. 42:145–151. https://doi.org/10.5398/tasj.2019.42.2.145.

Aufrere J., Baumont R., Delaby L., Pecatte J.-R., Andrieu J., Andrieu J.-P., Dulphy J.-P. (2007). Prévision de la digestibilité des fourrages par la méthode pepsine-cellulase. Le point sur les équations proposées. INRA Prod. Anim., 20, 129-136.

Aufrere J., Theodoridou K., Baumont R., 2012. Valeur alimentaire pour les ruminants des légumineuses contenant des tannins condensés en milieu tempérés. INRA Prod. Anim., 25, 29-44

Bastianelli D., Bonnal L., Barre P., Nabeneza S., Salgado P., Andueza D., 2018. La spectrométrie dans le proche infrarouge pour la caractérisation des ressources alimentaires. In : Ressources alimentaires pour les animaux d'élevage. Baumont R. (Ed). Dossier, INRA Prod. Anim., 31, 237-254.

Baumont, R., Lewis, E., Delaby, L., Prache, S., Horan, B. (2014). Sustainable intensification of grass-based ruminant production. Grassland Science in Europe, 19, 521-532.

Baumont R., Bastien D., Férard A., Maxin G., Niderkorn V., 2016. Les intérêts multiples des légumineuses fourragères pour l'alimentation des ruminants. Fourrages, 227, 171-180.
Baumont, R., Sauvant, D., Maxin, G., Chapoutot, P., Noziere, P. (2018a). Méthodes d'évaluation de la valeur des aliments et bases de données. In : Inra, 2018. Alimentation des ruminants. Apports nutritionnels - Besoins et réponses des animaux - Rationnement - Tables des valeurs des aliments. Versailles, FRA : Editions Quae. pp. 477-485.
Baumont, R., Sauvant, D., Maxin, G., Chapoutot, P., Tran, G., Boudon, A., Lemosquet-Simon, S., Noziere, P. (2018b). Calcul de la valeur des aliments pour ruminants : tables et équations de prévision. In : Inra, 2018. Alimentation des ruminants. Apports nutritionnels - Besoins et réponses des animaux - Rationnement - Tables des valeurs des aliments. Versailles, FRA : Editions Quae. pp. 487-520.
Brunschwig P., Lamy J.M. (2008). Mélanges céréales - légumineuses immatures et sorghos ensilés, des alternatives fourragères pour les vaches laitières en situation séchante. Rencontres Recherches Ruminants, 15, 205-208.
Chapoutot P., Rouillé B., Sauvant D., Renaud B., 2018. Les coproduits de l'industrie agro-alimentaire : des ressources alimentaires de qualité à ne pas négliger. In : Ressources alimentaires pour les animaux d'élevage, Baumont R. (Ed). Dossier, INRA Prod. Anim., 31, 201-220.
Chauveau H., Uijttewaal A. (2020). Sorghos fourragers monocoupes : différents types pour différentes valorisations. In : Actes des Journées AFPF, 2020, Produire des fourrages dans un contexte de changements climatiques (Poster). https://afpf-asso.fr/acte/journees-de-printemps-2020?acte=677
Delaby L., Horan B., 2021. Améliorer l'efficacité des systèmes laitiers herbagers en milieux tempérés. INRAE Prod. Anim., 34, 161-172.https://doi.org/10.20870/productions-animales.2021.34.3.487
Demarquilly C., Weiss P., 1970. Tableaux de la valeur alimentaire des fourrages. INRA-SEI Série Etudes (FRA), 42, 64p.
Demarquilly C. Chenost M. Giger S., 1995 Pertes fécales et digestibilité des aliments et des rations. In Nutrition des ruminants domestiques, (R. Jarrige, Y. Ruckebusch, C. demarquilly, M.-H. Farce, M. Journet eds.), INRA Editions pp 501-648.
Deroche B., Pradel P., Baumont R. (2020). Long-term evolution and prediction of feed value for permanent mountain grassland hay: Analysis of a 32-year data set in relation to climate change. Grass and Forage Science, 75(1):18-27. DOI: https://doi.org/10.1111/gfs.12465
Dronne Yves., 2018. Les matières premières agricoles pour l'alimentation humaine et animale : l'UE et la France. In : Ressources alimentaires pour les animaux d'élevage. Baumont R. (Ed). Dossier, INRA Prod. Anim, 31, 181-200.
Emile J.C., Barre Ph., Delagarde R., Niderkorn V., Novak S., 2017. Les arbres, une ressource fourragère au pâturage pour des bovins laitiers ?. Fourrages 230, 155-160.
Ertl P., Klocker H., Hörtenhuber S., Knaus W., Zollitsch W., 2015. The net contribution of dairy production to human food supply: The case of Austrian dairy farms. Agricult. Syst., 137, 199-125.
Fernández Pierna, J, Chamberland, N, Vermeulen, P., Decruyenaere, V, Froidmont E, Minet, O., Lecler, B. & Baeten, V. (2021). Handheld NIR spectrometers to evaluate grass silage quality A study of calibration performance evaluation. Poster in: ICNIRS, Beijing China, 18-21 October 2021.
Fukuda Ep, Cox Jr, Wickersham Ta, Drewery Ml, 2022. Evaluation of Black Soldier Fly larvae (Hermetia illucens) as a protein supplement for beef steers consuming low-quality forage. Transl Anim Sci., 6(1):txac018. https://doi.org/10.1093/tas/txac018.
Givens D.I., Axford R.F.E., Omed H.M., 2000. Forage Evaluation in Ruminant Nutrition, Wallingford: CABI Publishing, 480 pp.
Glasser F., Doreau M., Maxin G., Baumont R., 2013. Fat and fatty acid content and composition of forages: A meta-analysis. Animal Feed Science and Technology, 185, 19-34.
Graulet, B., 2022. Récentes avancées sur les facteurs de variation des concentrations en vitamines du lait chez les ruminants. INRAE Prod Anim, 35, in press.
Halmemies-Beauchet-Filleau A., Rinne M., Lamminen M., Mapato C., Ampapon T., Wanapat M.And Vanhatalo A., 2018. Alternative and novel feeds for ruminants: nutritive value, product quality and environmental aspects. Animal, 12: S2, pp s295–s309.
Hawkey KJ, Lopez-Viso C, Brameld JM, Parr T, Salter AM, 2021. Insects: a potential source of protein and other nutrients for feed and food. Annu Rev Anim Biosci. 9: 333–354. https://doi.org/10.1146/annurev-animal-021419-083930.
Hegarty RS, Cortez Passetti RA, Dittmer KM, Wang Y, Shelton S, Emmet-Booth J, Wollenberg E, McAllister T, Leahy S, Beauchemin K, Gurwick N. 2021. An evaluation of emerging feed additives to reduce methane emissions from livestock. Edition 1. A report coordinated by Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS) and the New Zealand Agricultural Greenhouse Gas Research Centre (NZAGRC) initiative of the Global Research Alliance (GRA).
Hennessy DP, Shalloo L, van Zanten HHE, Schop M, De Boer IJM (2021). The net contribution of livestock to the supply of human edible protein: the case of Ireland. The Journal of Agricultural Science 159, 463–471. https://doi.org/10.1017/S0021859621000642
Hernandez P., 2021. Fiche technique N°2 : les dérobées estivales, un levier face au déficit fourrager ? – Retour sur les essais 2019-2020. Herbe et Fourrages, Centre-Val de Loire.
Herremans S., Ferard A., Wyss U., Maxin G., 2018. Les cultures dérobées : des fourrages de qualité nutritive intéressante. Fourrages, 33. 39-46.
Herremans S., Regibeau C., De Toffoli M., Jamar D., Daniaux C., Huyghebaert B., 2021. Le pâturage des couverts d'interculture par les ovins et ses impacts : synthèse bibliographique. Fourrages, 248, 21-28.
Heuzé V., Tran G., Sauvant D., 2020. Foxtail millet (Setaria italica), forage. Feedipedia, a programme by INRAE, CIRAD, AFZ and FAO. https://www.feedipedia.org/node/382
Heuzé V., Tran G., Hassoun P., Sauvant D., 2015. Pearl millet (Pennisetum glaucum), forage. Feedipedia, a programme by INRAE, CIRAD, AFZ and FAO. https://www.feedipedia.org/node/399
Heuzé V., Tran G., Giger-Reverdin S., Lebas F., 2015. Sorghum forage. Feedipedia, a programme by INRAE, CIRAD, AFZ and FAO. https://www.feedipedia.org/node/379
Honan M., Feng X., Tricarico J.M., Kebreab E., 2021. Feed additives as a strategic approach to reduce enteric methane production in cattle: modes of action, effectiveness and safety. Animal Production Science, Special issue, 15 pages.
IDELE, 2021a. Gisements et valorisations des coproduits des entreprises agroalimentaires du Grand Est. Rapport d'enquête, 90 pages.
IDELE, 2021b. METH'ALGUES, des algues pour réduire les émissions de méthane entérique chez la vache laitière. Plaquette institutionnelle, 2 pages.
INRA, 1978. Tables de l'alimentation des ruminants, INRA Editions.
INRA, 2007. Alimentation des bovins, ovins et caprins - Besoins des animaux - Valeurs des aliments - Tables INRA 2007. Editions Quae, Versailles, France, 307pp.
INRA, 2018 Alimentation des ruminants. Apports nutritionnels - Besoins et réponses des animaux - Rationnement - Tables des valeurs des aliments (p. 487-520). Versailles, FRA : Editions Quae. 728 p.
Jayanegara A, Novandri B, Yantina N, Ridla M. 2017a. Use of black soldier fly larvae (Hermetia illucens) to substitute soybean meal in ruminant diet: An in vitro rumen fermentation study. Vet World. 10(12):1439–1446. https://doi.org/10.14202/vetworld.2017.1439-1446.
Jayanegara A, Yantina N, Novandri B, Laconi EB, Ramli N, Ridla M. 2017b. Evaluation of some insects as potential feed ingredients for ruminants: chemical composition, in vitro rumen fermentation and methane emissions. J Indones Trop Anim Agric. 42(4):247–254. https://doi.org/10.14710/jitaa.42.4.247-254.
Jørgensen U., Jensen S.K. and Ambye-Jensen M. 2022. Coupling the benefits of grassland crops and green biorefining to produce protein, products and services for the green transition. Grassland Science in Europe, 27, 83-94.
Klumpp K., Fornara D.A., 2018. The carbon sequestration of grassland soils – climate change and mitigation strategies. Grassland Science in Europe, 23, 509-519
Laisse S., Baumont R., Dusart L., Gaudré D., Rouillé B., Benoit M., Veysset P., Rémond D., Peyraud J.-L., 2018. L'efficience nette de conversion des aliments par les animaux d'élevage : une nouvelle approche pour évaluer la contribution de l'élevage à l'alimentation humaine. In : Ressources alimentaires pour les animaux d'élevage. Baumont R. (Ed). Dossier, INRA Prod. Anim., 31, 269-288.
Lebret B., Prache S., Berri C., Lefèvre F., Bauchart D., Picard B., Corraze G., Médale F.,Faure J., Alami-Durante H., 2015. Qualités des viandes : influences des caractéristiques des animaux et de leursconditions d'élevage. In : Numéro spécial, Le muscle et la viande. Picard B., Lebret B. (Eds). INRA Prod. Anim., 28,151-168.
Legendre A. Bouffartigue J., Deleau D., Deraedt M., Desmoniere E., Emile JC. Estrade O., Ferard A., Greffier J., Knoden D., Pierre P., Toussaint J. Uijttewaal A. 2019. Guide technique des mélanges fourragers à base de céréales à paille et de légumineuses. Association Française pour la Production Fourragère.
Le Morvan A., Quereuil A. , Maxin G., 2016. Vers une méthode enzymatique Haut Débit de prévision de la digestibilité des fourrages. Renc. Rech. Ruminants, 23, 31.
Liagre F., Marin A., Ori D, 2020. Exemples d'aménagements ligneux pour une production fourragère. Fourrages 242, 79-86.

Luscher A., Mueller-Harvey I., Soussana J. F., Rees R.M., Peyraud J.L., 2014. Potential of legume-based grassland–livestock systems in Europe: a review. Grass and forage science. 69, 206–228.
Lüscher A., Barkaoui K., Finn J.A., Suter D., Suter M. and Volaire F., 2022. Using plant diversity to reduce vulnerability and increase drought resilience of permanent and sown productive grasslands. Grassland Science in Europe, 27, 309-322.
Martin B., Hurtaud C., Graulet B., Ferlay A., Chilliard Y., Coulon J.-B., 2009. Herbe et qualités nutritionnelles et organoleptiques des produits laitiers. Fourrages, 199, 291-310.
Maxin G., Nozière P., Sauvant D., Baumont R., 2018. Appliquer les méthodes d'évaluation multicritère aux rations des ruminants : identification des critères à évaluer et des indicateurs à mesurer sur les aliments. In : Ressources alimentaires pour les animaux d'élevage. Baumont R. (Ed). Dossier, INRA Prod. Anim., 31, 255-268.
Maxin G., Andueza D., Le Morvan A., Baumont R. 2017. Effect of intercropping vetch (Vicia sativa L.), field pea (Pisum sativum L.) and triticale (X Triticosecale) on dry-matter yield, nutritive and ensiling characteristics when harvested at two growth stages. Grass and Forage Science, 72, 777-784.
Maxin, G. Graulet B., Le Morvan A., Picard F., Portelli J., Andueza D. 2020. Cover crops as alternative forages for ruminants: nutritive characteristics, in vitro digestibility, methane and ammonia production. Animal Production Science, 60, 823-832.
Maxin G, Arrigo Y, Dozias D, Andueza D, Le Morvan A., Baumont R., Delaby L. 2016. Prediction of the in vivo organic matter digestibility of cereal-legume intercrops silages. 26th EGF general meeting, Trondheim, Norway
Meneguz M, Schiavone A, Gai F, Dama A, Lussiana C, Renna M, Gasco L. 2018. Effect of rearing substrate on growth performance, waste reduction efficiency and chemical composition of black soldier fly (Hermetia illucens) larvae. J. Sci. Food Agric. 98, 5776. doi: 10.1002/jsfa.9127
Moreau J.C., Madrid A., Brun T., Ruget F., 2020. Dans les filières bovines, apprivoiser le changement climatique. La méthode déployée dans le cadre de Climalait et Climaviande. Fourrages 244, 9-18.
Moreau J-C., Béral C., Hannachi Y., Lavoyer S., Monier S., Novak S., Van Lerberghe P., 2020. ARBELE - L'arbre dans les exploitations d'élevage herbivore : des fonctions et usages multiples. Innovations Agronomiques 499-521.
Novak S., Barre P., Delagarde R., Mahieu S., Niderkorn V., Emile J.-C., 2020. Composition chimique et digestibilité in vitro des feuilles d'arbre, d'arbuste et de liane des milieux tempérés en été. Fourrages, 242, 35-47.
Noziere P., Mendowski S., Ferlay A., Peyronnet C., Enjalbert F., Chesneau G., Germain A., Chapoutot P., 2022. Améliorer l'utilisation des graines oléo-protéagineuses par l'extrusion : un enjeu technologique pour contribuer à l'autonomie protéique des élevages bovins laitiers. INRAE Prod Anim, 35, in press.
Pavie et al., 2022. Autonomie protéique. Journées 3R.
Peyraud J.-L., Aubin J., Barbier M., Baumont R., Berri C., Bidanel J. P., Citti C., Cotinot C., Ducrot C., Dupraz P., Faverdin P., Friggens N., Houot S., Nozieres-Petit M.-O., Rogel-Gaillard C., Sante-Lhoutellier V. (2019). Quelle science pour les élevages de demain ? Une réflexion prospective conduite à l'INRA. INRA Productions Animales, 32(2):323-338. DOI: https://doi.org/10.20870/productions-animales.2019.32.2.2591.
Pietikäinen A., Kokkonen T., Rissanen P., Vanhatalo A., Herzon I. and Krawczel P., 2022. Effects of two approaches for outdoor access on the welfare of lactating Nordic red cows. Grassland Science in Europe, 27, 701-703.
Poux X. and Aubert P.-M., 2022. Permanent grassland and ruminants are a key component of the agroecological transition in Europe – findings from the 'Ten Years For Agroecology' scenario. Grassland Science in Europe, 27, 16-28.
Prache S., Adamiec C., Astruc T., Baeza-Campone E., Bouillot P.E., Clinquart A., Feidt C., Fourat E., Gautron J., Girard A., Guillier L., Kesse-Guyot E., Lebret B., Lefevre F., Le Perchec S., Martin, B., Mirade P.S., Pierre F., Raulet M., Remond D., Sans P., Souchon I., Donnars C., Sante-Lhoutellier V., 2022. Review: Quality of animal-source foods. Anim. 16, 100376.
Regibeau C., 2019. Des couverts et des moutons. https://filagri.be/actualites/des-couverts-et-des-moutons/.
Renna M, Coppa M, Lussiana C, Le Morvan A, Gasco L, Maxin G. 2022. Full-fat insect meals in ruminant nutrition: in vitro rumen fermentation characteristics and lipid biohydrogenation. Journal of Animal Science and Biotechnology (in press).
RESEDA, 2017. Les coproduits de l'industrie agroalimentaire, un enjeu stratégique pour les filières. Rapport d'enquête, 121 pages.
RESEDA, 2019. Gisements et valorisations des coproduits des entreprises agroalimentaires en Normandie. Rapport d'enquête, 84 pages.
Sagot L., 2017. "Cet automne mes brebis pâturent les couverts végétaux". Brochure de l'Institut de l'Élevage / CIIRPO : https://www.inn-ovin.fr/cet-automne-brebis-paturent-couverts-vegetaux/.
Sailley M., Cordier C., Courtonne J.-Y., Duflot B., Cadudal F., Perrot C., Brion A., Baumont R., 2021. Quantifier et segmenter les flux de matières premières utilisées en France par l'alimentation animale. INRAE Prod. Anim., 34, 273-292.
Sauvant D., Perez J.M., Tran G., 2004. Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage : porcs, volailles, bovins, ovins, caprins, lapins, chevaux, poissons. D INRA Editions, Paris, France, 301pp.
Sauvant D., Giger-Reverdin S., Peyraud J.-L., 2018. Bien-être digestif et acidose ruminale. In : Inra, 2018. Alimentation des ruminants. Apports nutritionnels - Besoins et réponses des animaux - Rationnement - Tables des valeurs des aliments. Versailles, FRA : Editions Quae. pp. 249-256.
Seegers J., Kentzel M., Fagon J., Jousseins C., Morin E., Etienne L., Bossis N., 2020. Etat des lieux de l'autonomie alimentaire et protéique dans les ateliers d'élevage herbivores, Institut de l'Elevage. https://idele.fr/detail-article/etat-des-lieux-de-lautonomie-alimentaire-et-proteique-dans-les-ateliers-delevage-herbivores
Spranghers, T.; Ottoboni, M.; Klootwijk, C.; Ovyn, A.; Deboosere, S.; Meulenaer, B. de; Michiels, J.; Eeckhout, M.; Clercq, P. de; Smet, S. de, 2017. Nutritional composition of black soldier fly (Hermetia illucens) prepupae reared on different organic waste substrates. J. Sci. Food Agric., 97 (8): 2594-2600. https://doi.org/10.1002/jsfa.8081
The New Zealand Poplar & Willow Research Trust. 2013. Setting up a willow coppice block for fodder. June 2013, Fact Sheet 03, 2p
Tilley J. M. A., Terry R. A., 1963. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. Grass and Forage Science, 18, 104-111. https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.1963.tb00335.x
Toral PG, Hervás G, González-Rosales MG, Mendoza AG, Robles-Jiménez LE, Frutos P. 2022. Insects as alternative feed for ruminants: comparison of protein evaluation methods. J Anim Sci Biotechnol. 13:21. https://doi.org/10.1186/s40104-021-00671-2.
Vandermeulen S., Ramirez-Restrepo C.A., Marche Ch., Decruyenaere V., Beckers Y., Bindelle J., 2016. Behaviour and browse species selectivity of heifers grazing in a temperate silvopastoral system. Agroforest Syst, published online, DOI 10.1007/s10457-016-0041-x.
Vandermeulen S., Leblois J., Ramirez-Restrepo C.A., Beckers Y., Lognay G., Bindelle J., 2016. In vitro evaluation of protein precipitation capacity of temperate browse species. In The 21th National Symposium on Applied Biological Sciences, February 5th, Antwerpen, Belgium.
van Huis A. 2020. Insects as food and feed, a new emerging agricultural sector: a 660 review. J Insects Food Feed, 6(1), 27–44.
Vijn S., Compart D. P., Dutta N., Foukis A., Hess M., Hristov A. N., Kalscheur K. F., Kebreab E., Nuzhdin S. V., Price N. N., Sun Y., Tricarico J. M., Turzillo A., Weisbjerg M. R., Yarish C., Kurt T. D., 2020. Key Considerations for the Use of Seaweed to Reduce Enteric Methane Emissions From Cattle. Frontiers in Veterinary Science, 7, 2297-1769.
Wilfart A., Dusart L., Meda B., Gac A., Espagnol S., Morin L., Dronne Y., Garcia-Launay F., 2018. Réduire les impacts environnementaux des aliments pour les animaux d'élevage. In : Ressources alimentaires pour les animaux d'élevage. Baumont R. (Ed). Dossier, INRA Prod. Anim., 31, 289-306
Wilkinson J.M., 2011. Re-defining efficiency of feed use by livestock. Animal, 5, 1014-1022.
Wyss U., Mosimann E., 2016. Qualité des ensilages produits avec des cultures dérobées", Recherche Agronomique Suisse, 7, 436-441.

La diversité des associations céréales protéagineux récoltées en fourrage : un levier d'adaptation au service de multiples systèmes fourragers

DAVEAU B. (1), FORTIN J. (1),
(1) Chambre d'Agriculture – Ferme expérimentale de Thorigné d'Anjou – la garenne de la cheminée – 49220 Thorigné d'Anjou

Résumé :

Les associations de céréales/protéagineux d'hiver (CERPRO) sont des leviers pertinents pour s'adapter aux évolutions climatiques marquées par des sécheresses estivales de plus en plus fréquentes. En combinant résultats d'essais analytiques et analyses de bases de données, l'objectif de cette synthèse est de proposer une typologie des CERPRO pour répondre à des utilisations adaptées à de multiples systèmes fourragers. Les facteurs maitrisables par l'itinéraire technique : nature des mélanges, stades de récoltes mais également des facteurs non maitrisables liés aux conditions pédoclimatiques ont été étudiés. Si des choix en termes de composition au semis et de stades de récolte permettent de hiérarchiser plusieurs stratégies, les aléas météorologiques peuvent impacter la productivité et les valeurs nutritives. Une approche pratique, par dosage du calcium, pourrait permettre d'estimer la part de protéagineux et ainsi de mieux appréhender les valeurs nutritives de ces fourrages dans le rationnement. Enfin, l'utilisation de ces CERPRO pour le semis de prairie sous couvert renforce également leur intérêt pour augmenter l'autonomie fourragère et/ou protéique dans un contexte de plus en plus marqué par les aléas météorologiques.

The diversity of cereals-legumes mixture forage : an adaptation way for many fodders systems

DAVEAU B. (1), FORTIN J. (1),
(1) Chambre d'Agriculture – Ferme expérimentale de Thorigné d'Anjou – la garenne de la cheminée – 49220 Thorigné d'Anjou

Summary :

Green winter cereals-legume mixtures are relevant shift to adapt to climate change marked by more frequent summer droughts. By combining analytic trial results and data base analysis, the aim of this synthesis is to suggest a CERPRO typology that allow responding to adapted uses of many fodders systems. Two types of factors have been studied: factors controllable by technical itinerary such as the mixture nature, harvest stage and uncontrollable factors like pedo-climatic conditions. If sowing composition and harvest stage choices allow to order several strategies, climat can impact the productivity and fodders values. The calcium dosage can be a practical approach to try to estimate the legume proportion and consequently the nutritional values to an optimal use of fodder for feeding. Finally, use CERPRO to sow undercover grassland improves their interest in terms of fodder autonomy and/or proteins in circumstance of climate change.

Introduction :

Les associations de céréales/protéagineux (CERPRO) récoltées en fourrage, trouvent une place de plus en plus importante dans les systèmes fourragers en France. Ces cultures d'hiver présentent trois avantages majeurs : i) de contourner la sécheresse estivale avec un semis à l'automne et une récolte au printemps ii) d'accroitre la teneur en protéine du fourrage grâce à la présence de protéagineux iii) maitriser les adventices.

Très couramment utilisés en agriculture biologique et également de plus en plus en conventionnel, plusieurs travaux ont permis de définir des mélanges riches en céréales adaptés à des récoltes en ensilage tardif (stade laiteux/pâteux de la céréale). Sur ces mélanges un maximum de 30 grains (gr) /m² de protéagineux au semis est recommandé pour limiter le risque de verse : un mélange à base de triticale (300gr/m²), pois fourrager (15 gr/m²) et vesce (15 gr/m²) s'est avéré relativement productif et robuste avec une variabilité interannuelle de rendement plus faible que le maïs ensilage (Coutard et *al*, 2014). Plus récemment, des alternatives avec du seigle ou de l'épeautre en substitution du triticale ont été testées. Les résultats se sont avérés plus variables avec le seigle et moins productifs avec l'épeautre (Fortin et *al*, 2018). En ce qui concerne les valeurs nutritives, ces mélanges à dominante céréale récoltés au stade laiteux/pâteux obtiennent des valeurs nutritives adaptées à des animaux à besoins modérés. Quelques essais ont donc exploré la possibilité de récoltes plus précoces avec des mélanges enrichis en protéagineux dans l'objectif d'accroitre la valeur nutritive. Si un gain significatif en termes de teneurs en protéine et énergie est observé, celui-ci s'accompagne cependant d'une chute drastique de la biomasse récoltée (Coutard et *al*, 2016).

Face à ces constats, l'objectif est d'enrichir la gamme des associations utilisables, en appréhendant la variabilité de la productivité et des valeurs nutritives en fonction des itinéraires choisis, pour une transposition de ces CERPRO à de multiples systèmes fourragers. Cette communication propose de présenter les acquis de travaux récents conduits sur la ferme expérimentale de Thorigné d'Anjou autour de 4 clés d'entrée :

i) pour des récoltes tardives à dominante céréale favorable à la productivité: la diversification des céréales (2 à 3 céréales vs céréale seule) est un facteur de robustesse

ii) pour des associations plus qualitatives, quels sont les meilleurs compromis : en termes de nature du mélange (riche protéagineux *vs* mixte céréale/protéagineux) et/ou de stades de récolte : précoce (floraison des protéagineux) *vs* intermédiaire (floraison des céréales vs tardif (laiteux pâteux des céréales) en fonction des objectifs de valorisation zootechnique souhaités et également en termes de performances technico-économiques.

Deux principaux freins à l'utilisation de ces CERPRO sont régulièrement remontés du terrain : forte variabilité des compositions à la récolte et valeurs nutritives décevantes. Ces deux principaux freins ne sont pas sans lien avec la difficulté, sur le terrain, d'évaluer précisément la part de protéagineux récoltée.

Cette communication s'intéresse donc également à :

iii) étudier la variabilité des performances agronomiques de ces mélanges (dont la composition botanique).

iv) proposer une méthode d'évaluation fiable des valeurs nutritives de ces mélanges.

1. MATERIEL ET METHODES

Il est important de considérer que l'ensemble des résultats présentés ci-après est issu de données de la ferme expérimentale de Thorigné d'Anjou conduite en agriculture biologique sur un contexte pédoclimatique limitant, des sols : limoneux-sableux de faibles profondeurs, chargés en cailloux, marqués par l'alternance hydrique : hydromorphes l'hiver et

séchants l'été. Sur la question de la nature et des stades de récoltes des mélanges, les données mobilisées proviennent : de deux essais analytiques (essai 1, essai2), en 4 blocs, répétés 3 ans (2019, 2020, 2021). Une modalité commune à 9 ans (de 2010 à 2018) de 3 essais analytiques a été mobilisée pour mesurer les effets des conditions pédoclimatiques.

1.1. DIVERSIFICATION DES CEREALES POUR DES CERPRO PRODUCTIFS PLUS ROBUSTES

Sur la base d'un essai analytique (essai1), plusieurs natures de mélanges avec une diversité croissante des céréales utilisées ont été testées (tableau 1). Les semis sont réalisés fin octobre (moyenne : au 21 oct) et les mélanges sont récoltés au stade laiteux/pâteux des céréales (moyenne : 11 juin). La modalité M8 dispose d'une prairie à flore variée (PFV) implantée sous couvert.

	M1	**M2**	**M3**	**M4**	**M5**	**M6**	**M7**	**M8**
Modalités Grains/m²	**T**	**T Pf**	**T PfV**	**TA PfV**	**TS PfV**	**TE PfV**	**TSE PfV**	**TSE PfV+**
Triticale T	300	300	300	260	145	145	97	97
Avoine A				30				
Seigle S					145		97	97
Epeautre E						145	97	97
Pois fourrager Pf		20	15	15	15	15	15	15
Vesce V			15	15	15	15	15	15
PFV (kg/ha)								*27*

Tableau 1 : modalités essai 1 diversification céréales **(2019-2021)**

1.2 VERS UN COMPROMIS PRODUCTIVITE/VALEURS

Sur la base d'un essai analytique (essai 2), les semis sont réalisés fin octobre (moyenne : 21 oct). 7 modalités combinant nature des mélanges et stades de récoltes ont été testées (tableau 2).

Grains/m²	**PRO**	**MIX**	**CER**
Triticale		125	300
Avoine	40		
Pois fourrager	15	15	
Pois protéagineux	40		
Vesce	15	15	15
Féverole	10	20	15
+ PFV kg/ha	*27*	*27*	*27*

Tableau 2 : modalités essai 2 nature/stade CERPRO (2019-2021)

Un mélange dit « PRO » à forte proportion de protéagineux au semis, un mélange « MIX » demi-dose de céréale et demi de protéagineux. Ces deux premiers mélanges sont récoltés à trois stades différents, i) stade précoce (floraison des protéagineux), ii) stade intermédiaire (floraison des céréales) et iii) stade tardif (laiteux pâteux des céréales). La dernière modalité « CER » constitue le témoin, un mélange à dominante céréale en récolte tardive. L'ensemble des mélanges CERPRO sont utilisés comme couvert d'une prairie semée à 27 kg/ha.

1.3 MESURES, ANALYSES DES ESSAIS ANALYTIQUES

La biomasse aérienne totale de chaque composante est mesurée à la récolte avec un tri par espèces. Séchés à 60 °c pendant 72 h, ces échantillons permettent, après analyse chimiques pepsine cellulase, (Aufrère, 2007) de calculer les valeurs nutritives de chaque composante. La valeur du mélange en vert est recalculée au prorata de la contribution de chaque espèce. Des valeurs fourragères prédites en ensilage suivant le modèle INRA 2010 sont également proposées.

Les résultats pluriannuels sont analysés statistiquement à l'aide de l'analyse de variance suivant un dispositif à 2 facteurs : modalités et années à 4 répétitions. Un test de comparaison de moyenne (Newman et Keuls au seuil de 5 %) est ensuite réalisé.

Ces analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel STAT BOX ®.

1.4 ETUDE DE LA VARIABILITE DES PERFORMANCES AGRONOMIQUES

Les performances : biomasse, composition à la récolte d'un mélange unique (290 g/m² de triticale), 15 g/m² de pois fourrager) et 15 g/m² de vesce) issu d'essais analytiques conduits sur la ferme expérimentale de Thorigné d'Anjou ont été analysées. En se focalisant sur cette modalité commune répétée pendant 9 ans, l'objectif a été d'identifier des facteurs de variation principalement liés à des conditions pédoclimatiques.

1.5 SYNTHESE DES VALEURS NUTRITIVES

Une base de données issue de plusieurs types de mélanges : CER, MIX, PRO, récoltés à 3 stades, sur 5 années (2014, 2015 et 2019 à 2021) a été mobilisée. Les analyses séparées des espèces constitutives permettent de disposer de 110 valeurs nutritives (27 céréales et 83 protéagineux) correspondantes à 49 mélanges.

2. RESULTATS

2.1. DIVERSIFICATION DES CEREALES POUR DES CERPRO PRODUCTIFS PLUS ROBUSTES

Les résultats de l'essai 1 sont repris au tableau 3.

Modalités	**Moy. Rdt tMS/ha**	***et****	**Moy. Prot % MS**	***et****	**Moy DMO****	**Moy. MAT****
T	8,7	*1,5*	0 ^{c}	*0*	100	100 ^{b}
TPf	9,5	*1,2*	9 ^{b}	*5*	97	105 ^{b}
TPfV	9,3	*1,2*	19^{c}	*7*	99	127 ^{a}
TAPfV	9,6	*1,5*	20 ^{c}	*7*	99	132 ^{a}
TSPfV	9,6	*1,3*	20 ^{c}	*5*	96	129 ^{a}
TEPfV	8,7	*1,4*	23 ^{c}	*11*	97	143 ^{a}
TSEPfV	9,2	*1,3*	23 ^{c}	*10*	95	137 ^{a}
TSEPfV FV	8,6	*1,2*	23 ^{c}	*8*	97	136 ^{a}
STAT	*NS*		*S*		*NS*	*S*

* et : écart type ** : en base 100 du témoin

Les groupes statistiquement différents figurent sous forme de lettres différentes suivant les variables en colonnes.

Tableau 3 : résultats essai 1 diversité céréales (2019-2021)

Sur la biomasse produite aucune différence significative n'apparait en fonction des modalités. Les analyses statistiques par année ont mis en évidence un seuil proche de la significativité en 2020 (p = 0,06) avec un rendement plus faible pour le témoin (M1). La part de protéagineux dans la biomasse récoltée est cohérente avec les densités de semis (0 *vs* 20 grains/m² *vs* 30 grains/m²) avec respectivement 0%, 9% et 21 % en moyenne. Un effet année a été observé avec 18 % en 2019, 30 % en 2020 et 10 % en 2021, sans effet d'interaction année/modalité. En 2020, la productivité de la fraction céréales a été grevée par un hiver humide : 5,2 tMS/ha produite en céréale vs 8,9 tMS/ha (moyenne 2019 - 2021) et a par conséquent accrue la part relative des protéagineux. Dans un mélange, à dominante céréales, la variabilité interannuelle de la part de protéagineux semble donc davantage liée à la performance de la fraction céréale. Des conditions hivernales défavorables aux céréales pénaliseraient leurs productivités et conduiraient à un accroissement de la part de protéagineux.

Sur les valeurs nutritives, la MAT augmente significativement grâce à l'introduction des protéagineux avec une corrélation forte entre la proportion de protéagineux à la récolte et la teneur en MAT. Si cet essai confirme l'intérêt de l'utilisation de protéagineux dans les associations CERPRO pour i) améliorer la valeur protéique et ii) dans une moindre mesurer limiter la variabilité de production (coefficient de variation de rendement interannuelle) : 17 % pour le témoin vs 14 % pour les modalités associées avec protéagineux, la diversification des céréales ne semble pas avoir permis d'améliorer la productivité ou de

réduire la variabilité de cette dernière. Dans notre contexte pédoclimatique, le triticale confirme sa robustesse comme pivot constitutif de ces mélanges à dominante céréale.

2.2 MODIFICATION DE LA NATURE DES CERPRO ET DES STADES DE RECOLTES

Le tableau 4 présente les résultats obtenus sur des critères agronomiques et de valeurs nutritives de mélanges contrastés en termes de stades de récoltes et de natures.

L'accumulation de biomasse est relativement importante sur les CERPRO avec une accumulation de 100 kgMS/ha/j pour le mélange PRO et 110 kgMS/ha/j pour le mélange MIX du stade précoce à tardif. Ces mélanges accumulent un peu plus de 3,0 tMS/ha entre ces deux stades. Il est important de préciser que les récoltes tardives du mélange PRO(1) peuvent néanmoins conduire à une exposition plus forte au risque de verse. Ainsi en 2020, le pourcentage de verse a été estimé à 45 % pour ce mélange en récolte tardive. La part de protéagineux évolue peu, reste stable avec en moyenne : 61 % de protéagineux pour le mélange PRO, 46 % pour le mélange MIX et le témoin (CER) à 27% quel que soit le stade de récolte. La teneur en matière sèche sur pied augmente avec l'avancée du stade. En pratique, si les récoltes tardives permettent une récolte en coupe directe, les stades de récoltes précoces et intermédiaires nécessiteront une étape de préfannage avant ensilage pour assurer un minimum de 30 % de MS à la mise en silo. Les valeurs nutritives baissent avec l'avancée du stade. Ces observations s'expliquent par : une baisse de digestibilité (en particulier des céréales) consécutive à l'évolution des stades (montaison, épiaison, floraison) et une dilution de la matière azotée.

Stade	**Préc. 05 mai**		**Inter 22 mai**		**Tardif 05 juin**			***st at***
type	**PRO**	**MIX**	**PRO**	**MIX**	**PRO(1)**	**MIX**	**CER**	
Rdt tMS/ha *et*	e 5,5 *0,5*	d 6,4 *1,3*	c 7,6 *1,9*	c 7,8 *1,4*	bc 8,5 *2,1*	a 9,7 *2,0*	ab 9,3 *2,2*	*S*
Prot % MS	a 61 *6*	b 47 *11*	a 60 *11*	b 43 *11*	a 61 *5*	b 49 *12*	c 27 *16*	*S*
% MS Vert	b 19,7 *4,3*	b 21,0 *5,4*	ab 24,1 *2,9*	ab 26,1 *0,5*	ab 36,1 *17,0*	ab 36,2 *9,0*	a 40,6 *7,0*	*S*
UFL Vert /kgMS	a 0,95 *0,07*	ab 0,90 *0,03*	ab 0,91 *0,05*	ab 0,89 *0,01*	b 0,85 *0,05*	b 0,84 *0,03*	b 0,82 *0,01*	*S*
MAT Vert g/kgMS	a 149 *11*	a 126 *26*	a 127 *11*	b 98 *9*	b 101 *13*	bc 93 *6*	c 74 *8*	*S*

Les groupes statistiquement différents figurent sous forme de lettres différentes suivant les variables en lignes.

Tableau 4 : résultats essai 2 nature/stade CERPRO 2019-2021

Afin de compléter l'analyse technique, une approche économique des différents itinéraires est proposée dans le tableau 5.

Stade	**Préc. 05 mai**		**Inter 22 mai**		**Tardif 05 juin**		
Type	**PRO**	**MIX**	**PRO**	**MIX**	***PRO***	**MIX**	**CER**
€/ha	589	592	619	622	*609*	612	452
€/tMS	**107**	92	81	79	*72*	**63**	**49**
€/tMAT	716	736	**637**	808	*707*	**674**	655
Strat (1)	**3**		**1**		*verse*	**2**	

Tableau 5 : approche économique essai nature/stade

Les principales modifications des coûts portent sur les charges de semences (hors prairie). Les céréales sont comptées en semence fermière et les protéagineux à l'achat avec peu d'écart sur les deux premiers types de mélanges : 269 €/ha et 272 €/ha respectivement pour le mélange PRO et MIX. Le mélange CER obtient un cout beaucoup plus faible (à 112 €/ha) sur le poste semence. Un léger accroissement du coût de récolte (en €/ha) a également été comptabilisé avec l'avancée du stade de récolte consécutif à l'accumulation de biomasse et la mobilisation d'une chaine de transport plus conséquente.

Au final, 3 stratégies contrastées (1) se distinguent avec : 1) une stratégie équilibre qui consiste à utiliser un mélange PRO avec une récolte intermédiaire, combinant accumulation de biomasse et maintien des valeurs nutritives, elle permet de maximiser la quantité de protéines produites par ha. D'après les valeurs nutritives obtenues en vert, les valeurs prédites sur ces ensilages approcheraient 0,85 UFL/kgMS et 13 à 14% de MAT ; 2) une stratégie biomasse avec un mélange MIX en récolte tardive qui maximise la productivité en tMS/ha, avec des ensilages proches de 0,80 UFL/kgMS et 10 % de MAT et 3) à l'opposé la stratégie « valeur » avec un mélange PRO en récolte précoce, plus couteuse, qui permet d'obtenir des ensilages proches de 0,90 UFL/kgMS et 15 à 16 % de MAT.

2.3 VARIABILITE DES PERFORMANCES DES CERPRO

Sur la biomasse produite (figure 1)

Les deux essais précédents s'intéressent à des facteurs maitrisables par l'itinéraire technique : nature des mélanges et stades de récolte. Les résultats suivants s'intéressent à des facteurs de variation non maitrisables principalement liés à des conditions pédoclimatiques en se focalisant sur la modalité triticale/pois/vesce (TPV) à dominante céréale en récolte tardive commune à 9 ans d'essai. Sur ce jeu de données le taux de moyen de protéagineux est de 26 % (+/- 11 %) soit un coefficient de variation de près de 42 %.

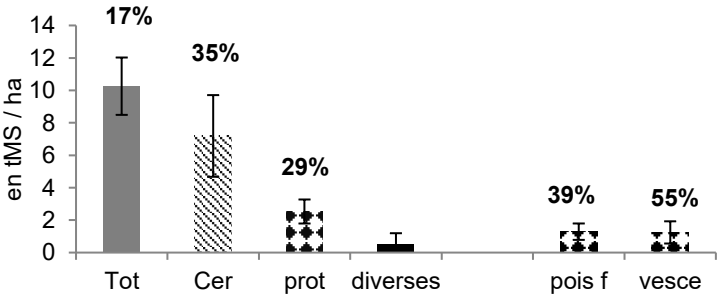
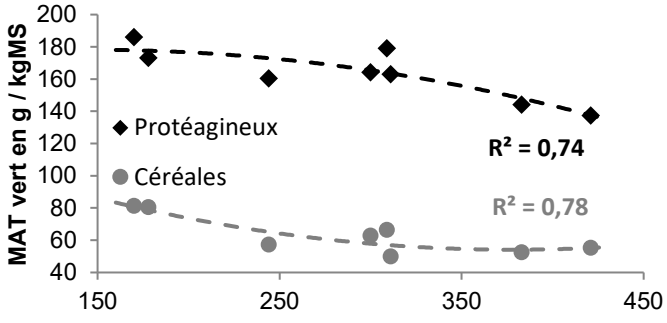


Figure 1 : biomasses produites par composante (début juin) sur un mélange TPV

L'analyse des productions de matières sèches montre des variations plus fortes pour chaque composante que le mélange total, ce qui laisse entrevoir un principe de complémentarité entre les espèces. La variation de production totale des protéagineux est également inférieure à la variation de production de chaque protéagineux.

Enfin, la variation de production de la céréale a été plus forte que la variation du cumul des deux protéagineux. Sur ce mélange à dominante céréale, la variation de la part de protéagineux tiendrait donc davantage de la variabilité de production de la céréale. Corroborant les observations réalisées sur l'essai précédent (2.1), les hivers humides pénalisent la productivité des céréales et accroissent par conséquent la part de protéagineux.

Sur les valeurs nutritives (figure 2)



P : précipitation, ETP : évapotranspiration potentielle

Figure 2 : effet de l'excès d'eau hivernal sur la teneur en MAT de céréales et protéagineux (récoltés début juin)

L'excès d'eau hivernale (appréhendé ici suivant le cumul de P-ETP sur l'hiver) a un impact délétère sur les teneurs en protéines à la fois des céréales mais également des protéagineux. Dans ce contexte de sols sensibles à l'hydromorphie, probablement exposés à une phase « d'asphyxie » en cas d'excès d'eau hivernal, ces observations interrogent sur les mécanismes de mise à disposition d'azote (processus de minéralisation), mais également d'assimilation par les céréales et/ou de fixation symbiotique pour les protéagineux.

2.4 APPREHENDER LES VALEURS NUTRITIVES : DES ASSOCIATIONS CERPRO

Cinétique d'évolution des valeurs nutritives des espèces (figure 3)

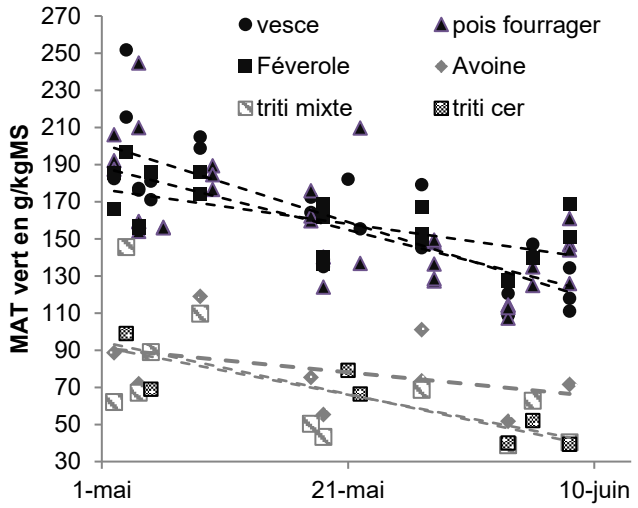


Figure 3 : évolution de la teneur en matières azotées totales

Les teneurs en matières azotées s'avèrent relativement proches pour les protéagineux et logiquement plus élevées que celles des céréales. Ces dernières chutent de façon linéaire de 1,9 g/kgMS/j pour les protéagineux et 1,3 pour les céréales avec l'avancée du stade de récolte. Si la teneur en MAT diminue avec l'avancée du stade de récolte, la variabilité reste importante au sein de chaque stade avec un coefficient de variation proche de 12 % pour les protéagineux et près de 24 % pour les céréales.

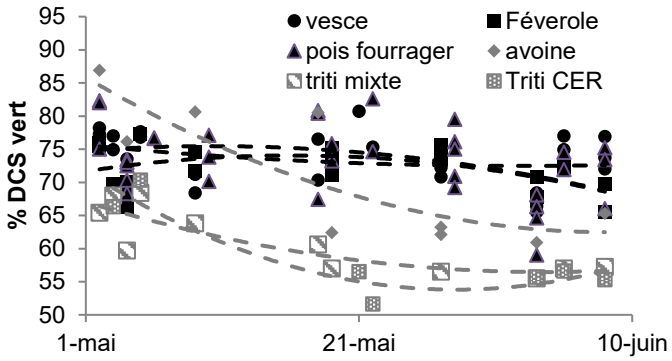


Figure 4 : évolution de la digestibilité

L'évolution de la digestibilité est différente suivant la famille (figure 4). La digestibilité reste stable pour les protéagineux alors qu'elle chute rapidement pour les céréales consécutivement aux phénomènes d'épiaison et de floraison. La variabilité de la digestibilité pour un même stade est plus faible que celle de la MAT avec un coefficient de variation proche de 5 % pour chaque espèce.

Prévision des valeurs nutritives

Dans ces mélanges constitués de plusieurs espèces, des analyses chimiques (par dosage) sont à privilégier. Elles permettent d'avoir une connaissance précise de la constitution chimique. Les questions portent ensuite davantage sur les modèles à utiliser pour évaluer les valeurs nutritives dans les unités (UF, PDI, UE) nécessaires au rationnement des animaux. Les modèles de prédiction à partir d'un échantillon de mélange sont en cours de construction (Maxin et al, 2016). Il s'agit donc pour le moment d'analyser chaque espèce séparément et de recomposer la valeur alimentaire du mélange au prorata de la contribution de chacune d'entre elle à la matière sèche. Ces opérations de tri et de multiples analyses sont difficilement réalisables en pratique. Une méthode dite terrain avec un grappillage dans chaque benne le jour de la récolte avec une analyse du mélange pourrait être envisageable. Dans le cas du mélange, le calcul de DMO (digestibilité de la matière organique, un paramètre central de l'évaluation des valeurs nutritives) peut s'effectuer de la manière suivante : DMO vert % = % CER x (0,630 x DCS vert + 29,7) + % de PROT x (0,949 x DCS vert + 3) / 100 (Aufrère et *al*, 2007). Avec DCS : digestibilité pepsine cellulase obtenue par dosage chimique et DMO, CER et PROT en % de la MS. Pour les prévisions des valeurs en ensilage, le modèle utilisé pour les ensilages d'herbe préfannée s'avère également pertinent pour prédire l'encombrement des ensilages de CERPRO tardif (Daveau et *al*, 2020). Dans ce cas de mélange, l'enjeu principal est donc de renseigner la part de protéagineux. En l'absence de données sur la part de protéagineux, la plupart des modèles se basent sur la teneur en MAT. Ces modèles s'appuient sur l'hypothèse suivante : plus la teneur dosée en MAT est forte, plus la part de protéagineux est élevée (figure 5).

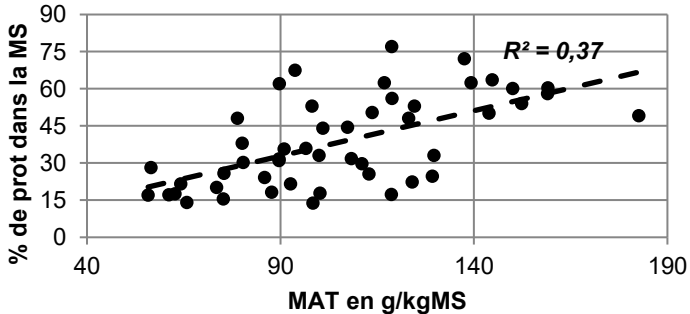


Figure 5 : Corréaltion MAT et % de protéagineux de CERPRO (n=49)

Appliquée à 49 mélanges de CERPRO récoltés sur la ferme expérimentale de Thorigné d'Anjou, la corrélation MAT/part de protéagineux reste limitée (R^2 = 0,37 et l'écart type résiduel élevée = 14). Compte tenu des facteurs identifiés précédemment (incidence de la date de récolte, des conditions météorologiques sur la mise à disposition d'azote), la teneur MAT intrinsèque des deux fractions reste très variable. Les protéagineux disposants d'une teneur en calcium plus élevée que les céréales, une autre piste a été explorée avec le dosage du calcium total. Il s'agit d'étudier la corrélation entre la teneur en calcium total du mélange et la part de protéagineux.

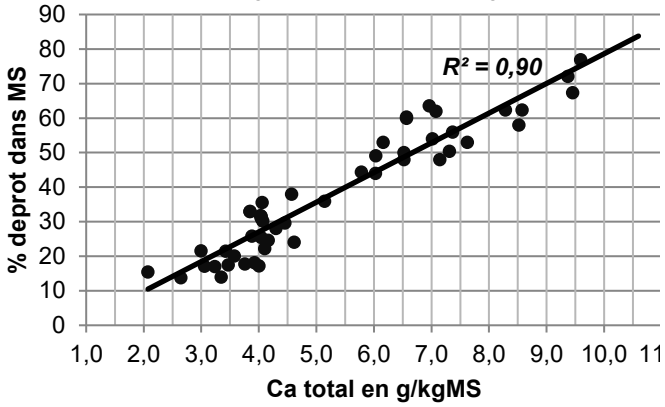


Figure 6 : Corrélation calcium total et % de protéagineux de CERPRO (n=49)

La corrélation est plus forte (R^2 = 0,90 avec un écart type résiduel réduit = 6,0), (figure 6). Les teneurs en calcium sont effectivement faibles pour les céréales (2,3 g/kgMS +/- 0,7 en moyenne pour l'avoine et le triticale) et plus élevées pour les protéagineux, avec (11,5 g/kgMS +/- 2 en moyenne pour les vesces et pois fourrager) et (7,7 +/- 1 pour la féverole).

3. SYNTHESE DISCUSSION, PERSPECTIVES

Ces travaux permettent d'établir une « typologie » (tableau 6) des associations céréales/protéagineux récoltées en fourrages en fonction de la dose de semis, du stade de récolte : plusieurs mélanges peuvent s'avérer pertinent en fonction des systèmes fourrages et des performances animales souhaitées.

Une récolte tardive est à privilégier avec l'utilisation d'un mélange à dominante céréale (CER). Le gain de valeurs nutritives est trop modeste pour des stades de récolte plus précoce face à la chute importante du rendement *(1)*. Les mélanges mixtes (MIX) peuvent obtenir des valeurs nutritives élevées en récolte précoce mais les teneurs chutent rapidement en mai. Dans un objectif de maximisation de la biomasse, des récoltes tardives sont donc à privilégier avec ces mélanges productifs à réserver à des catégories animales à besoins modérés (vaches allaitantes, animaux en croissance). A l'inverse, des mélanges enrichis en protéagineux (PRO) obtiennent des valeurs nutritives élevées en récolte précoce (proche de 15 % de MAT et 0,90 UFL/kgMS). Leurs utilisations pour des récoltes tardives exposent par contre à des risques de verse plus importants *(2)*. Ces récoltes : plus précoces, moins productives, plus qualitatives mais également plus couteuses seront à réserver aux animaux à forts besoins (vaches laitières, animaux à l'engraissement). Sur le plan agronomique, les travaux en cours s'orientent vers l'utilisation d'une part plus significative de féverole (espèce non sensible à la verse) dans la composition des CERPRO. L'hypothèse s'appuie sur la possibilité d'accumuler de biomasse avec des récoltes tardives, de conserver des valeurs nutritives satisfaisantes sans s'exposer à la verse. Ces mélanges enrichis en féverole pourraient permettre de répondre à la fois à des enjeux d'autonomie fourragère et protéique. De plus, ces travaux ont également permis de mieux comprendre la variabilité des performances de ces associations. Si les CERPRO permettent effectivement de contourner la sécheresse estivale, dans des contextes de sols hydromorphes, l'excès d'eau hivernale semble tout de même avoir un effet délétère sur la productivité et les valeurs azotées de ces mélanges. Une analyse des valeurs nutritives est donc indispensable pour une utilisation optimale. L'utilisation du modèle Aufrère 2007 est un moyen efficace pour obtenir une estimation fiable avec un échantillonnage « pratique » de terrain d'un mélange représentatif de la parcelle par grappillage à la récolte. Il nécessite cependant un renseignement suffisamment précis du taux de protéagineux. Ce dernier (dans des sols non carbonatés) semblerait pouvoir s'approcher de manière fiable grâce au dosage du Calcium totale sans recourir au tri.

Enfin, ces associations céréales/protéagineux trouvent une place particulièrement cohérente dans les systèmes fourragers grâce à leur utilisation comme couvert pour l'implantation des prairies. Avec une modification des itinéraires techniques, notamment des périodes de semis, l'implantation de prairie sous couvert de CERPRO représente une solution intéressante pour : i) contourner la sécheresse estivale avec des semis à la mi-octobre, ii) produire une ressource fourragère supplémentaire dès la première année, iii) garantir une implantation réussie des prairies. Après la récolte des CERPRO, en termes de rotation, cette technique permet également d'éviter le semis de couverts estivaux souvent hypothétiques en termes de réussite, en particulier dans les sols à faible réserve hydrique. De précédents travaux (2011 à 2015) ont démontré la possibilité d'implanter des prairies sous couvert d'associations CERPRO à dominante céréales en récolte tardive (Daveau et *al*, 2018). Des résultats plus récents semblent démontrer la possibilité d'implanter des prairies sous couvert sous la gamme variée des associations CERPRO présentés précédemment. Cette technique renforce un peu plus l'intérêt de ces associations céréales/protéagineux dans leur capacité à accroitre l'autonomie fourragère et/protéique dans un contexte de plus en plus marqué par les aléas météorologiques. Enfin, l'utilisation optimale de ces fourrages pour la recherche d'autonomie et de sécurité alimentaire des systèmes de production, semble passer par l'accumulation de biomasse courant mai avec une maximisation de la performance par hectare (UF, MAT produits) et une dilution des coûts. Avec cette stratégie, les valeurs alimentaires des fourrages obtenus ne sont pas toujours en adéquation avec la recherche d'une performance animale élevée. Cette observation repose plus globalement la difficulté à concilier : recherche d'autonomie des systèmes d'élevage par la voie fourrage et maintien d'une productivité animale élevée.

Type *%prot récolte*	**Stade**	**Précoce** 05 mai	**Inter.** 22 mai	**tardif** 05 juin
	tMS/ha	**4,5 - 5,5**	**6,0 - 7,5**	**8,0 - 9,0**
PRO *55 - 65*	% mat	14,5 - 16,5	12,5 - 14,5	*11,0 - 12,0 (2)*
	UFL /kgMS	0,87 - 0,92	0,84 - 0,88	*0,80 - 0,84*
MIX *45 - 55*	% mat	14,0 - 16,0	11,0 - 12,0	10,0 - 11,0
	UFL /kgMS	0,85 - 0,90	0,80 - 0,85	0,78 - 0,83
CER *15 - 30*	% mat	*10,5 - 12,5 (1)*	*10,0 - 11,0 (1)*	9,0 - 10,0
	UFL /kgMS	*0,85 - 0,90*	*0,78 - 0,80*	0,76 - 0,78

Tableau 6 : typologie des CERPRO suivant : la nature du mélange et le stade de récolte.

Cette étude a été réalisée avec la participation financière de la Région Pays de la Loire.

Aufrère J., Baumont R., Delaby L., Peccatte J.-R., Andrieu J., Andrieu J.-P., Dulphy J.-P., 2007. INRA *Prod.Anim.* 20(2), 129-136

Coutard J.-P., Fortin J., 2014, *Renc, Rech. Ruminants,* 21, 93-96

Coutard J.-P., Fortin J., 2016, *Renc, Rech. Ruminants,* 23, 282

Daveau B., Fortin J., 2018, *Journées AFPF,* 126-127

Fortin J., Daveau B., 2018, *Journées AFPF,* 124-125

Fortin J., Daveau B., Jouanin E., Jehan G, 2020, *Renc, Rech. Ruminants,* 25, 228

Maxin G., 2016, *Journées AFPF,* 226-127

DERObées estiVALes au pâturage, en Région Centre Val de Loire : DEROVAL
Grazing on summer catch crops in the Loire Valley region: DEROVAL

DUCHENE D. (1), DAVID S. (2), SAVOIE A. (1), VENTURI E. (1), STAUB C. (1)
(1) INRAE, UE 1297, Unité Expérimentale Physiologie Animale de l'Orfrasière, 37380 Nouzilly, France
(2) Chambre d'agriculture d'Indre et Loire, 38 rue Augustin Fresnel - BP 50139. 37171 Chambray les tours

INTRODUCTION

Une dérobée estivale est une culture s'interposant entre deux cultures principales afin d'être récoltée via une fauche et/ou du pâturage (Legendre, 2018). L'essai DEROVAL 2020 vise à répondre aux problèmes posés par le dérèglement climatique et permet de tester des espèces exotiques en les plaçant dans les meilleures conditions de culture possible.

1. MATERIEL ET METHODES

- L'implantation de l'essai se situe en Indre et Loire (37) sur la commune de Nouzilly. Les trois parcelles retenues ont une surface totale de 8,76 hectares. Le type de sol est limoneux argileux à tendance hydromorphe (drainé)
- Les brebis multipares ont été sélectionnées au sein d'un groupe de 150 brebis afin de constituer 3 lots homogènes et de disposer d'un chargement de 13 brebis par hectare. Nous avons choisi des brebis juste après une phase de 3 mois de lactation, après le sevrage, à un stade physiologique où les animaux ont des besoins énergétiques élevés pour la reconstitution des réserves corporelles (Hazard, 2018)
- Le dispositif comporte trois modalités (tableau 1) :
  - Une modalité témoin en prairie temporaire (P)
  - Un mélange de Moha/Lablab/Cowpea (MLC)
  - Une modalité en Teff Grass (TG)

Modalités	Surface (ha)	Espèce	Variété	Semencier	Dose (kg/ha)
P	2,93	Fétuque/ dactyle			25
MLC	3,38	Moha	Tardivo	Caussade semence	10
		Lablab	Rongaï	Semental	7,5
		Cowpea	Black Stallion	Semental	7,5
TG	2,46	Teff Grass	Moxie	Barenbrug	10

Tableau 1 : Modalités et densité de semis

- Un suivi régulier et individuel du poids des animaux a été effectué au moment de la constitution des lots (15/06), avant la mise au pâturage dans le dispositif (09/07), puis une fois par mois jusqu'à la fin de l'essai le 30/09 (cage avec barres de pesée Baléa)
- Les mesures d'épaisseur de tissu adipeux sous cutané ont été réalisées par échographie à l'aide d'un appareil MyLab30 Vet gold de Piemedical utilisant une sonde linéaire LA332 3-10MHz (Hospimedi France, Valdampierre, France). Les mesures ont été effectuées au niveau de la région dorso-lombaire, afin de réaliser une coupe sagittale du gras sous cutané et du muscle long dorsal (Staub, 2019)

2. RESULTATS

2.1. GESTION DU PATURAGE

Les trois lots de brebis sont entrés simultanément dans le dispositif le 15/07/20 pour une durée de douze semaines :
- Le lot témoin (P) a été autosuffisant jusqu'au 09/09/20. Les animaux ont ensuite été affouragés en foin exogène pour pouvoir rester dans la parcelle test jusqu'au 30/09/20
- Le lot (MLC) n'a pas profité d'un mélange assez dense (levée et aléatoire du mélange) et le pâturage a été limitant, malgré une gestion en pâturage tournant et une fauche des deux tiers de la modalité afin de constituer un stock qui a été redonné le 12/08/20. La faible quantité récoltée en enrubannage (0,7 T de MS/Ha) n'a pas permis l'autosuffisance des animaux dans cette parcelle (affourragement au 09/09/20)
- Le lot (TG) a été autonome jusqu'à la fin du dispositif le 30/09/20 grâce au pâturage et à la constitution d'un stock de fourrage enrubanné le 21/07/20 (2,5 T de MS/ha).

2.2. MESURES

Le tableau 2 résume les différentes mesures effectuées sur le dispositif « DEROVAL »
- Valeurs alimentaires : le suivi de la valeur alimentaire des fourrages a révélé un bon niveau de protéine (Matière Azotée Totale) pour les dérobées estivales par rapport au témoin prairie (analyse à l'entrée des animaux dans le dispositif).
- Poids : il y a une évolution significative du poids des animaux en fonction du temps pour les animaux des 2 lots de dérobées estivales, contrairement à la prairie qui n'a pas évolué.
- Epaisseur gras dorsal par échographie : Les résultats montrent une augmentation du gras dorsal par rapport au début de l'expérimentation. Cette prise d'état est significativement différente (p=0,0001) entre les lots avec un avantage aux lots TG et MLC par rapport à la prairie.

	MAT (%)	Evolution du poids moyen/lot (kg) Moyenne ± SEM				Gras dorsal (mm) Moyenne ± SEM	
Date	15/07	09/07	07/08	27/08	30/09	09/07	30/09
P	9,8	62 ±6 (a)	63 ±6 (a)	62 ±6 (a)	65 ±6 (a)	1,6 ±0,8 (a)	3,2 ±1,6 (b)
MLC	18,6	62 ±5 (a)	67 ±4 (b)	64 ±5 (b)	68 ±6 (c)	1,5 ±0,6 (a)	5,0 ±1,6 (b)
TG	23,1	61 ±6 (a)	64 ±6 (a)	68 ±6 (b)	70 ±6 (c)	1,6 ±0,9 (a)	7,3 ±2,2 (b)

Tableau 2 : *Résultats valeurs alimentaires, pesées et échographies du dispositif « DEROVAL ».* Moyennes a, b, c, différences significatives en fonction du temps avec p<0,05.

3. CONCLUSION

L'alternance de fauche et de pâturage tournant a permis à la modalité « Teff gras » uniquement, d'atteindre l'autonomie fourragère sur la durée du dispositif et d'assurer la remise en état rapide des animaux. Au stade épiaison, la technique de fauche des refus pendant la période sèche (*topping*) a permis de faire manger la biomasse coupée au sol (augmentation de l'appétence). L'inconvénient majeur des dérobées estivales, qui ont tendance à mal supporter le piétinement des animaux en raison de leur faible encrage racinaire, a été contourné par la technique du pâturage tournant qui permet de varier les zones d'abreuvement et donc de limiter ce problème.
Dans le contexte de notre expérimentation en 2020, avec 35% de précipitations en moins (par rapport à la moyenne sur 30 ans) sur la période étudiée (du semis à la fin de l'essai), seul le Teff Grass a permis une augmentation de la ressource fourragère en qualité et quantité, permettant la gestion d'un lot de brebis en total autonomie.

Les auteurs remercient le personnel INRAE de l'UEPAO pour la rigueur apportée tout au long de l'essai.

Hazard, D. (2018). Variations des réserves corporelles chez les ovins : nouveau critère de sélection? *Pastoralisme et races locales.* Oléron-Sainte-Marie.
Legendre, A. (2018). Fourrages complémentaires, méteils, dérobées… de quoi parle-t-on ? *Journée de Printemps, AFPF.*
Staub, C. (2019). Ultrasonographic measures of body fatness and their relationship with plasma levels and adipose tissue expression of four adipokines in Welsh pony mares. Domestic Animal Endocrinology, Elsevier, pp.75 - 83

Effet de Sulla flexuosa (*Hedysarum flexuosum*) sur le profil en acides gras du lait de chèvres de race Beni Arouss au Nord du Maroc

Effect of Sulla flexuosa (Hedysarum flexuosum) on the fatty acid profile of milk from Beni Arouss goats in northern Morocco

BOUKROUH S. (1,2), HORNICK J.L. (1), NOUTFIA A. (2), AVRIL C. (3), CABARAUX J.F. (1), CHENTOUF M. (2)

(1) Département de Gestion Vétérinaire des Ressources Animales, FARAH, Faculté de Médecine Vétérinaire, ULiège, 4000 Liège, Belgique

(2) Institut National de la Recherche Agronomique, Tanger, Maroc

(3) HEPH Condorcet, catégorie agronomie, Ath, Belgique

INTRODUCTION

Dans le nord du Maroc, l'alimentation des chèvres est basée sur les pâturages qui sont caractérisés par une disponibilité limitée de fourrage (Chebli et *al.*, 2018). Sulla flexuosa est une légumineuse annuelle marginale largement répandue dans le nord du Maroc (Boukrouh et *al.*, 2018). Les espèces appartenant à son genre sont connues par un taux élevé en protéines (Amato et *al.*, 2016) et en tannins qui peuvent influencer la qualité des produits animaux, notamment la composition chimique et le profil en acides gras (Cabiddu et *al.*, 2009). Les effets de Sulla flexuosa sur le profil en acides gras du lait de chèvre seront étudiés pour la première fois dans cet article.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. ANIMAUX EXPERIMENTAUX ET RATIONS

Trente chèvres locales de Beni Arouss ont été réparties en trois groupes. Le ratio fourrage/concentré a été 70/30. Le groupe témoin a reçu une ration à base de foin de luzerne (45%) et 25% de paille de blé **(T)**; les groupes expérimentaux ont reçu soit 70% de foin de Sulla flexuosa **(S70),** soit 35% de foin de Sulla flexuosa, 22,5% de foin de luzerne et 12,5% de paille de blé **(S35)**.tous les groupes avaient reçu des grains d'orge et d'avoine pour la 30% de concentrés dans la ration.

	Ration			p-value
	S70	**S35**	**T**	
Production laitière (g/j)	651,4	659,9	625,0	0.930
Matière grasse (%)	2.16	2.32	2.24	0.876
AGMI (%)	36,89^{a}	34,29^{ab}	29,72^{b}	0,035
AGPI (%)	8,26^{a}	5,55^{b}	5,83^{b}	0,002
AGMI/AGS	0,70^{a}	0,60^{ab}	0,52^{b}	0,003
AGI/AGS	0,86^{a}	0,76^{ab}	0,62^{b}	0,001
AGD (%)	52,46	47,05	47,35	0,516
ω3 (%)	3,92^{a}	2,38^{b}	1,86^{b}	<0,001
ω9 (%)	32,57^{a}	30,79^{ab}	26,04^{b}	0,025
IA	1,22	1,33	1,67	0,110
IT	1,17^{b}	1,40^{b}	1,79^{a}	<0,001
ω6/ω3	1,08^{b}	1,40^{ab}	2,11^{a}	0,005
Δ9C14	0,07^{a}	0,05^{ab}	0,04^{b}	0,006
Δ9C18	0,76^{a}	0,71^{ab}	0,67^{b}	0,004

Tableau : ratios et indices d'acides gras dans la matière grasse du lait de chèvre en fonction de la ration alimentaire

1.2. PROFIL EN ACIDES GRAS

La graisse du lait a été extraite selon la méthode de Barbano et *al* (1988) en utilisant l'éther de pétrole. Les acides gras ont été trans-methylés et à l'aide de la CPG ils ont été identifiés par comparaison avec un mélange analytique standard d'AG en C4 à C24 (FAMEs Sigma-Aldrich, Darmstadt, Allemagne).

2. RESULTATS

L'incorporation de 70% de Sulla flexuosa n'avait eu aucun effet ni sur la production laitière ni sur le taux de matière grasse. Cependant, elle a augmenté les AG monoinsaturés et polyinsaturés, les AGMI/AGS, les AGI/AGS, les AG ω3, les AG ω9, les Δ9C14 et les Δ9C18. En revanche, elle a diminué le rapport ω6/ ω3 et l'indice thrombogène (IT).

L'incorporation partielle de 35 % de sulla flexuosa a diminué les AGPI, ω 3 et l'IA alors qu'elle était intermédiaire pour les AGMI, AGMI/AGS, AGI/AGS, w9, ω6/ω3, Δ9C14 et Δ9C18.

3. DISCUSSION

L'augmentation des AGMI et des AGPI est probablement due à l'inhibition de la biohydrogénation des acides gras par les tannins présents dans le Sulla flexuosa (Vasta et *al.*, 2019). La diminution des AGPI et des acides gras ω3 indique qu'une incorporation de 35% de Sulla flexuosa n'est pas suffisante si l'objectif était d'augmenter les acides gras mono et polyinsaturés. Cependant, les acides gras désirables (AGD) et l'indice d'athérogénécité (IA) n'étaient pas significativement différents entre les groupes.

CONCLUSION

Nous concluons donc que le Sulla flexuosa est non seulement une alternative économique et écologique à la luzerne, mais qu'elle a des effets positifs sur le profil des acides gras du lait.

Amato G., Giambalvo D., Frenda A.S., Mazza F., Ruisi P., Saia S., Di Miceli G., 2016. Bioenergy Res. 9, 711–719. https://doi.org/10.1007/s12155-016-9715-5

Barbano, D.M.; Clark, J.L.; Dunham, C.E., 1988. AOAC, 71, 898–914.

Boukrouh S., Avril C., Cabaraux J.F., Chentouf M., 2018. *Proceedings of the 7th FARAH Day.Liège, Belgium.*

Cabiddu A., Molle G., Decandia M., Spada S., Fiori M., Piredda G., Addis M., 2009. Livest. Sci. 123, 230–240. https://doi.org/10.1016/j.livsci.2008.11.019

Chebli Y., Chentouf M., Ozer P., Hornick J.L., Cabaraux J.F., 2018. Appl. Geogr. 101, 23–35. https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2018.10.006

Vasta V., Daghio M., Cappucci A., Buccioni A., Serra A., Viti C., Mele M., 2019. J. Dairy Sci. 102, 3781–3804. https://doi.org/10.3168/jds.2018-1498

Etude de la dégradabilité ruminale de l'amidon et des protéines du maïs épi ensilé
Study of starch and protein ruminal degradability of corn snaplage

CHAUVEAU H. (1), HODE D. (1), BOISNEAU A. (1), PIRAUBE E. (2)
(1) ARVALIS-Institut du Végétal, Station expérimentale de la Jaillière, F-44370 Loireauxence
(2) GERM-SERVICES, 23 chemin de Pau, F-64121 Montardon

INTRODUCTION

La valeur nutritive de l'ensilage de maïs épi a été peu étudiée, en particulier la cinétique de dégradation de cet aliment dans le rumen ainsi que sa variabilité présumée liée à divers facteurs : stade de maturité, part de grains dans l'épi, génétique, conditions pédoclimatiques et durée de conservation. INRAE propose une référence pour cet aliment dans les tables (INRA 2018). Un essai a donc été mis en place sur la station expérimentale ARVALIS Institut du végétal de la Jaillière afin d'acquérir des références sur la cinétique de dégradation de la matière sèche (MS) et ses composantes (amidon, protéines) du maïs épi ensilé.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1 BASE DE DONNEES DE COMPOSITION

Une base de données de 408 analyses de composition chimique de maïs épi ensilé issues de mesures réalisées par le laboratoire Germ-Services et Arvalis entre 2010 et 2021 a été analysée en comparaison du référentiel INRAE.

1.2 L'ESSAI IN SACCO

Des prélèvements de maïs épi ont été réalisés à la récolte sur 5 parcelles en 2019 et en 2020. Les échantillons ont été conservés par ensilage en bocaux durant 60 et 180 jours.
Un essai sur animaux a été mené sur la station de la Jaillière. La dégradabilité ruminale de la MS, de l'amidon et de la MAT a été mesurée selon la méthode des sachets de nylon pour 7 temps d'incubation dans le rumen (0, 2, 4, 8, 24, 48 et 72 h) avec 6 répétitions (3 vaches ; 2 séries). La dégradabilité théorique de la MS (DT_6_MS), de l'amidon (DT_6_AMI) et de l'azote (DT_6_N) a été calculée par la méthode pas à pas pour un taux de sortie du rumen de 6 %.h^{-1}. La dMO a été estimée à partir de la dMO *in sacco* prédite avec les paramètres ajustés sur maïs fourrage (Férard *et al.*, 2014).
L'effet de la conservation sur la dégradabilité a été analysé avec une ANOVA contenant les effets année de récolte et durée de conservation. La valeur nutritive a ensuite été calculée à partir des équations INRA 2018 avec les paramètres mesurés *in sacco*.

2. RESULTATS

2.1 COMPOSITION CHIMIQUE DU MAÏS EPI

Les teneurs en MS et en amidon observées dans la base de données sont supérieures au référentiel INRAE, et les teneurs en fibres inférieures. Ceci suggère que les pratiques de récolte sont plus tardives et/ou que le ratio grains/épi est plus élevé dans les élevages (Tableau 1).

	Moyenne	Ecart-type	INRA 18
Teneur MS (%)	58,9	6,2	53,0
Cendres (g/kg MS)	20	9	19
Amidon (g/kg MS)	575	62	560
MAT (g/kg MS)	79	8	83
NDF (g/kg MS)	219	38	318
ADF (g/kg MS)	98	27	104
CB (g/kg MS)	78	21	90
DCS (%)	86,2	4,3	

Tableau 1 : Composition chimique du maïs épi (n=408 analyses)

2.2 DEGRADABILITE RUMINALE DU MAÏS EPI

La composition chimique des échantillons de maïs épi a été distincte entre les 2 années (2019 : 47,9 % amidon, 27,5 % NDF, 8,9 % MAT ; 2020 : 54,9 % amidon, 23,0 % NDF, 7,4 % MAT). Un effet significatif du cru de maïs épi a été observé sur l'ensemble des critères mesurés ou calculés dans le tableau 2.
La maturité du grain plus avancée et la plus faible teneur en grains en 2019 par rapport à 2020 a significativement diminué la dégradabilité de la MS de 14,8 pts (*P<0,001*). Celle de l'amidon a été diminuée de 13,6 pts (*P<0,001*) et celle de l'azote de 11,6 pts (*P<0,001*). Le plus faible ratio grain/épi en 2019 a pénalisé la teneur en énergie de 0,13 UFL/kg MS (*P<0,001*).
Entre la récolte et 60 jours de conservation par ensilage (n=3 comparaisons), la dégradabilité de la MS a augmenté de 13,2 pts (*P<0,01*), celle de l'amidon de 17,8 pts (*P<0,01*) et celle de l'azote de 27,0 pts (*P<0,001*).
Entre 60 et 180 jours de conservation par ensilage (n=5 comparaisons), la dégradabilité de la MS a augmenté de 7,1 pts (*P<0,01*), celle de l'amidon de 10,2 pts (*P<0,01*) et celle de l'azote de 9,4 pts (*P<0,01*). L'augmentation de la DT_6_AMI de 0,085 pt par jour de conservation est supérieure à celle observée sur maïs plante entière (Férard et al., 2016). Bien que la MS soit plus rapidement dégradable après 180 jours de conservation, la valeur énergétique du maïs épi ne semble pas modifiée entre 60 et 180 jours de conservation.

Durée de conservation	60 j (n=5)	180 j (n=5)	Pv(durée)	ETR
Dég. MS 4h (%)	48,0	57,2	*	4,4
Dég. MS 48h (%)	85,0	85,9	NS	1,1
DT_6_MS (%)	58,4	65,5	**	3,1
DT_6_AMI (%)	72,4	82,6	**	3,4
DT_6_N (%)	68,5	77,9	**	2,9
dMO in sacco (%)	76,2	77,1	NS	1,1
MOF (g/kg MS)	554	589	*	20
UFL (/kg MS)	1,04	1,05	NS	0,02
PDI (g/kg MS)	72	68	**	1
BPR (g/kg MS)	-38	-34	NS	4

Tableau 2 : Dégradabilité ruminale et valeur nutritive du maïs épi

3. DISCUSSION – CONCLUSION

Cette étude a mis en avant la forte variabilité de composition chimique et de valeur nutritive du maïs épi ensilé malgré le nombre restreint de modalités testées. Les conditions pédoclimatiques, le stade de maturité du grain et la durée de conservation semblent avoir un impact significatif sur la cinétique de dégradation de la MS, de l'amidon et de l'azote. La faible dégradabilité de l'amidon constatée sur des maïs épi récoltés à des stades tardifs confirme la nécessité d'appliquer un éclatement intense (rouleaux éclateurs en bon état et serrés au maximum) sur les grains, dont la proportion d'amidon vitreux est généralement très élevée. La forte augmentation de la MS rapidement dégradable avec la durée de conservation implique de le prendre en compte pour le rationnement des ruminants, à l'instar du maïs fourrage plante entière. Des essais complémentaires seront nécessaires afin de préciser ces effets et d'explorer l'impact du type de grain sur les paramètres de dégradabilité, puis proposer une prédiction de valeur nutritive pour cet aliment.

Les auteurs remercient le personnel de la Jaillière ayant contribué à l'essai.

Férard et al., 2014. Actes Journées AFPF, 156-157
Férard A. et al., 2016. 17th ICFC, 157-158.
INRA, 2018. Ed. Quae, 728

Hedysarum flexuosum ; ressource végétale d'intérêt fourrager à valoriser
Hedysarum flexuosum; valorization of a fodder resource

ZIRMI-ZEMBRI N. (1), DORBANE Z. (1), MOUHOUS A. (1), SAIDJ D. (2), KADI S.A. (1)
(1) Faculté des Sciences Biologiques et Sciences Agronomiques, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, Algérie
(2) Institut des Sciences Vétérinaires, Université Saad DAHLAB, Blida, Algérie

INTRODUCTION

Les filières des productions animales ne couvrent pas les besoins de la population algérienne en protéines animales. Déjà, en 1948, Laumont a signalé le problème de l'affourragement du cheptel Algérien et qui, malheureusement, persiste à ce jour et devient un déficit fourrager chronique (Houmani, 1999). Une des solutions alternatives consiste à exploiter certaines espèces végétales spontanées qui sont adaptées aux contraintes environnementales et apportant des rendements et valeur nutritive identiques, voir meilleures que certaines espèces cultivées (Zirmi-Zembri et Kadi, 2016). Parmi ces espèces, ***Hedysarum flexuosum*** connue également sous le nom d'*Hedysarum algeriense* Pomel ou *Sulla flexuosa*, et communément appelée Sulla qui est au centre d'intérêts du laboratoire de nutrition animale et produits animaux à l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou (Algérie), et ce depuis 1996.
Ce travail a pour objectif de mettre en valeur les atouts fourragers de cette légumineuse en alimentation animale.

1. MATERIEL ET METHODES

Les données exploitées dans ce travail sont les différents travaux réalisés au laboratoire de nutrition animale et produits animaux à l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou (Algérie) dans le but de la caractérisation, conservation et valorisation d'*Hedysarum flexuosum*. Le matériel végétal étudié provient d'une population de la région d'Ait Toudert au Sud de la wilaya de Tizi Ouzou (36 32 N, 4 08 E). La récolte s'est effectuée à quatre stades phénologiques distincts (bourgeonnement, floraison, gousses vertes et maturation des graines). Pour chaque stade étudié, nous avons prélevé aléatoirement 8 plants entiers par stade. Les échantillons prélevés, ont été séchés dans une étuve réglée à 60°C pendant 48 h puis broyés. Nous avons mélangé les 8 broyats de chaque stade phénologique pour constituer un « échantillon homogène ». Chaque échantillon dit homogène et représentatif a servi pour les analyses de la composition chimique (avec 3 répétitions), à savoir : les teneurs en matières sèche et minérale (MS, MM), la cellulose brute (CB), la fraction fibreuse au détergeant neutre et acide (NDF et ADF), la matière azotée totale (MAT), la matière grasse (MG) en utilisant l'analyseur proche Infrarouge DA 7250 NIR. La teneur en matière organique (MO) est déduite de la teneur en matière minérale (MO=MS-MM). Afin de prédire les valeurs énergétiques (UFL, UFV) et protéiques (PDIN, PDIE) du Sulla flexuosa à partir de sa composition chimique, nous avons utilisé les équations de prédiction de valeur nutritive.

2. RESULTATS

L'exploitation des résultats des différents travaux réalisés au sein de notre laboratoire sur *Hedysarum flexuosum* fait ressortir que cette légumineuse est très utilisée par les éleveurs de la région, où elle est présente dans une vingtaine de communes (Zirmi-Zembri et Kadi, 2020a), pour l'alimentation des ruminants, surtout des vaches laitières, mais aussi des équins et des lapins, et ce grâce à sa richesse en énergie et en protéines (Tableau 1).
Les stades d'utilisation par les éleveurs du Sulla flexuosa en vert s'étale de la fin du stade végétatif (avec un rapport feuilles /tiges au poids frais de 2,03 et 3,19 au poids secs) signalés par Zirmi-Zembri et Kadi (2020b) jusqu'au stade gousse vertes, alors que le foin est récolté au stade maturation des graines.
La grande majorité des éleveurs distinguent la forme mixte des populations de Sulla qui se caractérisent par un port orthotrope avec des ramifications plagiotropes intenses et des feuilles à nombre élevé de folioles (Zirmi-Zembri et kadi, 2019). Ce caractère est d'une grande importance pour l'exploitation de ce fourrage en permettant des modes de fauchage manuel et/ou mécanique et assure un pâturage hivernal et printanier de bonne valeur nutritive. C'est la totalité des éleveurs de la région qui utilisent Sulla flexuosa en alimentation animale (en sec et en vert).

	Stade 1	Stade 2	Stade 3	Stade 4
MS (%)	11,88	14,34	22,52	87,82
MO (% MS)	90,19	90,83	92,82	92,89
MAT (% MS)	21,83	19,22	12,33	11,21
NDF (% MS)	53,33	52,78	46,72	49,91
ADF (% MS)	31,26	31,04	26,99	29,34
CB (% MS)	25,09	25,86	25,55	29,68
MG (% MS)	1,98	1,94	1,97	1,89
UFL (/kg MS)	0,85	0,82	0,80	0,71
UFV (/kg MS)	0,77	0,72	0,71	0,61
PDIN (g/kg MS)	140,33	122,8	79,15	73,16
PDIE (g/kg MS)	96,13	91,31	82,09	79,98

Stade 1 : Bourgeonnement. Stade 2 : Floraison
Stade 3 : Gousses vertes. Stade 4 : Maturation des graines

Tableau 1 Composition chimique et valeur nutritive du *Sulla flexuosa*

3. DISCUSSION-CONCLUSION

Il en ressort de ce travail, qu'*Hedysarum flexuosum*, légumineuse fourragère spontanée utilisée en alimentation des ruminants dans le centre nord algérien, est une très bonne source d'énergie et de protéines.
La conjugaison des résultats de la recherche scientifique (sur la morphologie, la phénologie, la biochimie et la valeur nutritive) et du savoir traditionnel et ancestral doit être le socle de tous les programmes de préservation, de sélection, d'amélioration génétique débouchant sur la domestication de *H. flexuosum*.
Dans un contexte de réchauffement climatique et la nécessité d'assurer la sécurité alimentaire, il est impératif de valoriser certaines espèces spontanées qui apportent de bonnes valeurs nutritionnelles sans apport d'irrigation ou d'engrais. Les apports d'*Hedysarum flexuosum* en alimentation des ruminants sont remarquables.

Houmani, M. 1999. Recherches Agronomiques, 4 ; 35-45.
Laumont P. 1948. Délégation générale en Algérie, Direction de l'agriculture et des forêts, Série N°8.
Zirmi-Zembri, N., Kadi, S. A. 2016. *Livest. Res. Rural Dev.* 28(145)
Zirmi-Zembri, N., Kadi S. A. 2019. FAO-CIHEAM Subnetwork. pp. 605-609.
Zirmi-Zembri, N., Kadi, S. A. 2020a. J Fundam Appl Sci., 12(1S), 89-107.
Zirmi-Zembri, N., Kadi, S. A. 2020b. J. of Rangeland Sci., Vol. 10, No. 3, 341-356.

Peut-on prédire les valeurs alimentaires à partir d'analyses en spectroscopie proche infrarouge pour les prairies à flore variée et multispécifiques ?

Can feed values be predicted from near-infrared spectroscopy analyses for high-diversity sown grasslands ?

GOUTIERS V. (1), AUGUY C. (2)
(1) INRAE - UMR 1248 AGIR AGroécologie, Innovations, teRritoires - Université de Toulouse, INPT. Centre de recherche Occitanie-Toulouse, Chemin de Borde-rouge, 31326 Castanet-Tolosan, France
(2) Chambre d'agriculture du Tarn, antenne de Castres, Le Causse Espace Ressources, 81100 Castres, France

INTRODUCTION

Les mélanges prairiaux semés se développent depuis plusieurs années en France. Ils représentent environ 20% du marché des semences fourragères (Straebler, 2015). Parmi ces mélanges les prairies multi spécifiques et les prairies à flore variée (PFV) sont caractérisées par un nombre d'espèces élevé (>6) et peu décrites dans la littérature scientifique (Goutiers, *et al*., 2016). Ces nouvelles ressources fourragères ne sont pas qualifiées sur le plan des valeurs alimentaires dans les tables INRA 2018. Il s'avère donc nécessaire de réaliser des mesures chimiques en laboratoire avant de mettre en œuvre les méthodes de rationnement aboutissant au plan d'alimentation du troupeau. Cependant le coût élevé de ces analyses limite leur utilisation par les éleveurs et les agents du développement. Afin de démocratiser la pratique des analyses, les laboratoires ont développé des méthodes moins coûteuses par spectroscopie dans le proche infrarouge (NIRS). Mais sont-elles suffisamment fiables en comparaison à des analyses chimiques classiques ? Afin d'éclairer cette question, nous proposons d'étudier les relations statistiques entre analyses chimiques et analyses NIRS sur un échantillon de PFV.

1. MATERIEL ET METHODES

Pour ce faire, nous avons exploité un jeu de données composé de 170 échantillons analysés parallèlement en méthode chimique et en méthode NIRS au laboratoire Inovalys de Nantes. Ceci représente 44 parcelles de PFV suivies entre 2014 et 2019 dans la montagne tarnaise (81). Les prélèvements ont eu lieu chaque année au premier et dernier cycle d'utilisation. Les compositions des prairies considérées ont été formulées pour des utilisations exclusivement en fauche ou en pâturage et pour des utilisations mixtes. Les analyses ont porté sur les déterminations suivantes : matière
minérale (MM), digestibilité pepsine-cellulase (Dcel), matières azotées totales (MAT), cellulose brute (CB), sucres solubles totaux (ST). Une fois la base de données constituée, nous avons réalisé des analyses de régressions linéaires simples avec le logiciel statistique R.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

Les modèles ainsi produits *(Tab.1)* prédisent correctement les valeurs chimiques à partir d'une analyse NIRS pour les déterminations de : matières azotées totales, cellulose brute et sucres solubles totaux. Nous obtenons respectivement des coefficients de détermination linéaire de Pearson (R^2) au seuil de significativité usuel, de 0,90 0,89 et 0,75. Cependant la qualité des relations linéaires n'est pas satisfaisante pour la prédiction de la matière minérale (R^2=0,48) et de la digestibilité pepsine-cellulase (R^2=0,58). Pourtant certains auteurs indiquent que les analyses NIRS réalisées sur des échantillons de fourrages permettent d'obtenir de bonnes prédictions ($R^2 \geq 0,96$) ou des erreurs de prédictions de l'ordre de 0,5 à 2,5% concernant ces deux paramètres (Bastianelli, *et al*., 2018 ; Kragten & Wyss, 2014). Ces écarts entre la littérature et ce que nous avons observé pourraient s'expliquer par la nature des prairies étudiées : forte richesse spécifique et espèces fourragères nouvelles (chicorée, plantain…).

CONCLUSION

La constitution par les laboratoires d'analyses, de bases de données beaucoup plus larges au niveau botanique et spectral est donc nécessaire, afin d'améliorer la qualité des prédictions pour les mélanges de prairies multispécifiques et de PFV. La digestibilité pepsine-cellulase est un paramètre essentiel qui intervient dans plusieurs calculs de valeurs alimentaires (UFL, UFV). Au regard des résultats obtenus, le recours aux analyses chimiques nous semble plus judicieux pour les mélanges complexes en attendant une évolution des paramétrages NIRS par les laboratoires.

2018. Alimentation des ruminants, Ed. Quae, Versailles, 728 p.
Bastianelli, D., Bonnal, L., Barre, P., Nabeneza, S., Salgado, P., Andueza, D. **2018**. INRA Productions Animales, *31*(3), 237-254
Goutiers, V., Moirez-Charron, M.H., Deo, M., Hazard, L. 2016. Fourrages, 228, 243-252
Kragten, S. A., & Wyss, U. **2014**. *Rech. Agro. Suisse*, *5*(5), 204-211.
Straëbler, M. 2016. Fourrages, 225, 49-54

	Variables à expliquer (y)	Variables explicatives (x)	Unité	Pente équation (a)	Constante équation (b)	R^2	ETR	Moyenne	Ecart-type	Min.	Max.
n = 170	MM chimie	MM NIRS	g/kg MS	0,551***	28,659***	0,48***	21,05	92,5	28,9	58,8	277,3
	Dcel chimie	Dcel NIRS	% MS	0,763***	10,354**	0,58***	6,94	69,1	10,7	48,9	91,3
	MAT chimie	MAT NIRS	g/kg MS	0,940***	8,558*	0,90***	13,49	162,9	42,9	68,3	274,4
	CB chimie	CB NIRS	g/kg MS	0,862***	50,935***	0,89***	16,50	242,8	50,2	146,2	349,7
	ST	ST NIRS	g/kg MS	0,876***	$2,090^{ns}$	0,75***	26,69	110,2	53,0	5,0	245,0

Tableau 1 Equations de prédiction des valeurs chimiques du fourrage en fonction de mesures en spectroscopie par proche infra-rouge. *P-valeurs : *** 0.001 ** 0.01 * 0.05 ns 1*. Exemple : valeur chimique en MAT d'une PFV :

MATchimie = 0,940*MATnirs + 8,558.

Le tour du moha en 80 jours
Around the moha in 80 days

DELABY L. (1), DOZIAS D. (2), LEURENT-COLETTE S. (2), GALLARD Y. (2)
(1) INRAE, Institut Agro, UMR Physiologie, Environnement et Génétique pour l'Animal et les Systèmes d'Elevage, 16 Le Clos, F-35590 Saint Gilles, France
(2) INRAE, Domaine du Pin, UE 326, Borculo, Le Pin-au-Haras, F-61310 Gouffern en Auge, France

INTRODUCTION

Le changement climatique en cours et annoncé, caractérisé surtout par des sécheresses estivales plus marquées en intensité et en durée, les diverses réglementations obligeant à la couverture des sols en automne (CIPAN valorisables), incitent les éleveurs à recourir aux inter-cultures automnales récoltables. Parmi les possibles, le moha (*Setaria italica*) présente des atouts intéressants, notamment son développement rapide en conditions chaudes de fin d'été, sous pluviométrie limitée. La mono récolte de cette graminée, après 60 à 80 jours, permet de produire entre 3 à 6 t de matière sèche (MS) selon l'âge, sous forme de foin, mi-fané enrubanné ou comme fourrage vert. Sa valeur alimentaire peu décrite, a fait l'objet d'une évaluation en vert, *in vivo* durant 2 années sur le domaine INRAE du Pin.

MATERIEL ET METHODES

En 2012 et 2013, après un précédent constitué d'une prairie de graminées, le moha a été semé à la dose de 30kg /ha, les 5 et 3 juillet, et suivi d'aucun désherbage, ni de fertilisation. A partir de 56 (2012) et 42 (2013) jours post semis, et en continu durant 5 périodes d'une semaine, le moha a été fauché chaque jour et distribué à volonté à 6 moutons castrés (en moyenne 51 kg poids vif) afin d'en évaluer l'ingestibilité et la digestibilité selon la méthodologie décrite par Demarquilliy *et al* (1995).
La composition chimique du moha offert, des refus et des fèces a été déterminée sur les 10 échantillons moyens hebdomadaires, correspondant aux 10 périodes. De plus, sur les 10 échantillons de l'offert, la teneur en énergie brute (EB) a été mesuré par combustion totale en bombe calorimétrique ainsi que la digestibilité à la pepsine cellulase (dCs).
Les valeurs UFL, PDI et BPR ont été calculées en intégrant la digestibilité de la MO (dMO) mesurée « *in vivo* » selon les équations publiées par l'INRA (2018). Puis les périodes de même âge de repousses communes aux 2 années (à savoir celles réalisées à 56, 63, 70 jours) ont été regroupées afin de décrire l'évolution de la valeur alimentaire du moha sur un continuum de 42 à 84 jours, regroupant ainsi les 2 années.

RESULTATS

A 42 jours post semis, le moha se caractérise par une teneur en MAT et une digestibilité intéressante associée à une ingestibilité favorable (Tableau 1). Puis sa teneur en MAT tout comme les teneurs en parois (CB, NDF, ADF) évoluent rapidement et défavorablement au-delà de 42 jours d'âge, et se stabilise au-delà de 50 jours à un valeur moyenne de respectivement 93, 324, 641 et 360 g/kg MS. Cette évolution est associée à la phase de montaison/épiaison rapide, qui démarre dès 50 jours. En conséquence, la digestibilité diminue avec l'âge de la plante, de 71,1 (42 j) à 58,8 % (84 j) tandis que la valeur d'encombrement se dégrade, passant dans le même temps de 1,07 à 1,24 UEM par kg MS. Les valeurs UFL et UFV semblent plus stables, du fait d'une teneur en EB qui s'améliore avec la montée en graines. La valeur PDI, au mieux proche de 80 g (42 j) diminue ensuite en lien avec la teneur en MAT et la baisse de dMO.
L'équation de prédiction de la dMO la plus pertinente est celle qui combine la dCS (%) et la teneur en MAT (g/kg MS) :
dMO = 39,6 + 0,41 dCs + 0,046 MAT (Syx = 2,31 – R^2 = 0,66)

DISCUSSION - CONCLUSION

L'évolution rapide au-delà de 50 jours de la composition chimique et de la valeur nutritive du moha doit inciter à une valorisation précoce, dès 6 à 7 semaines après le semis, sans attendre d'obtenir le maximum de biomasse. A ce stade, l'utilisation sous forme de pâturage est envisageable. En regard de la croissance rapide, le pâturage rationné, avec fil avant est à privilégier pour limiter le gaspillage. Mais c'est probablement sous forme de foin ou de mi-fané enrubanné que ce fourrage est le plus pertinent. Comme pour tout fourrage herbacé, la valeur alimentaire du moha sous forme conservée dépendra en 1er lieu de sa valeur en vert. Et donc comme démontré dans cette étude, de l'âge post semis à la récolte. Au pâturage ou sous forme conservé, la valeur alimentaire de ce fourrage le destine prioritairement aux animaux en croissance, dont les besoins sont limités.

INRA, 2018. Alimentation des ruminants. Ed Quae, Versailles, France, 728 p.
Demarquilly C., Chesnot M., Giger S., 1995. In INRA (ed) Nutrition des ruminants domestiques, Paris, France, 601-648.

Age post semis (jours)	42	49	56	63	70	77	84
MO (g/kg MS)	808	880	883	887	897	896	888
MAT (g/kg MS)	174	117	97	95	83	92	99
CB (g/kg MS)	263	334	342	344	324	307	304
NDF (g/kg MS)	568	652	665	664	639	619	617
ADF (g/kg MS)	295	367	382	378	358	340	341
EB (kcal/kgMS)	3752	4102	4103	4125	4161	4164	4141
In vivo dMO (%)	71.1	67.0	63.9	61.8	62.0	65.4	58.8
UFL (/kg MS)	0.76	0.78	0.73	0.71	0.72	0.77	0.66
UFV (/kg MS)	0.71	0.72	0.66	0.63	0.65	0.71	0.58
PDI (g/kg MS)	79	72	67	66	65	68	65
BPR (/kg MS)	47	-4	-19	-19	-30	-25	-13
UEM (/kg MS)	1.07	1.28	1.27	1.26	1.19	1.12	1.24

Tableau 1 : Evolution de la valeur alimentaire du moha avec l'âge post semis, selon les équations INRA (2018)
MO: Matière organique ; MAT: Matières azotées totales ; CB: Cellulose brute ; NDF-ADF: Neutral et Acid detergent fiber ; UFL – UFV: Unités fourragères Lait et Viande ; PDI: Protéines digestibles dans l'intestin ; BPR: Balance protéique du rumen ; UEM: Unité encombrement moutons

Comportement alimentaire de vaches laitières pâturant des arbres fourragers
Feeding behaviour of dairy cows browsing temperate fodder trees

MESBAHI G. (1), BERTHET M. (1), JAWAHIR A. (1), GINANE C. (2), DELAGARDE R. (3), CHARGELÈGUE F. (1), NOVAK S. (1)
(1) INRAE, FERLUS, F-86600 Lusignan, France
(2) Université Clermont Auvergne, INRAE, VetAgro Sup, UMR Herbivores, F-63122 Saint-Genès-Champanelle, France
(3) PEGASE, INRAE, Institut Agro, F-35590 Saint Gilles, France

INTRODUCTION

Les arbres champêtres fournissent de nombreux services écosystémiques aux agrosystèmes : séquestration de carbone, conservation de la biodiversité, épuration de l'eau, etc. (Jose, 2009). En élevage, les arbres peuvent être un levier face au changement climatique : leur ombre protège animaux et cultures fourragères, et leurs feuilles et jeunes branches peuvent aussi fournir un fourrage de qualité lorsque la production des prairies est trop faible (Mahieu *et al*., 2021). Cependant, nous avons aujourd'hui peu de connaissances sur le comportement alimentaire des bovins pâturant des arbres de milieu tempéré. Dans cette étude, nous nous sommes intéressés aux préférences alimentaires de vaches laitières face à quatre espèces d'arbre.

1. MATERIELS ET METHODES

L'étude s'est déroulée en juillet 2021 sur une parcelle agroforestière de l'expérimentation système OasYs d'INRAE à Lusignan. En 2014, 168 arbres fourragers y ont été plantés sur 2 ha, comprenant des aulnes de Corse (*Alnus cordata*), des frênes communs (*Fraxinus excelsior*), des mûriers blancs (*Morus alba*) et des ormes Lutèce (*Ulmus* 'Nanguen'). Les arbres ont été coupés en têtard en 2019 à 50 ou 80 cm du sol, puis les branches ont été taillées chaque année à 110 cm du sol. Ils ont été pâturés la première fois du 12 au 21 juillet 2021, chaque jour de 8h30 à 12h30, par un troupeau de 12 vaches laitières (101 ± 17 jours de lactation). Toutes les 4 minutes, les observateurs.rices ont scanné les arbres et noté si des vaches s'y alimentaient (550 scans par arbre, total de 92 400 scans). Nous avons utilisé un modèle linéaire généralisé à effets mixtes (GLMM) pour analyser les préférences alimentaires, en utilisant l'identité des observateurs.rices et le rendement fourrager des arbres comme facteurs aléatoires. Nous avons utilisé les moyennes marginales estimées pour évaluer les préférences alimentaires entre espèces d'arbre. Les analyses ont été réalisées avec le logiciel R et les packages 'lme4' et 'emmeans'.

2. RESULTATS

Les vaches ont été observées consommant des arbres sur 472 scans pendant les 10 matinées de suivi. Elles ont montré une préférence significative (P ≤ 0,003, Figure 1) pour l'orme Lutèce (280 consommations, soit 60 % des consommations d'arbre).Viennent ensuite le mûrier blanc (128 consommations, soit 27 %), le frêne (31 consommations, soit 7 %) et enfin l'aulne de Corse (28 consommations, soit 6 %).

3. DISCUSSION / CONCLUSION

Ces résultats confirment que les vaches ont des préférences alimentaires entre les espèces d'arbre, comme elles en ont aussi entre les espèces herbacées (Horadagoda *et al.*, 2009).

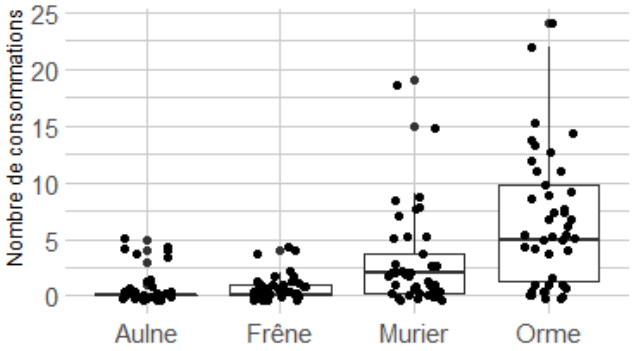


Figure 1 : cumul des consommations observées par espèce. Chaque point représente l'un des 168 arbres étudiés.

Dans notre étude comme dans celle de Vandermeulen *et al*. (2018), le frêne a été très peu pâturé malgré une bonne valeur nutritive (Mahieu *et al*., 2021) et une bonne consommation chez des moutons nourris en bâtiment (Bernard *et al*., 2020). Ce résultat pourrait s'expliquer par i) un manque d'habitude des vaches qui découvraient ces arbres pour la première fois, ii) des compositions chimiques différentes entre les frênes directement pâturés et ceux amenés en bâtiment, ou iii) la diversité offerte aux vaches dans notre étude, le frêne étant proposé avec trois autres espèces. En effet, les différentes espèces peuvent présenter des propriété chimiques (goûts, odeur) et physiques (texture, facilité de préhension) plus ou moins favorables à la consommation par les vaches .
De futures études sont nécessaires pour confirmer ces résultats et pouvoir inclure les arbres dans la conception des systèmes fourragers.

Nous remercions les techniciens qui nous ont aidés pour cette étude : A. Martineau, D. Boutant, F. Bourgoin, R. Perceau pour la gestion du troupeau et J. Chargelègue pour le suivi des arbres. L'étude a été financée par la Fondation de France et les départements INRAE PHASE et AgroEcoSystem.

Bernard, M., Ginane, C., Deiss, V., Emile, J.C., Novak, S. 2020. Fourrages, 242, 55–59.
Horadagoda, A., Fulkerson, W.J., Nandra, K.S., Barchia, I.M., 2009. Anim. Prod. Sci., 49, 586.
Jose, S., 2009. Agrofor. Syst., 76, 1-10.
Mahieu, S., Novak, S., Barre, P., Delagarde, R., Niderkorn, V., Gastal, F., Emile, J.C., 2021. Agrofor. Syst, 95, 1295-1308.
Vandermeulen, S., Ramírez-Restrepo, C.A., Marche, C., Decruyenaere, V., Beckers, Y., Bindelle, J. 2018. Agrofor. Syst., 92, 705–716.

Génétique

Du nouveau dans les évaluations génétiques bovines : mise en place du Single-Step, une évaluation génétique et génomique en une seule étape.

BARBAT M. (1), CROUE I. (1), FRITZ S. (2), TRIBOUT T. (3), BOICHARD D. (3), MINERY S. (4), LAUNAY A. (4), BOULESTEIX P. (4), PROMP J. (4)

(1) GenEval, 3 rue du Petit Robinson, 78350 Jouy-en-Josas
(2) ELIANCE, Maison Nationale des Eleveurs, 149 rue de Bercy, 75595 Paris Cedex 12
(3) INRAe, UMR GABI, Domaine de Vilvert, 78350 Jouy-en-Josas
(4) Institut de l'Elevage, Maison Nationale des Eleveurs, 149 rue de Bercy, 75595 Paris Cedex 12

RESUME

Depuis 2009, l'évaluation génomique s'est développée en races bovines, en France comme à l'étranger. Malgré ses nombreux avantages, depuis quelques années, la sélection génomique se révèle causer un biais dans les évaluations génétiques. Pour s'affranchir de ce biais, une nouvelle méthode d'évaluation génétique est implémentée chez les bovins : le « Single-Step », ou évaluation en une étape.

Les analyses réalisées au sein des projets ASAP et UNIGENO montrent l'efficacité de cette nouvelle approche. L'étude de validation de la méthode Single-Step repose sur l'estimation des index d'un groupe de jeunes taureaux ayant des filles avec performances en 2021 mais pas en 2017, sur la base de l'ensemble des informations disponibles en 2021 ou en 2017. Une simulation des index de 2017 a donc été réalisée pour ces jeunes taureaux sans connaissance des performances de leurs filles. Cette étude, menée pour un très large panel de races et de caractères, a permis de montrer la très bonne cohérence entre les index estimés avant et après arrivée des filles : la pente de la régression des index 2021 sur les index 2017 est comprise entre 0.97 et 1.03 pour tous les caractères et races considérés. Ces très bons résultats sont notamment permis par la mise en place dans l'évaluation du facteur d'érosion, permettant de prendre en compte le nombre de générations séparant un jeune animal de la population de référence lors du calcul de son index.

Les validations ont été poussées en confrontant les index « Single-Step » des femelles (prédits avant qu'elles aient leurs performances) avec leurs performances (étude Génoperf, Idele). Là aussi, les résultats confirment l'intérêt de la méthodologie « Single-Step ». En race Normande, il est prédit un écart de 1600 kg d'index lait entre les moins bonnes et les meilleures génisses. Lorsque les femelles sont en production quelques années plus tard, il est observé un écart de performances de 1590 kg de lait. Pour l'intervalle vêlage – première IA, celles avec un index prédit à +1 sont en moyenne, sur le terrain, remises à la reproduction 7 jours plus tôt que les femelles avec un index prédit à -1.

Avec cette nouvelle méthode, l'évaluation génomique devient accessible à l'ensemble des races bovines dans lesquels des génotypages réguliers sont effectués et cela sur l'ensemble des caractères. Les efforts de typages permettront un gain progressif de précision pour les races dans lesquelles la proportion d'animaux génotypés est encore faible.

Fruit de collaborations entre l'UMT e-BIS, GenEval, les organismes et les entreprises de sélection des deux filières bovines, l'évaluation « Single-Step » a été mise en place dès mars 2022 pour certaines races laitières et sera étendue à l'ensemble des races disposant actuellement d'une évaluation génétique dans le courant des années 2022 et 2023.

Evolutions in bovine national genetic evaluations: implementation of a Single-Step approach, a genetic and genomic evaluation in a single step.

BARBAT M. (1), CROUE I. (1), FRITZ S. (2), TRIBOUT T. (3), BOICHARD D. (3), MINERY S. (4), LAUNAY A. (4), BOULESTEIX P. (4), PROMP J. (4)

(1) GenEval, 3 rue du Petit Robinson, 78350 Jouy-en-Josas

SUMMARY

Since 2009, genomic evaluation approaches have become the method of choice in France and abroad. Genomic selection has numerous advantages; however, it has been shown to cause a biais in the genetic evaluation over the past few years: GEBVs of young candidates tend to get lower once their first daughters have phenotypes.

This is due to a genomic pre-selection biais in the polygenic evaluation, as only the most favorable young bulls get to an age when they have phenotypes. This leads to the underestimation of the best individuals in the polygenic evaluation. In order to take into account the preselection, a new genomic evaluation approach is implemented in cattle: the Single-Step approach.

This new approach was tested through analyses in the scope of the ASAP and UNIGENO projects. The validation process focuses on a group of young bulls with phenotyped daughters in 2021 but not 2017, whose GEBVs are estimated based on all information available either in 2021 or in 2017. Their 2017 GEBVs are estimated as they would have been in 2017 (without taking into account their daughters' phenotypes). This validation study was done on a very wide panel of breeds and traits and allowed us to validate the very good consistency between GEBVs estimated before and after a sire's daughters have their first phenotypes: the slope of the regression of 2021 DYDs on 2017 GEBVs was always between 0.97 and 1.03, for all traits and breeds. These results were due to the

implementation of an erosion factor in the Single-Step approach, allowing to take into account the distance between a young individual and the reference population when its GEBV is estimated.
Validations were then extended by comparing female GEBVs (estimated without access to the phenotype) to their phenotypes (Génoperf study, Idele). These results also confirmed the interest of the Single-Step approach. In the Normande breed, the best and worst young females have a GEBV difference of 1600kg of mile and, when they have milk performances, they have an observed difference of 1590kg. For the interval between calving and first AI, the females with a GEBV (estimated without phenotypes) at +1 genetic standard deviation have, on average, a 7 days shorter interval than the females estimated at -1 genetic standard deviation.
This new approach makes genomic evaluation accessible to all cattle breeds in which genotyping is done routinely, for all traits. In breeds with a low proportion of genotyped animals, the accuracy with slowly increase when the number of genotypes does.
The implementation of the Single-Step approach as the new national genetic evaluation approach in March 2022 for some breeds was made possible thanks to collaborative work with the UMT e-BIS, Idele, Geneval, breed societies and breed companies of both dairy and beef cattle. This approach will be extended to all breeds with a genetic evaluation in the years 2022 and 2023.

INTRODUCTION

Depuis 2009, l'évaluation génomique s'est développée en races bovines, en France comme à l'étranger. Elle présente des avantages bien connus : une précision élevée, un progrès génétique à la fois plus élevé et plus équilibré entre caractères, plus de diversification dans l'objectif de sélection grâce aux gains de progrès génétique. Toutefois, à l'arrivée des performances des premières filles, les index des jeunes taureaux évalués baissent.
Ce décalage s'explique par un biais dans l'évaluation génétique, dû à une pré-sélection des jeunes animaux sur la base de l'évaluation génomique seule : les animaux jugés moins bons sont éliminés et n'obtiennent jamais de performance (Patry et Ducrocq, 2011). Ceci induit une sous-estimation des meilleurs animaux dans l'évaluation polygénique, ce qui impacte ensuite les évaluations génomiques, à travers les équations de prédiction. Pour s'affranchir de ce biais, une nouvelle méthode d'évaluation génétique est implémentée chez les bovins : le « Single-Step », ou évaluation en une étape.
L'évaluation « Single-Step » permet l'évaluation simultanée de l'ensemble des animaux d'une même race : mâles et femelles, génotypés ou non (Christensen et Lund, 2010 ; Misztal, Legarra et Aguilar, 2009). Grâce à ce nouveau système, toutes les informations utiles à l'évaluation – performances, pedigrees et génotypes - sont exploitées de façon exhaustive lors d'une même étape. Grâce à cette simultanéité, l'évaluation des jeunes animaux se fait sur la base de l'ensemble des informations disponibles et le biais de l'évaluation est corrigé.
En mars 2022, la méthode d'évaluation génétique bovine française a donc évolué pour devenir une évaluation « Single-Step », afin d'améliorer la prédiction génétique des reproducteurs bovins.
Cet article présente les principales étapes de validation mises en place dans le cadre des projets ASAP, mené par l'UMT eBIS, et UNIGENO, piloté par GenEval & Idele, précédant le déploiement de l'évaluation génétique Single-Step.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. FACTEUR D'EROSION

Les candidats à la sélection ne font, par définition, pas partie de la population de référence. Entre les animaux de la population de référence et les candidats, les associations entre les QTL et les marqueurs peuvent varier et, plus un candidat est éloigné de la population de référence (c'est-à-dire plus il y a de générations entre lui et un animal de la population de référence), moins les effets de marqueurs estimés dans la population de référence peuvent être appliqués à ce candidat (Boichard *et al.* 2022). Afin de prendre en compte dans l'évaluation génétique l'éloignement des candidats à la population de référence pour mieux estimer leur valeur génétique, le facteur d'érosion a été inclus dans les évaluations Single-Step nationales.

1.2. VALIDATION DES EVALUATIONS

Afin de vérifier la qualité des évaluations Single-Step, des études de validation ont été réalisées, pour mesurer la précision et le biais des évaluations. Pour ce faire, on sélectionne une population de validation, constituée, pour un caractère donné, des taureaux ayant des filles avec performances à l'année N (2021) et n'en ayant pas à l'année N-4 (2017). Cette population mime la population des candidats à la reproduction, évalués alors qu'ils n'ont pas encore de performances. Deux évaluations génétiques en méthode Single-Step sont réalisées, sur la base des informations disponibles à l'année N-4, avec ou sans facteur d'érosion. Une évaluation polygénique est réalisée sur les informations de l'année N, afin de calculer les performances corrigées des taureaux. Une évaluation génomique basée sur l'ancienne méthodologie en deux étapes en méthode habituelle a également été réalisée pour l'année N-4. On dispose ainsi des valeurs génétiques et des performances corrigées (DYD) des taureaux de la population de validation sur la base de l'ensemble des informations disponibles (année N), ainsi que sur la connaissance de leur pédigrée et de leur génotype uniquement (année N-4). La pente de la régression des DYD de l'année N sur les valeurs génétiques de l'année N-4 donne une idée du biais des évaluations.
Ces études ont été réalisées sur l'ensemble des caractères, pour l'ensemble des 8 races laitières disposant actuellement d'une évaluation génomique.

1.3 VALIDATIONS ORIENTEES TERRAIN

En plus des études de validation, des validations orientées autour de l'adéquation entre les valeurs génétiques estimées et les phénotypes ont été réalisées (études Génoperf). Pour ce faire, on a comparé les index de génisses (sans performance) nées en 2016 et 2017, issus des évaluations N-4 réalisées pour l'étude de validation, avec leurs phénotypes enregistrés dans les bases de données nationales SIG en 2019 et utilisés dans les évaluations génétiques. Ces validations ont elles aussi été réalisées pour l'ensemble des caractères, pour l'ensemble des 8 races laitières disposant actuellement d'une évaluation génomique.
Outre leur intérêt scientifique, elles permettent également une meilleure appropriation des résultats par les entreprises et organismes de sélection (ES et OS) et leur a permis de préparer la communication auprès des acteurs de terrain sur le changement à venir.
L'évolution des valeurs génétiques des meilleurs animaux a également été étudiée, ainsi que l'évolution des classements des meilleurs animaux.

2. RESULTATS

2.1. ETUDES DE VALIDATION

Les études de validation présentent des résultats très encourageants. En termes de précisions, les évaluations Single-Step donnaient toujours des résultats au moins aussi bons que ceux obtenus en utilisant l'évaluation génomique basée sur l'ancienne méthodologie en deux étapes en méthode habituelle C'est cependant sur le biais que les évaluations Single-Step donnent particulièrement de bons résultats (Tableau 1). Avec prise en compte du facteur d'érosion, les pentes obtenues avec une évaluation Single-Step étaient toujours meilleures que celles obtenues avec une évaluation génomique, ce qui indique un biais moindre en utilisant les évaluations Single-Step. Les valeurs génétiques estimées pour les caractères les moins sélectionnés sont très peu biaisées en évaluation Single-Step, avec ou sans facteur d'érosion. Pour les caractères les plus sélectionnés (caractères de production, par exemple), où la présélection est plus importante, le biais des valeurs génétiques estimées en évaluation Single-Step est réduit (et négligeable) lorsque le facteur d'érosion est utilisé.

Titre col 1	Caractères de production	Caractères de morphologie	Cellules	Caractères de fertilité
Sans facteur d'érosion	0,938	0,992	0,938	0,991
Avec facteur d'érosion	0,996	1,016	0,990	1,020

Tableau 1 Moyennes des pentes de la régression des DYD année N sur les valeurs génétiques N-4, en Single-Step, avec et sans facteur d'érosion, pour plusieurs groupes de caractères

2.2. RECLASSEMENTS

Parmi les résultats complémentaires produits pour faciliter l'appropriation des résultats, les valeurs génétiques et les classements des 100 meilleurs animaux (femelles d'une part, taureaux d'autre part) ont été comparées entre les évaluations Single-Step et actuelles.

Quel que soit le caractère, il est observé une augmentation de la variabilité des index Single-Step par rapport à ceux de l'évaluation actuelle. La dispersion des valeurs génétiques est donc plus importante et les profils des animaux sont plus marqués.En général, les classements sont bien conservés (Tableau 2). Sur l'ISU (index de synthèse unique), environ 80% des taureaux sont communs entre les évaluations Single-Step et génomiques, dans les races nationales (Montbéliarde, Normande, Abondance, Tarine, Simmental). Ce pourcentage est plus faible dans les races internationales (Holstein, Brune) où seuls quelques pays ont déployé la nouvelle méthode d'indexation Single-Step. Parmi les meilleures femelles, 50 à 60% sont communes aux deux top100. Ces résultats sont du même ordre de grandeur que lorsqu'on compare deux traitements successifs d'une même évaluation.

	Nor	Hol	Mon	Abo	Tar	Bru	Sim
Top 20 M	13	8	10	13	14	10	12
Top 100 M	81	54	78	89	94	70	84
Top 200 F	105	84	82	89	118	108	72

Tableau 2. Nombre d'animaux en commun dans le top entre une évaluation Single-Step et une évaluation en deux étapes dans les différentes races. Top 20 M : 20 meilleurs taureaux ; top 100 M : 100 meilleurs taureaux ; top 200 F : 200 meilleures femelles. Nor : race Normande, Hol : race Holstein, Mon : Montbéliarde, Abo : Abondance, Tar : Tarine, Bru : Brune, Sim : Simmental

2.3. ETUDES GENOPERF

Les femelles étudiées ont été regroupées par classe d'index Single-Step et à chaque classe est associée la performance brute moyenne du groupe. Pour les caractères de production et de morphologie et globalement les caractères les plus héritables, les différences entre les classes d'index correspondent à des différences sensibles de performances et dans le sens annoncé. Pour les caractères fonctionnels, très influencés par le milieu, ce lien entre index Single-Step et performances existe, mais moins nettement.

Pour la race Normande, l'écart entre les index des meilleures et des moins bonnes génisses sur la production laitière est de 1600kg de lait. Lorsque ces mêmes femelles entrent en production, le classement est respecté et on observe une différence de 1590kg de lait entre les moins bonnes et les meilleures productrices. Entre les femelles montbéliardes indexées à -1 et celles indexées à +1 sur l'intervalle vêlage-1ère IA, il y a un écart de 6 jours dans le délai de mise à la reproduction après le premier vêlage. Ces études ont montré que les index Single-Step permettent une bonne discrimination des meilleures et moins bonnes femelles.

3. DISCUSSION

Les résultats des études réalisées montrent que la méthode Single-Step est une évolution de l'évaluation génétique intéressante et pertinente pour la filière bovine laitière. En effet, les précisions sont généralement aussi bonnes (voire légèrement meilleures) que celles obtenues en évaluation génomique en deux étapes et le biais est moindre, particulièrement lorsque le facteur d'érosion est utilisé. Grâce à l'utilisation d'une évaluation Single-Step, avec prise en compte du facteur d'érosion et de la présélection des animaux, l'ensemble des évaluations génétiques, pour toutes les races bovines laitières et tous les caractères, sont non biaisées.

Cependant, mettre en place une nouvelle méthode d'évaluation à l'échelle d'une filière ne revient pas seulement à valider sa qualité scientifique. Il est aussi nécessaire que cette évolution soit comprise et prise en mains par les acteurs qui utiliseront la sélection. Les études complémentaires menées pour aider à cette appropriation montrent que le passage à une approche Single-Step ne sera pas sans conséquence pour la filière : la majorité des meilleurs animaux est la même quelle que soit la méthode, mais 20% des 100 meilleurs taureaux changent selon la méthode. Ceci signifie que les organismes sélectionneurs vont voir des changements dans le panel d'animaux qu'ils sélectionnent pour être des reproducteurs. Ces changements sont plus marqués pour les femelles, plus sensibles aux variations de méthode.

L'approche Single-Step permettant une mise en commun de l'ensemble des informations disponibles pour l'évaluation d'un animal, il est logique que les femelles, en général moins bien connues que les taureaux (elles ont moins de descendants avec performances), soient plus affectées par ce gain d'information et que les classements entre femelles s'en trouvent modifiés.

Les études Génoperf ont été un très bon outil pour conforter la filière dans la décision d'un changement à une méthode Single-Step. Elles permettent en effet de vérifier la cohérence entre l'index d'un animal, prédit alors qu'il n'a pas encore de performances connues, et ses futures performances. Les très bons résultats obtenus ont permis que les OES soient plus confiants dans ce changement.

En parallèle de l'obtention de ces résultats, une covalidation a été organisée avec les OS et les ES. Avant la sortie officielle des index Single-Step, ces partenaires avaient accès aux index test issus des développements encore en

cours. Ce travail a permis aux ES OES de vérifier la cohérence entre les index obtenus et leurs attendus et de partager leurs interrogations avec l'équipe projet sur les résultats tests. Ces échanges ont permis un grand nombre d'évolutions de modèles d'évaluation génétique, ainsi que la prise de conscience de la nécessité de la mise en place du facteur d'érosion. Cette phase de covalidation a ensuite été prolongée par une phase de transition, où les OES avaient accès, en parallèle, aux index Single-Step et aux index historiques pour préparer leur sélection avant le déploiement, toujours dans l'idée de faciliter cette transition.

Tout au long de cette démarche de validation (et de construction) de l'approche Single-Step, dans l'optique d'en faire la nouvelle méthode d'évaluation au niveau de la filière bovine française, des échanges réguliers ont été réalisés entre les OS, les ES, les évaluateurs (GenEval), les diffuseurs des index et des valeurs génétiques précoces (Idele et Valogène) et les organismes scientifiques (UMT e-BIS). Ces échanges et la grande réactivité des différents partenaires impliqués ont permis le développement de l'approche Single-Step, afin que, en mars 2022, les premières évaluations Single-Step officielles voient le jour pour les bovins laitiers.

Du côté des bovins allaitants, les travaux sont en cours et la bascule à une évaluation officielle Single-Step devrait être effective pour la publication des index de janvier 2024. Dans le cas de la filière bovine allaitante, le problème de la présélection des jeunes candidats est en général moins prépondérant, mais l'approche Single-Step a néanmoins un intérêt conséquent, du fait qu'il permet la prise en compte des informations de performances, pédigrée et génotypages simultanément. Ainsi, l'ensemble des individus bénéficie des informations apportées par leurs apparentés. En bovins allaitants, le génotypage est en général moins fréquent qu'en bovins laitiers. Dans une évaluation génomique en deux étapes, une partie des taureaux ne bénéficie pas d'une évaluation génomique et les phénotypes des filles de ces taureaux ne contribuent pas à l'évaluation des taureaux génotypés. Or, dans une approche Single-Step, si des femelles avec performances sont apparentées à des individus génotypés, même s'il ne s'agit ni de leurs parents ni de leurs descendants, leurs phénotypes contribuent à l'estimation de la valeur génétique de ces individus génotypés et, respectivement, elles bénéficient de la connaissance de leur information génomique. L'approche Single-Step permet une mutualisation des informations particulièrement intéressante lorsqu'une faible partie de la population évaluée est génotypée.

Par ailleurs, une évaluation Single-Step ne reposant pas uniquement sur les informations issues des animaux génotypés, elle ne nécessite pas un nombre minimal d'animaux génotypés pour pouvoir être mise en place. Les évaluations Single-Step sont donc accessibles à toutes les races, y compris celles dans lesquelles la proportion d'animaux génotypés est faible. Dans ces cas-là, les gains de précision permis par le passage d'une évaluation sans information génomique à une évaluation Single-Step seront faibles, mais la précision des évaluations augmentera avec le nombre d'animaux génotypés.

CONCLUSION

L'évaluation génomique bovine laitière française a fait un grand bond en avant en début d'année 2022, en opérant une transition vers une nouvelle méthode d'évaluation en une seule étape, le Single-Step. Cette méthode permet la prise en compte simultanée de l'ensemble des informations nécessaires à l'évaluation. Ce faisant, la présélection des jeunes animaux génotypés est bien prise en compte et les évaluations ne sont pas biaisées, notamment grâce à la prise en compte du facteur d'érosion.

Une évolution de cette ampleur n'a été possible que grâce à la collaboration de très nombreux acteurs, des organismes de recherches aux OS et aux ES des races concernées, en passant par les indexeurs et les diffuseurs.

Cette évolution va, dans les mois à venir, être étendue aux bovins allaitants et aux races bovines laitières et allaitantes ne disposant pas encore d'une évaluation génomique.

Les auteurs remercient très chaleureusement l'ensemble de leurs collègues de l'UMT e-BIS, dont le travail au cours des cinq dernières années a permis cette évolution majeure pour l'ensemble de la filière, du développement du logiciel à leurs validations qu'on ne compte plus, en passant par les tests initiaux du logiciel et leur réactivité à nulle autre pareille face à l'ensemble des difficultés rencontrées.

Ils aimeraient également remercier leurs collègues d'Idele (en charges de la diffusion des index) et de GenEval (en charge de l'indexation), pour le développement de toutes les évaluations Single-Step, la réalisation des validations orientées terrain, la réalisation de formations pour les techniciens de l'ensemble des entreprises de sélection et encore bien d'autres.

Ces travaux ont été permis par la réalisation des projets ASAP et UNIGENO, dont les auteurs remercient les financeurs : APIS-GENE et le CASDAR RT.

Patry C., Ducrocq V., 2011. J. Dairy Sci. 94:1011-1020. Evidence of biases in genetic evaluations due to genomic pre-selection in dairy cattle. J.

Boichard D., Fritz S., Croiseau P., Ducrocq V., Cuyabano B. Et Tribout T., 2022. WCGALP proceedings, Long distance associations generate erosion of genomic breeding values of candidates for selection.

Christensen O. F. et Lund M. S. 2010. GSE, 42, 2. Genomic prediction when some animals are not genotyped.

Misztal I., Legarra A. et Aguilar I. 2009. J. Dairy Sci. 92, 4648–4655. Computing procedures for genetic evaluation including phenotypic, full pedigree, and genomic information.

Faisabilité d'une évaluation génomique pour les animaux issus d'un croisement trois voies : Montbéliarde X Holstein X Rouge Danoise

SAINTILAN R. (1,2), CUYABANO B.C.D. (1), BAUR A. (1,2), CROUE I. (1,2), DUCROCQ V. (1), THOMASEN J.R. (3), KARAMAN E. (4), BOICHARD D. (1), LECLERC H. (1,2), CROISEAU P. (1)

(1) Université Paris Saclay, INRAE, AgroParisTech, GABI, Domaine de Vilvert, 78350 Jouy-en-Josas, France
(2) ELIANCE, Paris, France
(3) Viking Genetics, Ebeltoftvej 16, 8960 Randers SO, Denmark
(4) Center for Quantitative Genetics and Genomics, Faculty of Technical Sciences, Aarhus University, 8830 Tjele, Denmark.

RESUME
Ces dernières années, la stratégie de croisement s'est développée dans les élevages bovins laitiers au niveau international. Les éleveurs sont intéressés par le fait de garder des vaches croisées dans leur troupeau à la fois pour allier les atouts des races pures, compenser leurs faiblesses et bénéficier des effets d'hétérosis. Cependant, les outils génétiques ne sont pas adaptés pour gérer ces animaux croisés. Dans cette étude, nous évaluons les performances d'une évaluation génomique adaptée aux schémas de croisements rotationnels avec des données réelles. Cette évaluation génomique a été appliquée à une population comprenant des animaux purs de races Holstein, Montbéliarde et Rouge Danoise, ainsi que des animaux croisés issus de ces trois races en utilisant une méthode basée sur l'estimation de l'effet spécifique du SNP en fonction de la race pure d'origine des allèles.

Accuracy of prediction for a genomic evaluation in rotational crossbreeding scheme (Montbéliarde x Holstein x Red Danish)

SAINTILAN R. (1,2), CUYABANO B.C.D. (1), BAUR A. (1,2), CROUE I. (1,2), DUCROCQ V. (1), THOMASEN J.R. (3), KARAMAN E. (4), BOICHARD D. (1), LECLERC H. (1,2), CROISEAU P. (1)

(1) Université Paris Saclay, INRAE, AgroParisTech, GABI, Domaine de Vilvert, 78350 Jouy-en-Josas, France
(2) ELIANCE, Paris, France
(3) Viking Genetics, Ebeltoftvej 16, 8960 Randers SO, Denmark
(4) Center for Quantitative Genetics and Genomics, Faculty of Technical Sciences, Aarhus University, 8830 Tjele, Denmark.

SUMMARY
In recent years, crossbreeding strategy has grown in dairy cattle farms at an international level. Breeders are interested in keeping crossbred cows in their herd both to combine the strengths of the pure breeds, compensate for their weaknesses and benefit from heterosis. However genetic tools are still lacking to manage these crossbred animals. In this study, we evaluate the performances of a genomic evaluation adapted for rotational crossbreeding schemes with real data. This genomic evaluation was applied to a population that includes pure-breed animals from Holstein, Montbéliarde, and Red Danish breeds, as well as crossbreds between these three breeds. The genomic evaluation approach was based on the estimation of SNP specific effect according to the Breed of Origin of the Alleles.

INTRODUCTION

La stratégie de croisement dans les élevages bovins laitiers s'est considérablement développée ces dernières années, et cette tendance pourrait se renforcer à l'avenir pour faire face aux défis liés à l'agroécologie ou aux nouvelles contraintes induites par le changement climatique. Cette stratégie est particulièrement adaptée pour combiner les forces des races pures et compenser leurs faiblesses, ce qui est un moyen efficace pour les éleveurs d'obtenir des animaux plus adaptables et robustes, aboutissant à un système d'élevage plus durable. Le croisement est également pertinent pour diminuer la consanguinité ou, de manière équivalente, générer de l'hétérosis.
L'évaluation génomique en race pure est courante, et est en cours de développement pour les animaux issus de croisement terminal, mais seuls quelques pays évaluent systématiquement les animaux croisés dans des programmes de croisement continu. Pour la plupart des pays, les éleveurs engagés dans une démarche de croisement disposent d'informations limitées aux taureaux de race pure et aux performances brutes de leurs femelles croisées pour gérer leur sélection et leurs accouplements. Dans ce contexte, la littérature consacrée au croisement continu porte, pour la plupart, sur des données simulées (Eiriksson et al., 2021 ; Karaman et al, 2021) et rarement sur des applications sur données réelles (Sevillano et al., 2017). Dans cette étude, nous proposons une application de l'évaluation génomique pour les programmes de croisement continu, au travers de la méthodologie du GBLUP basée sur la détermination de l'origine raciale des allèles pour les animaux croisés (BOA). Cette approche consiste à estimer l'effet spécifique de chaque marqueurs SNP en fonction de sa race d'origine. La justification de cette approche est que le déséquilibre de liaison entre le SNP et la mutation causale diffère selon la race ; de plus, l'effet QTL peut dépendre de la race.

1. MATERIEL ET METHODES

Les données utilisées dans cette analyse sont issues des premières étapes d'un schéma de croisement à trois voies comprenant les races Montbéliarde (Mo), Holstein (Ho) et Rouge Danoise (RD). Cet ensemble de données a été complété par des données de chacune des trois races pures pour assurer une estimation précise des effets SNP intra-race. La procédure comprenait plusieurs étapes : imputation et phasage au niveau 50K des génotypages de tous les animaux ; identification du BOA pour les allèles de tous les animaux croisés; évaluation génomique des cinq caractères de production laitière et mesure de la précision des prédictions génomique et des pentes de régression par une procédure de validation croisée.

1.1 GENOTYPES

Les données utilisées dans cette étude proviennent de la France et des pays nordiques (Suède, Danemark et Finlande). Elles consistent en 5 238 génotypes d'animaux croisés réalisés dans le cadre du projet GENTORE, majoritairement dans les pays nordiques où le croisement est plus développé, ainsi qu'en 20 000, 22 265 et 6 866 génotypes d'animaux purs Mo, Ho et RD, respectivement. Les génotypages des animaux RD ont été réalisés par les partenaires des pays nordiques et sont des typages moyenne densité. Actuellement en France, 53 498 marqueurs SNP autosomiques sont utilisés en routine pour la sélection génomique des différentes races bovines. Afin de disposer de l'ensemble des informations pour les 53 498 marqueurs pour l'ensemble des individus génotypés sur un panel de puces potentiellement très large, une procédure d'imputation a été réalisée. Elle consiste à estimer le génotype le plus probable pour les marqueurs manquants d'un génotypage sur la base des fréquences alléliques de la population et sur la base d'information d'apparentement. L'imputation a été effectuée en deux étapes. Dans un premier temps, les génotypes des animaux de races pures ont été imputés avec FImpute (Sargolzaei et al., 2014) avec le pipeline utilisé pour les évaluations officielles françaises. Cette procédure est réalisée de manière hebdomadaire. La deuxième étape consistait en l'imputation des génotypes des animaux croisés à l'aide de FImpute en utilisant les génotypages imputés et phasés des animaux de races pures Ho, Mo et RD comme référence, et sans utiliser aucune information sur le pedigree.

1.2 ORIGINE RACIALE DES ALLELES (BOA)

Pour déterminer l'origine raciale des allèles portés par les animaux croisés, on s'intéresse aux fréquences alléliques raciales d'haplotypes de grande taille, un haplotype étant une séquence d'allèles de marqueurs présents sur un même chromosome. Ainsi, la fréquence (f) de chaque haplotype de n SNP consécutifs a été estimée par comptage au sein de chacune des trois races pures définissant ainsi les fréquences de référence. Ensuite, l'origine raciale de chacun des haplotypes des animaux croisés a été déterminée en recherchant pour quelles races pures les haplotypes portés par les animaux croisés sont les plus fréquents, permettant d'estimer une composition raciale pour chaque animal croisé.
Le BOA d'un haplotype d'un animal croisé est dit de la race i si $\frac{f_i}{\sum_{j=1}^{nbreed} f_j}$ était supérieur à un seuil de 0,90 (seuil par défaut).
L'ensemble des haplotypes du génome a ainsi été analysé par fenêtre coulissante en se déplaçant d'un SNP à la fois. La valeur initiale de la taille des haplotypes (n) a été fixée à 16 (conduisant à 65 536 combinaisons haplotypiques théoriques). Lorsqu'une origine d'haplotype restait indéterminée, le processus était répété après que la taille de l'haplotype ait été divisée par 2. Lorsque l'origine d'un haplotype restait indéterminée mais que les haplotypes flanquants étaient attribués à une race, alors on attribue à l'haplotype inconnu la race des haplotypes flanquants. Lorsque n = 1, la faible proportion d'origines finalement restée indéterminée a été attribuée en fonction des fréquences alléliques à la race ayant la valeur la plus élevée. Cette procédure a été implémentée dans un logiciel interne développé par INRAE en fortran (BreedOrigin) et appliquée à la population cible des 5 238 animaux croisés. Pour les animaux croisés avec parents connus, les proportions de chaque race calculées à partir des BOA des SNP ont été ensuite comparées à celles obtenues sur la base des informations du pedigree.

1.3 HETEROSIS ET CROISEMENT

Comme décrit par Dezetter et al., 2015, les fractions d'hétérosis (traduisant la supériorité phénotypique de l'animal croisé par rapport à ses parents (H)) pour chaque animal croisé sont estimées à partir des proportions d'origines raciales de leurs parents en fonction du pedigree. Les valeurs du coefficient H ont été calculées comme décrit par Dechow et al. (2007) en utilisant les formules suivantes :

- $H = 1 - \sum_{i=1}^{nb_{race}} s_i d_i$

Où s_i et d_i sont les proportions de gènes de père et de mère de la race i, respectivement. L'hétérosis a ensuite été pris en compte dans le modèle d'analyse des performances des animaux croisés.

1.4 PHENOTYPES

Cinq caractères de production laitières ont été analysés dans cette première étude : production de lait standardisé

sur la durée de la première lactation (LAIT), quantité de protéines (MP), teneur en protéines (TP), quantité de matières grasses (MG) et teneur en matières grasses (TB).
L'évaluation génomique est une procédure en deux étapes, une évaluation polygénique afin de calculer les performances corrigées et l'évaluation génomique en tant que telle.
Dans un premier temps, un modèle polygénique a été utilisé pour estimer tous les effets non génétiques (troupeau-année, âge-année et année-mois de vêlage), les effets d'hétérosis (régression selon H) et en prenant compte des variances résiduelles hétérogènes, tel que décrit par Dezetter et al (2015). Les groupes de parents inconnus pris en compte dans l'évaluation étaient fonction de la race d'origine et la composition raciale des croisements d'après les informations du pedigree
Les performances des femelles de races pures et croisées, exprimées en écarts de rendement (YD), correspondent à des performances corrigées des effets fixes pris en compte dans le modèle précédent ainsi que des effets aléatoires non génétiques. Par caractère et par animal, un YD est disponible avec un poids associé de 1.
Les données de 22 571 femelles génotypées de races pures et 4 380 femelles génotypées croisées avec YD ont été utilisées pour constituer la population de référence des évaluations génomiques.
Deux séries d'évaluations ont été réalisées, la première en ne tenant pas compte des effets d'hétérosis, et la seconde en tenant compte des effets d'hétérosis. On obtient ainsi pour chaque animal, deux YD par caractère, l'un avec correction pour H et l'autre non corrigé pour H.

1.5 EVALUATION GENOMIQUE POUR LES ANIMAUX CROISES EN TENANT COMPTE DU BOA

Pour tenir compte des animaux croisés dans un modèle d'évaluation génomique, nous avons proposé une extension du modèle SNP-BLUP où un effet SNP βi est estimé pour chaque race comme décrit dans le modèle suivant :

$$y_i = \sum_{b=1}^{nb_race} (p_{i,b}\mu_b) + \sum_{b=1}^{nb_race} \left(\sum_{j=1}^{nb_SNP} (\beta_{i,j,b} X_{i,j,b}) \right) + e_i$$

Où y_i est le YD de l'animal i, μ_b est un vecteur de moyennes définies au sein de chaque race, $p_{i,b}$ est la proportion de la race b dans le génome de l'individu i, estimée par l'approche BOA. $X_{i,j,b}$ est le contenu allélique du SNP j qui provient de la race b pour l'animal i, centré sur la fréquence allélique du SNP dans la race b :

$$X_{i,j,b} = (k_{i,j,b} - n_{i,j,b} f_{j,b})$$

Où $k_{i,j,b}$ et $n_{i,j,b}$ sont le nombre d'allèles alternatifs (recodifié en "2") et le nombre total d'allèles du SNP j qui provient de la race b pour l'animal i, respectivement ; $f_{j,b}$ est la fréquence de l'allèle « 2 » du SNP j dans la race b.
Pour évaluer l'efficacité de la méthode d'évaluation génomique testée, l'ensemble de données des animaux de la population de référence a été divisé en un ensemble de données dites d'apprentissage avec des animaux ayant à la fois des informations de génotypes et des YD pris en compte pour estimer les effets SNP en fonction de leur BOA, et un ensemble de données dites de validation consistant en une liste de femelles croisées avec génotypages dont les YD n'ont pas été prises en compte et pour lesquelles les prédictions génomiques ont été calculées en utilisant les effets estimés de marqueurs sur la population d'apprentissage. Les prédictions génomiques sont ensuite comparées aux phénotypes observés (YD).
Deux types de résultats sont analysées, (1) la corrélation entre la prédiction génomique de l'animal et son YD par caractère, (2), la pente de la droite de régression entre prédiction génomique et YD. Dans notre étude, la population de validation était constituée des 2000 vaches croisées les plus jeunes sans descendance.

2. RESULTATS

2.1 RACE D'ORIGINE DES ALLELES

Les tableaux 1 et 2 présentent la proportion d'allèles provenant des différentes races, et l'écart type associé, estimée en exploitant une information génomique (tableau 1) ou généalogique (tableau 2) Pour les animaux génotypés croisés, 94% des allèles ont été attribués à une race, 48 % des marqueurs étaient d'origine Ho, 34 % d'origine RD et 13,6 % d'origine Mo. En comparaison, sur la base des informations généalogiques, les origines correspondantes étaient respectivement de 56,3%, 29,8% et 11,8%. La corrélation entre les compositions des races pour les deux méthodologies est de 0,95, 0.97, 0.99 pour les races Rouge Danoise, Holstein et Montbéliarde, respectivement.

Race d'origine	Composition raciale avec BOA	
	Moyenne	Ecart-type
Montbéliarde (Mo)	13,60%	20,00%
Holstein (Ho)	48,00%	19,40%
Rouge Danoise (RD)	34,00%	17,80%

Tableau 1. Résultats de la détermination de la race d'origine sur la base des informations BOA

Race d'origine	Composition raciale sur Pedigree	
	Moyenne	Ecart-type
Montbéliarde (Mo)	11,80%	19,20%
Holstein (Ho)	56,30%	20,20%
Rouge Danoise (RD)	29,80%	17,80%

Tableau 2. Résultats de la détermination de la race d'origine sur la base des informations généalogiques

2.2 EVALUATION GENOMIQUE DES ANIMAUX CROISES

Les corrélations entre YD et les prédictions génomiques et les pentes de régression associées sont présentées dans les tableaux 3 et 4. Sur la population d'apprentissage, toutes les corrélations sont d'environ 0,80 pour les caractères LAIT, TB et TP et d'environ 0,90 pour les caractères MG et MP. Dans la population de validation, sans intégration de l'effet d'hétérosis (tableau 3), les corrélations varient de 0,36 pour le TP et de 0,65 pour la MG.

	Apprentissage		Validation	
Caractère	Corrélation	Pente	Corrélation	Pente
LAIT	0,82	1,19	0,41	1,07
TB	0,78	1,22	0,38	1,15
TP	0,76	1,26	0,36	1,16
MG	0,92	1,15	0,65	1,05
MP	0,93	1,12	0,62	1,00

Tableau 3 : Corrélations et pentes de régression des YD non ajustées pour les effets d'hétérosis avec les prédictions génomiques pour cinq caractères de production laitière.

	Apprentissage		Validation	
Caractère	Corrélation	Pente	Corrélation	Pente
LAIT	0,83	1,17	0,40	1,03
TB	0,80	1,20	0,36	1,09
TP	0,77	1,23	0,35	1,11
MG	0,92	1,15	0,65	1,05
MP	0,93	1,12	0,62	1,00

Tableau 4 : Corrélations et pentes de régression des YD ajustées pour les effets d'hétérosis avec les prédictions génomiques pour cinq caractères de production laitière.

L'ajustement des performances pour l'hétérosis a faiblement affecté ces corrélations (tableau 4). Le gain de corrélation obtenu dans la population d'apprentissage après ajustement pour l'hétérosis est marginal (+1 point pour le LAIT et le TP et +2 points pour le TB). Pour la population de validation, les pentes de régression sont relativement proches de 1 pour le LAIT, la MP et la MG et légèrement surestimées pour les taux, que ce soit avec ou sans ajustement des performances pour les effets d'hétérosis.

3. CONCLUSION

Dans cette étude, nous proposons une application sur données réelles d'une évaluation génomique dans un schéma de croisement rotationnel basée sur un modèle SNP-BLUP prenant en compte l'origine raciale des allèles pour les animaux croisés (BOA).
Cette approche nécessite d'imputer et de déterminer l'origine paternelle ou maternelle de chacun des allèles des données de génotypage des animaux croisés afin de prédire les BOA de ces animaux. Ces étapes ont été testées et un écart moyen aux valeurs obtenues sur pedigree d'environ 1,5 % pour la BOA prédite a été observé. Les compositions raciales des animaux croisés mesurées à partir des informations généalogiques des animaux et estimées à partir des données de génotypage montrent de très fortes corrélations entre elles. Les évaluations génomiques réalisées sur ce jeu de données réelles ont montré une précision de prédiction honorable de l'ordre de 0,30 pour les caractères à héritabilité de 0,30 et de l'ordre de 0,60 pour les caractères à héritabilité de 0,50. L'ajustement des performances pour les effets d'hétérosis n'a pas eu d'impact sur la précision de la prédiction des valeurs d'élevage. Cette première étude encourageante sera complétée par des analyses sur d'autres types de croisement et d'autres caractères avant d'envisager un déploiement en production.

Cette étude a été financée par APIS GENE et par le programme « European Union's Horizon 2020 research and innovation program - GenTORE - under grant agreement No. 727213 ».

Dechow, C. D., Rogers, G. W., Cooper, J. B., Phelps, M. I., & Mosholder, A. L. 2007. JDS - 90(7) :3542-3549.
Dezetter, C., Leclerc, H., Mattalia, S., Barbat, A., Boichard, D. et al. **2015**. JDS - 98(7) :4904-4913.
Eiriksson, J.H., Karaman, E., Su, G. & Christensen, O. F. 2021. GSE – 53 : 84
Karaman, E., Su, G., Croue, I., & Lund, M. S. 2021. GSE - 53(1) :1-15.
Sargolzaei, M., Chesnais, J. P., & Schenkel, F. S. 2014. BMC genomics - 15(1):1-12.
Sevillano, C. A., Vandenplas, J., Bastiaansen, J. W., Bergsma, R., & Calus, M. P. 2017. GSE - 49(1):1-14.

Identification de régions du génome et de gènes candidats associés au niveau de réponse immune innée de veaux Holstein

MARTIN P. (1), JOUNEAU L. (2), TAUSSAT S. (3), VINET A. (1), LEFEBVRE R. (1), DESCAMPS D. (2), FERRET C. (2), CHOTTIN C. (2), PIETRALUNGA V. (2), PEZIER T. (4), LACROIX-LAMANDE S. (4), BOUSSAHA M. (1), BARBEY S. (5), DENIZOT V. (6), BOICHARD D. (1), RIFFAULT S. (2), LAURENT F. (4)
(1) Université Paris-Saclay, INRAE, AgroParisTech, GABI, 78350, Jouy-en-Josas, France
(2) Université Paris-Saclay, INRAE, UVSQ, VIM, 78350, Jouy-en-Josas, France
(3) Allice, 149 rue de Bercy, 75012, Paris, France
(4) INRAE, UMR1282 Infectiologie et Santé Publique, 37380 Nouzilly, France
(5) INRAE, UE326 Domaine Expérimental du Pin, 61310 Gouffern en Auge, France
(6) Innoval, GDS Bretagne, 35538 Noyal-sur-Vilaine, France

RESUME
Afin d'étudier le contrôle génomique de la réponse immune innée, les concentrations de 14 cytokines ont été déterminées grâce à un kit multiplex dans quatre échantillons de sang pour chacun des 623 veaux Holstein du projet Healthycalf. Trois de ces échantillons avaient été mis au contact d'agonistes mimant l'exposition à des pathogènes et le dernier mesurait les niveaux de cytokines présents à l'état basal. L'effet de l'immunostimulant et les relations entre les concentrations cytokiniques ont été étudiés par une analyse en composantes principales, puis des analyses d'association tout génome 50k ont été effectuées. Les résultats montrent que les niveaux de la plupart des cytokines sont très associés les uns aux autres avec un premier axe de l'ACP qui explique plus de 70% de la variabilité. Ce même axe discrimine la condition de stimulation. De plus, 40 régions du génome ont été identifiées comme associées à au moins un caractère, dont certaines sont largement partagées entre plusieurs cytokines. Sept gènes de ces régions ont déjà été associés à la réponse immune innée dans d'autres espèces.

Identification of genome regions and promising candidate genes associated to innate immune capacity on young Holstein calves

MARTIN P. (1), JOUNEAU L. (2), TAUSSAT S. (3), VINET A. (1), LEFEBVRE R. (1), DESCAMPS D. (2), FERRET C. (2), CHOTTIN C. (2), PIETRALUNGA V. (2), PEZIER T. (4), LACROIX-LAMANDE S. (4), BOUSSAHA M. (1), BARBEY S. (5), DENIZOT V. (6), BOICHARD D. (1), RIFFAULT S. (2), LAURENT F. (4) (1) Université Paris-Saclay, INRAE, AgroParisTech, GABI, 78350, Jouy-en-Josas, France

SUMMARY
In order to investigate the genomic control of innate immune response, the concentration levels of 14 cytokines produced naturally or in response to whole blood stimulation with three pattern recognition receptor agonists were determined in 623 Holstein calves enrolled in the Healthycalf project. The effect of the immunostimulants and the relationship among the cytokines produced were observed through a principal component analysis, and 50K GWAS were performed on all cytokine x condition traits. Results showed that most cytokines present a general common pattern following the first component that explained 70% of the variability and partially discriminated the agonistic conditions. Additionally, 40 genome regions were found associated with at least one trait with some regions being largely shared between conditions and cytokines. Seven positional candidate genes were considered as especially interesting due to their functional link to innate immune response reported from the literature.

INTRODUCTION

Réduire la mortalité des veaux est un enjeu majeur pour les éleveurs. En France, suivant la race, 10 à 20% des veaux n'atteignent pas l'âge de 6 mois (Leclerc et al., 2016). Outre les vêlages difficiles et la mortinatalité, les maladies diarrhéiques et respiratoires sont les causes principales de mortalité des jeunes animaux (Jegou et al., 2006). Si la conduite d'élevage et la maitrise sanitaire peuvent limiter l'incidence de ces pathologies, la génétique des animaux, quant à elle, constitue un autre levier à exploiter. Depuis le début des années 2000, la mortinatalité a fait l'objet d'une évaluation génétique, tant pour les effets directs que maternel, et un certain nombre de caractères de santé ont fait leur entrée dans les programmes de sélection (Miglior et al., 2017). Concernant les maladies infectieuses, seules les mammites sont prises en compte en sélection et ce type de pathologie des adultes est plus souvent lié à l'immunité acquise des animaux. La recherche s'est en revanche pour l'instant très peu intéressée à l'immunité innée aspécifique, déterminante pour la résistance aux pathologies des très jeunes. C'est dans ce contexte qu'a été construit le projet HealthyCalf, financé par APIS-GENE (https://www.apis-gene.com/). Ce projet vise à l'identification de marqueurs prédictifs de résistance accrue aux pathogènes provoquant des maladies diarrhéiques et respiratoires, en proposant entre autres une méthode robuste de phénotypage de la compétence immunitaire innée des veaux. Ce phénotypage se base sur la capacité des cellules immunitaires à réagir à des ligands naturels ou synthétiques mimant l'exposition à des pathogènes (PAMP, pour Pathogen Associated Molecular Pattern) et à sécréter des médiateurs protéiques comme les cytokines et les chimiokines. L'objectif de cette étude est d'explorer les résultats de cette nouvelle méthode de phénotypage afin de caractériser la réponse immunitaire innée des veaux à des immunostimulants et l'éventuelle existence de profils types bon ou moins bon répondeurs. Il s'agira ensuite de rechercher les régions du génome associées aux cytokines pour mieux connaitre leur déterminisme, savoir s'il existe ou non des régions partagées et mieux cerner les mécanismes biologiques impliqués si des gènes candidats sont identifiés.

1. MATERIELS ET METHODES

1.1. PRELEVEMENTS

Entre 2018 et 2021, un large dispositif de mesure de la réponse immune des jeunes veaux Holstein a été mis en place, à la fois dans un réseau de fermes commerciales volontaires de Bretagne et dans la ferme expérimentale INRAE du Pin-au-Haras (Normandie). C'est au total 623 veaux qui ont été prélevés entre une et deux semaines d'âge par des vétérinaires ou des techniciens qualifiés. Pour chaque veau, quatre échantillons sanguins étaient collectés au niveau de la jugulaire à l'aide de seringues Monovette (Sarstedt, Marnay, France) contenant de l'héparine. De plus, trois de ces seringues contenaient un type différent de ligands synthétiques PAMP (pour Pathogen Associated Molecular Pattern) afin de mimer l'exposition à certains types de pathogènes (Lesueur et al, 2022). Ces trois types d'immunostimulants étaient le LPS (lipopolysaccharides, composant majeur de la membrane externe des bactéries Gram négatives), le NOD2L (ligand de NOD2, un récepteur de l'hôte impliqué dans la reconnaissance du peptidoglycane de la paroi bactérienne) et le R848 (pour Resiquimod, un ligand synthétique mimant les ARN Simple brin de certains virus). La quatrième seringue ne contenait aucun immunostimulant et servait de condition témoin, afin de connaître le niveau basal des animaux.
Tous les échantillons ont été incubés à 38,5°C pendant 24h puis le plasma a été stocké à -20°C en attente du dosage qui avait lieu en fin de saison de prélèvement. Un échantillon supplémentaire de sang (ou de cartilage en cas de veaux jumeaux) était également collecté à des fins de génotypage des animaux.

1.2. DETERMINATION DE LA CONCENTRATION DES CYTOKINES

Les concentrations de 15 cytokines/chimiokines (IFN-γ, IL-1α et IL-1β, IL-1RA, IL-2, IL-4, IL-6, IL-8, IL-10, IL-17a, IP-10, CCL2, CCL3, CCL4 and TNFα) ont été déterminées dans chacun des échantillons de plasma sanguin grâce à un kit commercial bovin MILLIPLEX® personnalisé (SPRCUS706, Merck, Millipore). Ce kit mesure des chimiokines impliquées dans l'attraction des cellules immunitaires (IP-10/CXCL10 ; CCL2, CCL3, CCL4) et des cytokines dont la plupart sont impliquées dans les réactions inflammatoires (IFN-γ, IL-1α et IL-1β, IL-6, IL-17a, and TNFα). L' IFN-γ gamma est aussi une cytokine particulièrement importante dans le contrôle des agents pathogènes intracellulaires. Les concentrations en cytokines/chimiokines étaient mesurés avec un MAGPIX® via le logiciel xPONENT® (Luminex). Ce système permet de doser de manière concomitante l'ensemble des cytokines sur un grand nombre d'échantillons. Néanmoins, la standardisation du dosage imposait que tous les échantillons (et toutes les cytokines) soient dosés à un niveau unique de dilution (généralement 1/10), ce qui impliquait une gamme de validité unique dans laquelle les concentrations pouvaient être déterminées. Lorsqu'un échantillon présentait une concentration en dehors de la gamme pour une cytokine donnée (trop concentré ou pas assez concentré), la borne correspondante (maximum ou minimum respectivement) de la gamme lui était automatiquement assignée pour cette cytokine. Pour IL-8, plus de la moitié des échantillons étaient hors de la gamme (haute) et cette cytokine a ainsi été retirée des analyses. Pour les 14 autres, le taux d'assignation variait entre 1 et 22% des échantillons.

1.3. GENOTYPAGES ET CONTRÔLES QUALITE

Tous les animaux du dispositif ont été génotypés sur la puce moyenne densité EuroGMD (Illumina Inc., San Diego, CA, USA). L'extraction d'ADN et le génotypage ont été réalisés au laboratoire LABOGENA (www.labogena.fr, Jouy-en_Josas, France). Différents contrôles qualité ont ensuite été appliqués : au moins 95% de marqueurs typés par individu, au moins 90% des individus typés sur un marqueur donné, une fréquence minimale de l'allèle mineur de 2% et l'absence de déséquilibre de Hardy-Weinberg ($P>10^{-4}$). Après ces contrôles, un total de 573 animaux et 46 910 SNP répartis sur les 29 autosomes ont été validés.

1.4. ANALYSES STATISTIQUES

Avant toute analyse statistique, l'ensemble des concentrations cytokiniques ont été exprimées en base logarithmique ($\log_2$) pour obtenir une distribution plus conforme aux méthodes utilisées.
Dans un premier temps, pour visualiser l'effet de la condition de stimulation (LPS, NOD2L, R848 ou témoin), ainsi que la relation entre les 14 cytokines, une analyse en composantes principales (ACP) a été réalisée sur l'ensemble des échantillons en utilisant le package MiXOmics de R (Rohart et al., 2017).
Dans un second temps, afin de déterminer l'existence d'éventuels contrôles génomiques de la concentration de certaines cytokines, une analyse d'association tout génome (GWAS) a été effectuée. Pour cela, chacune des 4 conditions de stimulation pour chacune des 14 cytokines a été considérée comme un caractère différent. De plus, les projections de chacun des individus pour chaque condition sur les deux principaux axes de l'ACP ont été ajoutées comme 8 caractères supplémentaires, portant le total de caractères analysés à 64. Pour chaque caractère, l'effet de chaque SNP a été testé par l'application du modèle linéaire suivant en utilisant le logiciel GCTA (option mlma) :

$$\mathbf{y} = \mathbf{1}\mu + \mathbf{x}b + \mathbf{u} + \mathbf{e}$$

où **y** représente le vecteur des phénotypes, μ correspond à la moyenne, b est l'effet fixe additif du SNP dont l'association est testée et **x** le vecteur des génotypes au SNP (de 0 à 2), $\mathbf{u} \sim N(\mathbf{0},\mathbf{G}\sigma_u^2)$ est le vecteur des effets aléatoires polygéniques (**G** étant la matrice d'apparentement génomique et σ_u^2 la variance polygénique estimée dans le modèle nul), et $\mathbf{e} \sim N(\mathbf{0},\mathbf{I}\sigma_e^2)$ représentant le vecteur des effets aléatoires résiduels (**I** étant la matrice identité et σ_e^2 la variance résiduelle). Dans le cadre de cette étude préliminaire, les effets SNP avec une probabilité de test inférieure à 10^{-5} ($-\log_{10}(P)>5$) ont été considérés comme significatifs, ce qui correspond globalement au seuil chromosomique d'une correction de Bonferroni avec un niveau α de 5%.

2. RESULTATS

2.1. STATISTIQUES DESCRIPTIVES

Les statistiques élémentaires des concentrations obtenues pour les 14 cytokines dans la condition témoin (sans immunostimulation) sont présentées dans le tableau 1. On constate, en plus de la très forte variabilité attendue des concentrations entre cytokines, que la variabilité existe également entre les différents individus pour une cytokine donnée. Les écart-types sont ainsi importants au regard des moyennes, avec des coefficients de variation allant de 53% (pour IL4) à plus de 1400% (pour CCL4). En présence d'un immunostimulant, ce constat de variabilité entre cytokines et entre individus reste le même mais avec des niveaux de concentration généralement plus élevés. On observe en effet une augmentation moyenne de 350% des concentrations cytokiniques en présence de LPS, 208% en présence de NOD2L et plus de 2000% en présence de R848. Il est à noter que dans quelques cas, l'ajout de l'immunostimulant fait baisser la concentration moyenne d'une cytokine donnée (CCL2 pour R848, IFNγ pour LPS et NOD2L, et IL17A pour

LPS) mais cela peut résulter de disparités entre animaux où quelques individus aux concentrations particulièrement élevées en condition témoin voient leur concentration chuter avec l'immunostimulant et masquent ainsi le comportement majoritaire de leurs congénères qui lui est à l'augmentation (cas d'IFNγ notamment). Enfin, la concentration moyenne en IL4 semble très peu sensible à la présence d'un immunostimulant (variation égale ou inférieure à 2%). Ceci n'est pas très surprenant car cette cytokine est plutôt associée à la réponse immunitaire adaptative.

Cytokine	Moyenne (pg.ml-1)	Ecart-type (pg.ml-1)	Min. (pg.ml-1)	Max. (pg.ml-1)	Imputation (%)
CCL2	169956	458431	196	1650000	8,7
CCL3	4764	9050	87	70967	7,4
CCL4	$4,2*10^{9}$	$6*10^{10}$	36	$8*10^{11}$	0,7
IFNγ	4651	38667	0,4	453705	0,7
IL10	618	796	1,6	9404	4,5
IL17A	26	124	0,05	1869	15,9
IL1RA	47082	68051	21	391018	2,2
IL1α	77	218	0,1	4210	13,8
IL1β	1649	5572	4,4	76354	22,5
IL2	482	1204	31,7	24571	33,4
IL4	4154	2226	90	11024	3,9
IL6	108	77	0,08	668	3,4
IP10	2952	15384	42	169727	1
TNFα	2705	8794	5,0	202940	6,7

Tableau 1 Concentration moyenne, écart-type, minimum et maximum pour chacune des 14 cytokines dans la condition témoin, ainsi que le pourcentage de valeurs imputées car hors de la gamme de validité

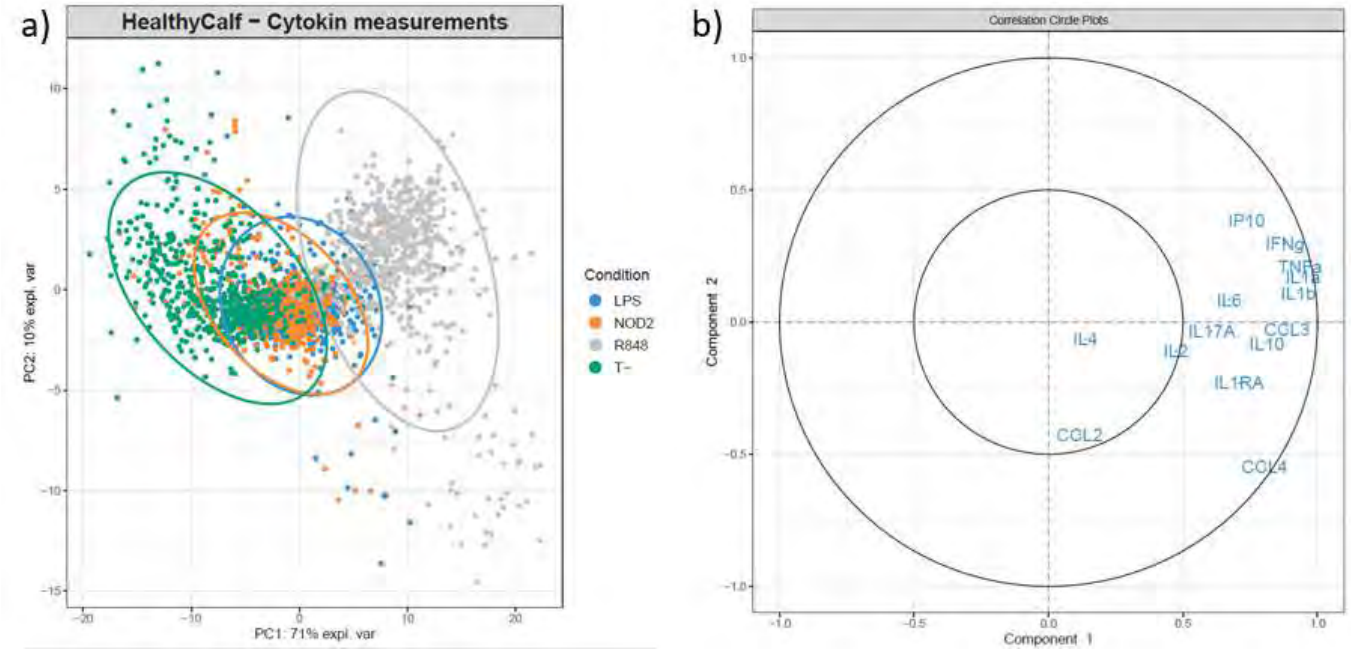


Figure 1 Résultats de l'analyse en composantes principales sur les deux premiers axes avec a) les projections de l'ensemble des échantillons colorés selon la condition de stimulation et b) le cercle des corrélations des 14 cytokines

Chromosome	Position du SNPmax (mb)	Fréquence de l'allèle mineur	Cytokines associées (nombre de conditions associées)
2	36,0	0,13	IL1RA (4), IL6 (2)
2	72,7	0,12	IFNγ (1), IL1α (1), IL1RA (3), IL6 (3), TNFα (1)
3	70,4	0,09	IL1RA (4), IL6 (3), TNFα (1)
7	85,4	0,16	IL1α (1), IL1RA (4), IL6 (2), TNFα (1)
8	82,2	0,11	IL1RA (4), IL6 (2)
12	51,9	0,14	IL1RA (3), IL6 (3)
17	66,1	0,08	IFNγ (1), IL10 (1), IL1RA (4), IL6 (3), TNFα (1)
19	31,8	0,03	IL1RA (2), IL2 (2), IL6 (2), TNFα (1)
19	54,5	0,32	CCL4 (2), IFNγ (2), IL10 (2), IL1α (3), IL1β (3), IL1RA (2), IL2 (1), IL4 (4), PC1_LPS, TNFα (3)
24	12,5	0,24	IL17A (1), IL1α (1), IL1b (2), IL4 (1), PC1_LPS, TNFα (1)

Tableau 2 Détail des 10 régions identifiées par l'analyse GWAS comme associées avec un minimum de 6 caractères différents

2.2. RELATIONS ENTRE LES DIFFERENTES VARIABLES

Les résultats de l'analyse en composantes principales sont présentés Figure 1. La Figure 1a), qui montre les projections des différents individus dans chacune des 4 conditions, laisse apparaître clairement que la condition de stimulation est discriminée par le premier axe de l'ACP. Ce premier axe explique à lui seul 71% de la variance. La Figure 1b), qui représente le cercle des corrélations entre les différentes cytokines sur les deux premiers axes de l'ACP, montre que la plupart des cytokines sont corrélées entre elles suivant ce même axe 1, de sorte que cet axe 1 traduit un effet taille : les valeurs s'accroissent de gauche à droite. Deux cytokines, IL4 et CCL2, semblent toutefois plus indépendantes des autres au regard de ce premier axe. Le deuxième axe, dont l'influence est plus limitée puisqu'il n'explique que 10% de la variance, discrimine partiellement les concentrations de certaines cytokines particulières (CCL2 et CCL4 versus IP10 et IFNγ) et semble être relativement peu lié aux concentrations des autres cytokines. Il peut être noté que la proximité entre IP10 et IFNγ sur la figure reflète une proximité biologique, la sécrétion d'IP10 étant induite par l'IFNγ.
Aucune structure n'a pu être observée concernant les variables environnementales tiers (ferme d'origine, année de naissance ou sexe du veau).

2.3. IDENTIFICATION DE REGIONS DU GENOME ASSOCIEES AUX CONCENTRATIONS CYTOKINIQUES

Pour l'ensemble des 64 caractères sur lesquels une analyse d'association tout génome a été réalisée, un total de 145 SNP, répartis sur l'ensemble des chromosomes, ont dépassé le seuil de significativité. D'une manière générale, les effets associés à ces SNP sont faibles, excluant la présence d'un gène majeur et orientant plutôt vers un déterminisme polygénique. Les SNP sont situés dans 40 régions différentes. Si 18 de ces régions n'ont été détectées que pour un seul caractère, les autres sont partagées entre plusieurs caractères dont 10 régions, présentées dans le tableau 2, le sont pour au moins 6 caractères différents. Parmi les régions partagées, on retrouve fréquemment la même cytokine dans plusieurs conditions de stimulation mais certaines régions sont également partagées entre différentes cytokines. Les 8 caractères issus des ACP sont associés à peu de régions, mais on peut retrouver la projection du premier axe pour le LPS associée aux deux grandes régions partagées des chromosomes 19 et 24 (tableau 2).

3. DISCUSSION

L'ensemble des résultats a permis de montrer que les mécanismes de la réponse immune innée étaient complexes mais qu'il semblait exister une part de déterminisme commun entre certaines cytokines, cela apparaissant aussi bien au travers du cercle des corrélations de l'ACP que dans l'existence de régions génomiques communes. D'autres régions seraient en revanche spécifiques de certaines cytokines et des variations pourraient parfois exister selon l'agoniste rencontré. Il faut ajouter à cela le fait que certaines des cytokines étudiées semblent assez peu sensibles aux agonistes (IL4) ou correspondaient mal aux gammes de détermination de la concentration proposées par le dispositif expérimental, ce qui a pu limiter les résultats obtenus. Il apparaît ainsi que les 14 cytokines n'ont pas toutes la même pertinence pour s'intéresser à la réponse immune innée dans les conditions expérimentales testées ici. Par exemple l'IL-4 qui est plutôt associée à la réponse adaptative est peu produite en réponse aux agonistes. Par contre généralement produites par la réponse inflammatoire répondent bien aux agonistes choisis et sont bien associées sur le cercle des corrélations (IFN-γ, IL-1α et IL-1β,TNFα).

Parmi l'ensemble des régions détectées comme associées à au moins un des caractères, un certain nombre d'entre elles contiennent des gènes déjà connu pour avoir un lien avec l'immunité tels que les gènes LYAR (Yang et al., 2019) et OTOP1 (Wang et al., 2014), tous deux situés dans une région du chromosome 6 associée avec CCL4 ; le gène SLC46A2 (Paik et al., 2017) localisé sur le chromosome 8 et en association avec IL6 ; le gène CXCL17 (Lee et al., 2013) situé sur le chromosome 18 et également en association avec IL6 ; le gène SEC14L (Li et al., 2013) présent dans la région fortement partagée du chromosome 19 ; le gène OTULIN (Fiil et al., 2013) situé sur le chromosome 20 et associé avec IL4 ; ou encore le gène TREX1 (Yan et al., 2010) localisé dans une région du chromosome 22 associée à IL1β. Tous ces gènes candidats ainsi que l'ensemble des régions détectées devront faire l'objet d'une étude complémentaire approfondie, le pouvoir de détection de ce premier travail de recherche en bovin demeurant malgré tout limité par le nombre d'animaux.

CONCLUSION

Ce travail de collecte d'un grand nombre d'observations sur la réponse immune innée des veaux de race Holstein grâce à un phénotypage innovant a permis de dégager des grands principes quant à la variabilité du phénotype entre individus, aux relations existantes entre cytokines et face à différents agonistes. Un grand nombre de régions du génome influençant les caractères ont pu être déterminées, dont certains présentant des gènes candidats intéressants. Cette étude devra être poursuivie d'analyses complémentaires telles que la confrontation des profils cytokiniques avec les statuts cliniques des animaux afin de déterminer si certains éléments du profil cytokinique pourraient servir de prédicteurs de la résistance ou sensibilité aux maladies chez le jeune veau.

Les auteurs tiennent particulièrement à remercier H. Chapuy, C. Cazals, K. Toukmidine et C. Mechin, ainsi que le personnel de la ferme expérimentale INRAE du Pin-au-haras (https://doi.org/10.15454/1.5483257052131956E12) pour leur grande implication dans ce travail de prélèvements, et Gilles Foucras pour son travail fondamental sur la méthode de phénotypage. Cette étude fait partie du projet HealthyCalf financé par Apis-Gene.

Fiil, B.K., Damgaard R.B., Wagner S.A., Keusekotten K., Fritsch M., Bekker-Jensen S., Mailand N., Choudhary C., Komander D., Gyrd-Hansen M. 2013. Mol Cell 50:818–830. doi:10.1016/j.molcel.2013.06.004.
Jegou, V., Porhiel J.Y., Brunschwig P., Jouanne D. 2006. 13eme Renc. Rech. Ruminants, Paris, France. 423–426.
Leclerc, H., Lefebvre R., Douguet M., Phocas F., Mattalia S.. 2016. 23eme Renc. Rech. Ruminants, Paris, France. 149–152.
Lee, W.-Y., Wang C.-J., Lin T.-Y., Hsiao C.-L., Luo C.-W. 2013. Am J Physiol Endocrinol Metab 304:E32-40. doi:10.1152/ajpendo.00083.2012.
Lesueur J., Walachowski S., Barbey S., Cebron N., Lefebvre R., Launay F., Boichard D., Germon P., Corbiere F., Foucras G. 2022. Front. Immunol. 13:871780.
Li, M.-T., Di W., Xu H., Yang Y.-K., Chen H.-W.,. Zhang F.-X, Zhai Z.-H., Chen D.-Y. 2013. J Virol 87:10037–10046. doi:10.1128/JVI.01073-13.
Miglior, F., Fleming A., Malchiodi F., Brito L.F., Martin P., Baes C.F. 2017. Journal of Dairy Science 100:10251–10271. doi:10.3168/jds.2017-12968.
Paik, D., Monahan A., Caffrey D.R., Elling R., Goldman W.E., Silverman N. 2017. J Immunol 199:263–270. doi:10.4049/jimmunol.1600409.
Rohart, F., Gautier B., Singh A., Cao K.-A.L. 2017. PLOS Computational Biology 13:e1005752. doi:10.1371/journal.pcbi.1005752.
Wang, G.-X., Cho K.W., Uhm M., Hu C.-R., Li S., Cozacov Z., Xu A.E., Cheng J.-X., Saltiel A.R., Lumeng C.N., Lin J.D. 2014. Diabetes 63:1340–1352. doi:10.2337/db13-1139.
Yan, N., Regalado-Magdos A.D., Stiggelbout B., Lee-Kirsch M.A., Lieberman J. 2010. Nat Immunol 11:1005–1013. doi:10.1038/ni.1941.
Yang, C., Liu X., Cheng T., Xiao R., Gao Q., Ming F., Jin M., Chen H., Zhou H.. 2019. J Virol 93:e00769-19. doi:10.1128/JVI.00769-19.

Etude de la tolérance à la chaleur des bovins par l'étude des interactions entre génotype et indice température-humidité sur la production et la santé de la mamelle en race Montbéliarde

VINET A. (1), MATTALIA S. (2), VALLEE R. (2), BERTRAND C. (3), BERTUZZI P. (4), CUYABANO B.C.D. (1), BOICHARD D. (1)
(1) Université Paris Saclay, INRAE, AgroParisTech, UMR1313 GABI, Domaine de Vilvert, 78350 Jouy-en-Josas, France
(2) Institut de l'Elevage, UMT eBIS, 75012 Paris, France
(3) INRAE, US310 CTIG, Domaine de Vilvert, 78350 Jouy-en-Josas, France
(4) INRAE, US1116 AGROCLIM, Domaine de Saint Paul, 84914 Avignon, France

RESUME- L'objectif de cette étude était d'estimer l'effet de l'indice température-humidité (THI) et l'ampleur des interactions entre le génotype et le THI sur les caractères de production laitière et le score de cellules somatiques en race Montbéliarde. Les contrôles laitiers élémentaires de première et deuxième lactations collectés entre 2016 à 2020 ont été associés au THI moyen des trois jours précédant le jour de contrôle dans la commune de l'exploitation. Au total, 446 717 contrôles laitiers de 55 650 vaches en première lactation et 457 516 contrôles de 58 229 vaches en deuxième lactation ont été analysés. L'évaluation de l'effet moyen du THI, estimé à l'aide d'un modèle mixte animal, a montré que le THI permettant les performances optimales est variable selon le caractère considéré mais qu'il est toujours inférieur ou égal à 55 (soit 12-13°C). Les réponses individuelles au THI ont été estimées par des modèles de normes de réaction basés sur des régressions aléatoires. Quel que soit le rang et le stade de la lactation, les corrélations génétiques entre un même caractère à différents THI sont supérieures à 0,80 et la plupart sont supérieures à 0,90, ce qui suggère que les interactions génétique-THI sont faibles pour les caractères de production et de santé de la mamelle. Néanmoins, les trajectoires des valeurs génétiques montrent quelques reclassements en condition de stress thermique (THI élevé), indiquant que certains animaux seraient plus adaptés que d'autres à produire malgré des températures élevées.

Heat tolerance and genotype by temperature-humidity index interactions on milk production and udder health traits in Montbeliarde cows

VINET A. (1), MATTALIA S. (2), VALLEE R. (2), BERTRAND C. (3), BERTUZZI P. (4), CUYABANO B.C.D. (1), BOICHARD D. (1)
(1) Université Paris Saclay, INRAE, AgroParisTech, UMR1313 GABI, Domaine de Vilvert, 78350 Jouy-en-Josas, France

SUMMARY - This study aimed to estimate the effect of temperature-humidity index (THI) and the magnitude of genotype-by-THI interactions on milk production traits and on somatic cell score in Montbéliarde cows. Test-day records from first and second lactations from 2016 to 2020 were associated with the average THI of the three days before the test-day record. A total of 446,717 test-day records from 55,650 cows in first lactation and 457,516 test-day records from 58,229 cows in second lactation were analyzed. The evaluation of the average effect of THI, estimated with an animal mixed model, indicated that the THI allowing optimal performances varies according to the trait considered but is always equal or lower than 55 (ie ~ 12-13°C). Individual responses to THI were estimated with random regression models. Regardless of parity and stage of lactation, genetic correlations between the same trait at different THI are greater than 0.80 and most are above 0.90, suggesting that genotype-by-THI interactions are weak for production and for udder health traits. Nevertheless, the trajectories of the breeding value show some re-rankings under heat stress conditions (high THI), indicating that some animals would be more adapted than others to produce despite high temperatures.

INTRODUCTION

Le réchauffement climatique a et aura des conséquences négatives importantes sur l'élevage notamment au travers l'augmentation de la fréquence et de l'intensité des vagues de chaleur. Les vaches laitières en lactation génèrent une charge thermique interne métabolique importante en raison des fermentations ruminales et ce phénomène est exacerbé lorsque la température de l'environnement auquel les animaux sont exposés augmente. Lorsque la température corporelle augmente la productivité, le bien-être et la santé des vaches sont altérés (West, 2003 ; Lees et al., 2019). Pour faire face au changement climatique, qui représente une menace réelle de nouvelles augmentations des températures et de l'apparition de vagues de chaleur, les animaux devront être tolérants au stress thermique tout en maintenant un bon niveau de production. Dans ce contexte de scénario environnemental difficile pour les productions animales, deux approches de phénotypage sont envisageables pour sélectionner la tolérance à la chaleur. La première consiste à mesurer des paramètres physiologiques, tels que la température corporelle ou la réponse hormonale à la chaleur, ou des indicateurs comportementaux de stress thermique, tels que la fréquence respiratoire, le halètement ou la transpiration. Bien que ces mesures fournissent des informations précises sur le début du stress thermique, elles sont difficiles et souvent coûteuses à mesurer à grande échelle à généraliser, et leur déploiement à grande échelle pour créer une population de référence de plusieurs milliers d'animaux pour la sélection génomique est complexe, même avec les technologies de capteurs actuellement en développement. La deuxième approche pour quantifier le stress thermique est basée sur des mesures indirectes, grâce à l'analyse des performances des animaux soumis à une gamme de conditions météorologiques. Les bovins affichent un potentiel génétique maximal de production avec des coûts physiologiques minimaux dans leur zone de thermoneutralité. Ainsi, lorsque la température ambiante dépasse cette zone de thermoneutralité, les animaux dépensent de l'énergie pour maintenir une température corporelle normale, induisant un stress thermique, et altérant

ainsi leurs performances (Becker et al., 2020). Simultanément, ils diminuent leur ingestion pour réduire la production interne de chaleur. Par conséquent, la réponse du niveau de performances aux conditions météorologiques est une mesure du stress thermique. Plusieurs indices combinant des variables météorologiques (températures, humidité, rayonnement solaire ou vitesse du vent) ont été évalués comme prédicteurs potentiels du stress thermique (Bohmanova et al., 2007 ; Hammami et al., 2013). L'indice température-humidité (THI) proposé par le National Research Council (1971) est aujourd'hui largement utilisé en recherche bovine. Le THI dépend principalement de la température, mais comme une humidité élevée accentue les effets des températures élevées et basses, le THI est aussi fonction de l'humidité relative. Il est calculé selon la formule suivante :
THI = (1,8*T+32) - (0,55-0,0055*RH)*(1,8*T-26), T étant la température moyenne sur 24 heures (Celsius) et RH l'humidité relative moyenne sur 24 heures (%).
Cette étude a deux objectifs. Le premier est d'estimer la réponse des performances de production et de santé de la mamelle aux variations de THI chez les vaches Montbéliardes. Le second objectif est d'estimer les interactions entre génotype et THI, permettant ainsi d'identifier les animaux les plus adaptés pour faire face aux hausses de températures attendues.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. DONNEES

Les performances et les informations généalogiques utilisées dans cette étude proviennent de la base de données zootechnique nationale française. Les performances retenues ont été sélectionnées à partir des enregistrements des jours de contrôle de la première (L1) et de la deuxième (L2) lactation des vaches Montbéliarde de cinq régions françaises (Franche-Comté, Rhône-Alpes, Auvergne, Bretagne et Pays-de-Loire), recueillis entre août 2016 et décembre 2020. Les phénotypes analysés sont la production laitière (LAIT), le taux butyreux (TB), le taux protéique (TP), la quantité de matière grasse (MG) et de matière protéique (MP) du lait ainsi que le score de cellules somatiques (SCS) obtenu par transformation logarithmique de la concentration en cellules somatiques (CCS) ($SCS=\log_2(CCS/100\ 000)+3$). Seuls les animaux de parents connus et dont l'âge au vêlage se situe entre 23 et 42 mois pour les primipares (L1) et entre 35 et 60 mois pour la deuxième lactation (L2) ont été retenus. La durée de lactation analysée a été limitée à 305 jours. Au total, 446 717 contrôles effectués sur 55 650 vaches en L1 et 457 516 contrôles effectués sur 58 229 vaches en L2 ont été sélectionnés aléatoirement sur le dernier chiffre du numéro d'élevage dans l'ensemble de la population, pour des raisons calculatoires liées au modèle utilisé.
Les données météorologiques ont été fournies par la base de données Safran de Météo-France. Cette base de données contient des valeurs quotidiennes de température et d'humidité estimées pour chaque carré d'une grille de 9892 carrés de 8x8km.
Les bases de données de performances et de météorologie ont été fusionnées grâce au code postal de chaque ferme et les enregistrements des jours de contrôle ont été associés à la moyenne du THI sur trois jours (le jour du contrôle et les 2 jours précédents).

1.2. MODELES STATISTIQUES

1.2.1. Effet du THI sur les performances

Le modèle statistique considéré pour l'ensemble des caractères est un modèle mixte incluant l'effet fixe du THI pour estimer son effet moyen sur l'ensemble des femelles. Le modèle inclut également les effets fixes du groupe de contemporaines (= défini par la combinaison du troupeau et de l'année de production), le stade de lactation, l'âge au vêlage et le stade de gestation et les effets aléatoires de la valeur génétique et de l'effet d'environnement permanent de la vache. Les effets génétiques sont estimés à l'aide de trois générations de pedigree.

1.2.2. Interactions génotype-THI

Pour ces secondes analyses, la valeur génétique de la vache n'est plus supposée constante, mais elle peut varier selon le THI. A chaque valeur de THI correspond un caractère différent, avec sa variabilité génétique propre et son héritabilité. Sous cette hypothèse, une corrélation génétique inférieure à 1 pour le même phénotype exprimé à différents THI révèle d'éventuelles interactions génotype x THI. Pour modéliser ces trajectoires de valeurs génétiques, nous utilisons un modèle de normes de réaction, à régressions aléatoires. En pratique, la valeur génétique de l'individu i à THI=t est modélisée comme une combinaison de 4 valeurs génétiques propres à i (et indépendantes de t), pondérées par des coefficients (ou covariables) fonction de t (et indépendants de i). Comme les contrôles laitiers évoluent aussi en fonction du stade de lactation (Leclerc et al., 2009 ; Druet et al., 2003), la valeur génétique de i dépend aussi de covariables fonction du stade de lactation. Au final, les covariables de l'effet génétique ont été modélisées par des polynômes de Legendre incluant : une constante modélisant le niveau génétique moyen, quels que soient le THI et le stade de lactation, deux polynômes de degré 1 et 2 du stade de lactation et trois polynômes de degrés 1, 2 et 3 du THI. L'effet d'environnement permanent de la vache est modélisé de la même façon. Ce modèle permet donc d'estimer les valeurs génétiques des animaux pour chaque valeur de THI et de stade de lactation.
Ce modèle comprend aussi des effets fixés du groupe de contemporaines défini par la combinaison troupeau x jour de contrôle, du stade de lactation, de l'âge au vêlage et du stade de gestation.

2. RESULTATS

Les performances utilisées dans cette étude sont décrites dans tableau 1. Les THI moyens associés à ces performances varient de 18 (soit une température moyenne quotidienne de -12 à -10°C) à 78 (soit une température moyenne quotidienne de +28 à +29°C), avec un THI moyen de 50 (soit une température moyenne quotidienne de +7 à +10°C).

	Parité 1	Parité 2
Nombre de femelles	55 650	58 229
Nombre de contrôles	446 717	457 516
LAIT (kg/j)	21,2 (5,1)	24,4 (6,7)
TB (‰)	38,6 (5,2)	38,8 (5,7)
TP (‰)	33,3 (3,0)	33,6 (3,3)
MG (g/j)	811 (202)	938 (259)
MP (g/j)	702 (171)	813 (213)
SCS	2,41 (1,68)	2,23 (1,79)

Tableau 1 Statistiques descriptives des jeux de données utilisés : nombre de vaches, de contrôles laitiers et moyennes et écarts-types (entre parenthèses) de la production laitière (LAIT), des taux butyreux (TB) et protéiques (TP), des quantités de matière grasse (MG) et de protéines (MP) et du score de cellules somatiques (SCS) par parité.

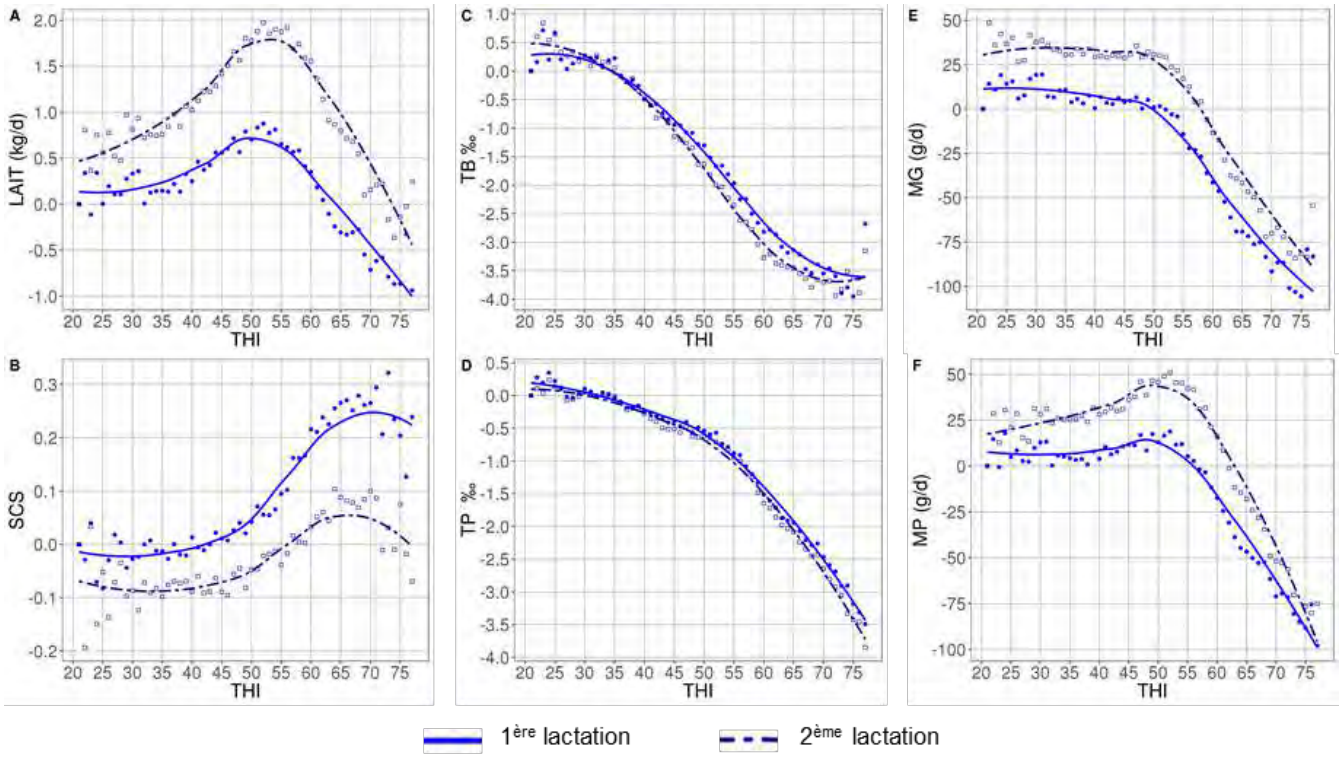


Figure 1 Effets moyens du THI sur (A) la quantité de lait produite ; (B) le score de cellules somatiques ; (C) les taux butyreux et (D) protéique ; (E) les quantités de matières grasses et (F) de protéines au cours de la première (ligne pleine) et de la deuxième (ligne pointillée) lactation.

2.1. EFFET DU THI SUR LES PERFORMANCES

L'effet moyen de chaque classe de THI est présenté dans la figure 1. Alors que l'ensemble des 6 caractères présentent un effet du stress de chaleur, seules les quantités de lait et de protéines sont sensibles au stress de froid. Ainsi, LAIT et MP sont optimales dans l'intervalle de THI 47-55, c'est-à-dire lorsque la température moyenne se situe entre 5 et 13°C. Pour les autres caractères, la diminution des performances est observée pour un THI supérieur à 50 (+7 à +10°C) pour MG et pour un THI supérieur à 35 (-2,5 à +2°C) pour les taux. Les SCS quant à eux augmentent à partir d'un THI de 45 (+3 à +7°C).

La baisse des quantités et des taux estimée entre les conditions de THI optimales et les conditions de stress thermiques importants (THI>70) montre un impact très similaire du stress thermique entre parités. Cette baisse est comprise entre -7 % pour la production moyenne quotidienne de lait et de -11,5 % à -13,8 % pour les quantités de matières. Pour le SCS, l'effet du stress thermique est plus important chez les primipares (+10,3 % du SCS moyen) que chez les vaches en deuxième lactation (+4,8 % du SCS moyen).

2.2. INTERACTIONS GENOTYPE-THI

Seules les interactions entre génotype et THI seront commentées dans cet article, les interactions entre génotype et stade de lactation ont fait l'objet d'autres communications aux journées 3R (Leclerc et al., 2009).

La majorité des corrélations génétiques entre THI estimées intra-caractère, parité et stade de lactation sont supérieures à 0,90. Aucune corrélation génétique inférieure à 0,90 n'a été estimée pour les taux et le SCS en 1ère lactation. D'une manière générale, les corrélations les plus faibles sont rarement inférieures à 0,80 et concernent toujours des corrélations entre THI extrêmes. Les corrélations génétiques les plus faibles ont été estimées pour la MP, tant en L1 qu'en L2, et sont toutes supérieures à 0,75. Pour tous les caractères, la corrélation génétique estimée entre le THI de 40 et le THI 70 (stress thermique) est plus faible en L2 qu'en L1, et dans la plupart des cas, elle a tendance à augmenter avec le stade de lactation, comme le montre le tableau 2.

Même si les interactions génotype-THI sont faibles, elles permettent une légère variabilité dans la réponse individuelle au stress thermique. Une illustration de cette variabilité de la tolérance à la chaleur est donnée dans la figure 2 qui présente l'évolution des valeurs génétiques de la production de lait en première lactation le long du gradient THI de huit taureaux ayant au moins 500 filles avec des performances dans notre jeu de données. Bien que le classement des taureaux soit assez stable entre les THI 20 et 60, au-delà de cette zone des reclassements se produisent. Ainsi, à THI élevés, les valeurs génétiques estimées de certains taureaux chutent dans le classement (pentes négatives) tandis que d'autres ont tendance à monter avec l'augmentation du THI (pentes positives).

	LAIT		TB		TP		MG		MP		SCS	
Stade (j)	L1	L2	L1	L2	L1	L2	L1	L2	L1	L2	L1	L2
60	0,974	0,948	0,948	0,925	0,960	0,957	0,972	0,939	0,964	0,935	0,979	0,905
150	0,977	0,952	0,972	0,951	0,970	0,967	0,974	0,949	0,973	0,943	0,977	0,925
240	0,978	0,968	0,979	0,962	0,975	0,976	0,978	0,972	0,980	0,972	0,977	0,937

Tableau 2 Corrélations génétiques des caractères LAIT, TB, TP, MG, MP, et SCS entre les conditions THI=40 et THI=70 à différents stades (60j, 150j et 240j) et rang de lactation (L1 ou L2).

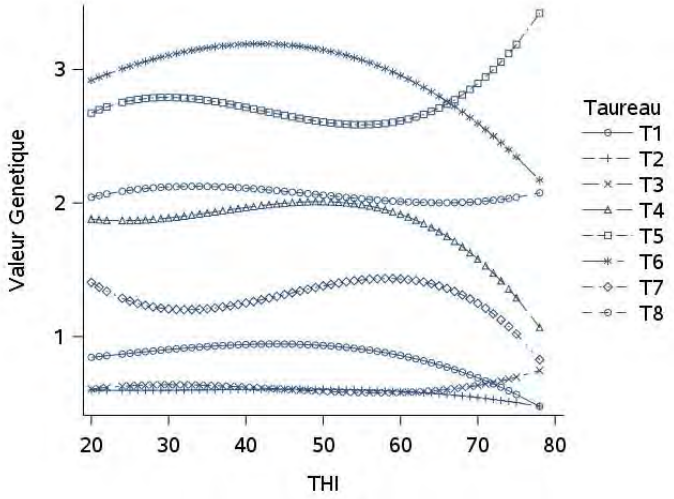


Figure 2 Evolution des valeurs génétiques prédites pour les différentes valeurs de THI pour la quantité de lait en première lactation et à 150 jours de lactation de 8 taureaux (T1-T8) avec au moins 500 filles avec performances dans notre jeu de données.

	LAIT	TB	TP	MG	MP	SCS
L1	-0,27	-0,53	-0,29	-0,67	-0,50	+0,64
L2	-0,46	-0,87	-0,45	-0,47	-0,51	+0,33

Tableau 3 Corrélations génétiques entre les pentes des valeurs génétiques à THI=70 et les valeurs génétiques à THI=50 et au stade de lactation=150j.

La pente à THI=70 peut être interprétée comme la sensibilité des descendances de taureaux au stress thermique. Les corrélations génétiques entre les pentes des valeurs génétiques à THI=70 et les valeurs génétiques à THI moyen (THI=50, condition environnementale moyenne actuellement selon notre jeu de données) ont été estimées afin de prédire l'impact de la sélection actuelle sur la sensibilité au stress thermique. Elles sont présentées dans le tableau 3. Pour les caractères de production, ces corrélations sont négatives, donc défavorables, indiquant que les animaux ayant à THI moyen les valeurs génétiques les plus élevées sont aussi ceux qui ont les pentes les plus négatives en condition de stress thermique. La corrélation est positive pour le SCS, montrant que les animaux les plus sensibles à THI moyen ont une sensibilité encore accrue comparativement aux autres animaux en cas de stress thermique. Ces corrélations entre valeurs génétiques à THI moyen et pente des valeurs génétiques en conditions de stress de chaleur sont modérées (environ - 0,3 pour LAIT et TP en L1 et + 0,33 pour SCS en L2) à élevées (- 0,87 pour TB en L1).

3. DISCUSSION

Notre étude a pour objectif d'estimer l'effet du THI sur les caractères de production et de santé de la mamelle en race, et d'identifier les interactions génotype-THI en race Montbéliarde. A notre connaissance, cette étude est la première pour cette race, ainsi que la première à croiser les informations quotidiennes de THI avec la base de données nationales française. Nous avons donc comparé nos résultats à ceux obtenus dans d'autres races à haut potentiel laitier, connues pour être moins adaptées à la chaleur que les races tropicales (revue dans Kadzere et al., 2002). Il existe de grandes différences dans les seuils de stress thermique entre les races (Bryant et al., 2007a ; Dikmen et Hansen, 2009 ; Gaughan et al., 2008), les caractères étudiés (Bernabucci et al., 2014 ; Bryant et al., 2007a ; Campos et al., 2022 ; Carabaño et al., 2014, 2016 ; Maggiolino et al., 2020) et les régions climatiques (Carabaño et al., 2016). Il est important de garder ces éléments à l'esprit lors de la comparaison de nos résultats avec ceux de la littérature.

3.1. EFFET DU THI SUR LES PERFORMANCES

Nos résultats montrent que le THI optimal en race Montbéliarde élevée en France est plus faible que celui généralement constaté chez les vaches laitières hautes productrices, le plus souvent compris entre 60 et 78 pour la quantité de lait selon les régions d'élevage, Allemagne (Brugemann et al., 2012), Espagne (Carabaño et al., 2014), Etats-Unis (Bohmanova et al., 2007) ou Italie (Bernabucci et al., 2014). Cependant, un certain nombre d'éléments expliquent la sensibilité des vaches laitières françaises à des THI plus faibles. D'une part, le fait que la majorité des études sur les vaches laitières à fort potentiel laitier concerne des femelles élevées de manière intensive en bâtiments clos, avec parfois des systèmes de refroidissement. Dans ces études la température extérieure utilisée pour le calcul du THI ne reflète pas la température réellement ressentie par les animaux en bâtiment, alors que la plupart des vaches Montbéliardes françaises pâturent au printemps et en été, ou sont dans des bâtiments partiellement ouverts et sont donc plus exposées aux fortes chaleurs. D'autre part, la majeure partie de ces études sont réalisées dans des régions où la température moyenne est nettement supérieure à celles observées dans les régions d'élevage de la Montbéliarde française, ce qui permet probablement aux animaux de s'acclimater à des températures plus chaudes dès le jeune âge mais aussi progressivement au cours de l'année (Carabaño et al., 2016). Le THI moyen dans notre jeu de données révèle que les conditions environnementales les plus fréquemment rencontrées correspondent à un THI de 50 (50% des données sont enregistrées à des THI compris entre 41 et 59 et des températures moyennes sur 24 heures comprises entre 4,1 et 15,3°C). Ces conditions environnementales les plus fréquentes sont aussi celles dans lesquelles les animaux sont sélectionnés. Il n'est donc pas étonnant que les Montbéliardes élevées en France, rarement en bâtiments totalement clos, aient été indirectement sélectionnées pour produire dans les conditions les plus fréquemment rencontrées en France. Par ailleurs le THI 70, estimé dans de nombreuses études comme marquant le début du déclin des performances des vaches laitières, est un THI extrême pour les vaches françaises. En effet, un THI de 70 correspond à une température moyenne comprise entre 22 et 24° Celsius (soit environ 30° au maximum), et seulement 3% des performances de production laitière des Montbéliardes sont collectées à un THI supérieur ou égal à 70 (3,2 % en L1 et 3,1 % en L2).

3.2. INTERACTIONS GENOTYPE-THI

Intra-stade et rang de lactation, les corrélations génétiques très élevées entre les diverses conditions de THI sont en accord avec les résultats de plusieurs études menées en race Holstein (Brügemann et al., 2011, Cheruiyot et al., 2020). Les interactions entre génotype et THI sont donc faibles, il y a peu de variabilité dans la réponse individuelle aux différents THI (c'est-à-dire peu de reclassements des valeurs génétiques des animaux le long du gradient THI) et la sélection d'animaux plus tolérants à la chaleur n'en sera que plus complexe. En effet la baisse moyenne de production avec l'élévation du THI pourra difficilement être compensée par la sélection d'animaux maintenant mieux leur production que la moyenne. Cependant, l'étude de l'évolution des valeurs génétiques montre que, même si ces interactions sont faibles, il existe une variabilité génétique des animaux dans leur réponse au stress de chaleur. Cela se traduit par un déclin des performances plus ou moins marqué selon les animaux. Il est important de rappeler que les animaux dont les pentes de valeurs génétiques sont positives à THI élevés ne voient pas leur production augmenter en cas de stress thermique, mais diminuer moins que les autres. Il s'agit là de classement entre animaux à un THI donné. Certains animaux voient leur classement augmenter alors que d'autres le voient diminuer

mais phénotypiquement, tous ont une diminution de production lorsque la température augmente (figure 1).

CONCLUSION

Notre étude montre que même si les interactions génotype-THI sont faibles, en termes de production et de santé de la mamelle les animaux ne réagissent pas tous de la même manière aux températures externes élevées. La prise en compte d'un index de tolérance à la chaleur dans la sélection des bovins serait donc tout à fait pertinente pour anticiper l'augmentation prévue des températures. Des travaux complémentaires sont toutefois nécessaires pour comprendre ce qui se cache réellement derrière la baisse de production accrue pour les animaux à haut potentiel en cas de chaleurs fortes. La baisse est d'autant plus forte que le potentiel génétique de l'animal est élevé, comme le traduisent les corrélations génétiques entre la pente à THI élevé et le niveau de production à THI moyen. On peut penser que ce phénomène traduit une plus forte sensibilité au stress de chaleur des animaux les plus productifs. Cependant, on ne pas écarter l'hypothèse d'un mécanisme de protection des animaux qui, en cas de stress de chaleur, diminueraient drastiquement leur ingestion et donc leur production afin de diminuer la production de chaleur due aux fermentations ruminales particulièrement importantes lorsque la production est élevée.
En revanche pour ce qui concerne la quantité de cellules somatiques dans le lait notre étude montre que le stress de chaleur a plutôt un rôle d'amplificateur de la sensibilité aux mammites. Les animaux déjà sensibles à THI moyen étant encore plus sensibles lorsque les températures extérieures augmentent. Cette aggravation de la sensibilité des animaux doit être considérée au plus vite dans les schémas de sélection.

Ce projet a reçu le soutien financier du programme Horizon 2020 de l'Union Européenne pour la recherche et l'innovation sous le n°101000226 (projet Rumigen), et d'APIS-GENE à travers le projet CAICALOR. Rumigen fait partie d'EuroFAANG (https://eurofaang.eu).
Les données climatiques SAFRAN proviennent de Météo-France et ont été téléchargées via la plateforme SICLIMA développée par AgroClim-INRAE.

Becker, C.A., Collier, R.J., Stone, A.E. 2020. J Dairy Sci., 103, 6751-6770
Bernabucci, U., Biffani, S., Buggiotti, L., Vitali, A., Lacetera, N., Nardone, A. 2014. J Dairy Sci., 97, 471-486
Bohmanova, J., Misztal, I., Cole, J.B. 2007. J Dairy Sci., 90, 1947-1956
Brügemann, K., Gernand, E., Von Borstel, U.U., König, S. 2011. J Dairy Sci., 94, 4129-4139
Brügemann, K., Gernand, E., Von Borstel, U.K., König, S. 2012. Arch Tierz., 55, 13-24.
Bryant, J.R., Lopez-Villalobos, N., Pryce, J.E., Holmes, C.W., Johnson, D.L. 2007. N Z J Agric Res, 50, 327-338
Campos, I.L., Chud, T.C.S., Oliveira, H.R., Baes, C.F., Canovas, A., Schenkel, F.S. 2022. Can J Anim Sci., 102, 368-381
Carabaño, M.J., Bachagha, K., Ramon, M., Diaz, C. 2014. J Dairy Sci., 97, 7889-7904.
Carabaño, M.J., Logar, B., Bormann, J., Minet, J., Vanrobays, M.L., Diaz, C., Tychon, B., Gengler, N., Hammami, H. 2016. J Dairy Sci., 99, 3798-3814
Cheruiyot, E.K., Nguyen, T.T.T., Haile-Mariam, M., Cocks, B.G., Abdelsayed, M., Pryce, J.E. 2020. J Dairy Sci., 103, 2460-2476
Dikmen, S., Hansen, P.J. 2009. J Dairy Sci., 92, 109-116
Druet, T., Jaffrezic, F., Boichard, D., Ducrocq, V. 2003. J Dairy Sci., 86, 2480-2490
Gaughan, J.B., Mader, T.L., Holt, S.M., Lisle, A. 2008. J Dairy Sci., 86, 226-234
Hammami, H., Bormann, J., M'hamdi, N., Montaldo, H.H., Gengler, N. 2013. J Dairy Sci., 96, 1844-1855
Kadzere, C.T., Murphy, M.R., Silanikove, N., Maltz, E. 2002. Livest Prod Sci., 77, 59-91
Leclerc, H., Barbat-Leterrier, A., Ducrocq, V. 2009. 16èmes Renc. Rech. Ruminants, Paris, 16, 291-294
Lees, A.M., Sejian, V., Wallage, A.L., Steel, C.C., Mader, T.L., Lees, J.C., Gaughan, J.B. 2019. Animals, 9, 322
Maggiolino, A., Dahl, G.E., Bartolomeo, N., Bernabucci, U., Vitali, A., Serio, G., Cassandro, M., Centoducati, G., Santus, E., De Palo, P. 2020. J Dairy Sci., 103, 8541-8553
National Research Council, 1971. In Nat. Acad. Sci., A guide to environmental research on animals. Washington.
West, J.W. 2003. J Dairy Sci., 86, 2131-2144

DigeR : un indicateur de l'efficience alimentaire des vaches laitières calculé à partir du profil en acides gras du lait

BERODIER M. (1,2), GAUDILLIERE N. (3), WOLF V.(3), DUBIEF F.(4), BROCHARD M. (1), LECLERC H. (2,5)
(1) UMOTEST, 250 route des Soudanières, 01250 Ceyzériat
(2) ELIANCE, 149 rue de Bercy, 75012 Paris
(3) Conseil Elevage 25-90, 6 rue des épicéas 25640 Roulans
(4) GENIA'Test, 4 rue des épicéas, 25640 Roulans
(5) INRAE GABI, Domaine de Vilvert, 78350 Jouy-En-Josas

RESUME - Le profil en acides gras du lait est en partie lié au fonctionnement du rumen, composante essentielle de l'efficience alimentaire en élevage laitier. DigeR est un indicateur phénotypique de l'efficience alimentaire à l'échelle d'une lactation en race Montbéliarde. Il est le résultat d'un ratio entre groupes d'acides gras parmi les courts et moyens. Les animaux ayant les meilleures valeurs DigeR produisent également plus de lait et ont des meilleures performances de reproduction. L'analyse du déterminisme génétique de l'indicateur DigeR a montré qu'il s'agit d'un caractère d'une héritabilité modérée (31,4%) et faiblement corrélé génétiquement aux caractères de production actuellement en sélection (LAIT + 8%, TB +17% et TP -18%). Une évaluation génétique en modèle single-step a été mise au point et l'index DigeR est diffusé par l'OS UMOTEST depuis le mois de juin 2021. Le phénotype et l'index DigeR aident les éleveurs à piloter leur troupeau de vaches laitières Montbéliardes face aux enjeux sociétaux de durabilité et d'efficience.

DigeR: A dairy cow feed efficiency proxy based on milk fatty acid profile

BERODIER M. (1,2), GAUDILLIERE N. (3), WOLF V.(3), DUBIEF F.(4), BROCHARD M. (1), LECLERC H. (2,5)
(1) UMOTEST, 250 route des Soudanières, 01250 Ceyzériat

SUMMARY - Milk fatty acid profile is partly linked to rumen function, an essential component of feed efficiency in dairy farming. DigeR program is a phenotypic indicator of feed efficiency at lactation level in Montbéliarde breed. It results from a ratio among short and medium milk fatty acid. Animals with better DigeR indicator, produce more milk and have better reproductive performances. Genetic determinism analysis of the DigeR trait showed a moderate heritability (31,4%) and a small genetic correlation with the production traits currently under selection (Milk Yield + 8%, Fat Content +17% and Protein Content -18%). A single-step genetic evaluation was built and UMOTEST delivers DigeR ebv since 2021. The DigeR phenotype and ebv help breeders to manage their herds of Montbéliard dairy cows addressing societal challenges of sustainability and efficiency.

INTRODUCTION

L'efficience alimentaire répond à une attente sociétale forte pour accroitre la durabilité et l'efficience des filières d'élevage. Elle revêt également un intérêt économique pour les éleveurs en améliorant la rentabilité de leur cheptel. Cependant, l'efficience alimentaire est très difficile à mesurer à grande échelle et particulièrement dans les systèmes herbagers en dehors des dispositifs expérimentaux qui permettent la mesure des consommations individuelles d'aliments (Cantalapedra-Hijar *et al*., 2020). Chez les ruminants, le rumen joue un rôle majeur dans l'efficience digestive, composante essentielle de l'efficience alimentaire, puisqu'il permet la conversion des aliments de la ration en Acides Gras Volatils (AGV) assimilables par l'animal. Les Acides Gras (AG) sont composés d'une chaîne carbonée qui permet de les qualifier (pairs, impairs, courts, moyens, longs). Cette qualification traduit la composition en atomes de carbone. Certains AGV sont les précurseurs de la matière grasse synthétisée par la glande mammaire. Ainsi, le profil en AG du lait de vaches traduit en partie le fonctionnement du rumen (Peyraud *et al*., 2011). Les analyses par spectrométrie dans le moyen infrarouge (spectrométrie MIR), c'est-à-dire l'absorbance différentielle de la lumière par le lait dans les longueurs d'onde du moyen infrarouge, permettent aujourd'hui d'estimer en routine le profil en AG du lait de chaque animal à partir des échantillons collectés dans le cadre du contrôle de performances (Soyeurt *et al*., 2006). Les entreprises de Conseil en Elevage, membres du consortium OptiMIR déploient en élevage des indicateurs qui valorisent ces estimations à l'échelle du troupeau (par exemple au travers du service Lait'AGe). L'un des indicateurs diffusés dans l'outil Lait'AGe (part des AG impairs parmi les AG courts et moyens) est un proxy pertinent de l'efficience de la digestion ruminale (Travaux antérieurs menés par les ECEL du consortium OptiMIR dans de nombreux régimes alimentaires (Eliance, communication personnelle)). Le projet DigeR, co-financé par UMOTEST, GENIA'Test et Conseil Elevage 25-90, a eu pour objectif d'étudier la variabilité phénotypique et génétique des vaches laitières de race Montbéliarde pour ce caractère.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1 Calcul de l'indicateur phénotypique DigeR

La base de données phénotypiques utilisée dans cette étude comporte 3 626 405 analyses de lait individuel. Elles ont été obtenues dans le cadre du contrôle de performances de vaches Montbéliardes réalisées de 2016 à 2020 sur les départements du Doubs et du Territoire de Belfort par Conseil Elevage 25-90 et de la Haute-Saône par GENIA'Test. Tous les échantillons de lait ont été analysés par spectrométrie MIR et les spectres résultants ont été standardisés par le service de standardisation spectrale OPTIMIR (Grelet *et al.*, 2012, Grelet *et al.*, 2015). Les équations d'estimation des AG (Soyeurt *et al.*, 2011) ont été appliquées sur les spectres standardisés et le ratio de la part des AG impairs parmi les AG courts et moyens a été calculé. Afin de le rendre plus lisible et exploitable par les éleveurs et leurs conseillers, le ratio précédent obtenu à chaque contrôle de performance a été synthétisé à l'échelle de la lactation par rapport aux contemporaines du troupeau sous la forme d'un indicateur phénotypique que l'on a dénommé DigeR. Cet indicateur correspond à un positionnement intra-troupeau des résultats obtenus à l'échelle de la lactation calculé uniquement pour les animaux disposant de suffisamment de contrôles.

1.2 Etude de la variabilité phénotypique de DigeR

L'étude de la distribution de l'indicateur phénotypique DigeR et de ses corrélations avec les performances de production laitière (production laitière moyenne en kg/VL, sur 305 jours) a

été réalisée sur 227 474 lactations de femelles multipares entre 2016 et 2020 disposants d'un indicateur DigeR calculé, en distinguant les lactations en système fourrager « foin » et les lactations en système fourrager « ensilage ». 240 924 lactations ayant un indicateur DigeR calculé et pour lesquelles un vêlage suivant était connu ont été considérées pour étudier le lien entre l'indicateur phénotypique DigeR et les performances de reproduction des animaux.

1.3. Etude du déterminisme génétique

Le déterminisme génétique de la part des AG impairs parmi les AG courts et moyens a été étudié au sein de l'Unité Mixte Technologique eBIS (pilotée par l'unité GABI d'INRAE, l'Institut de l'Elevage et ELIANCE). Cette étude s'appuie sur l'ensemble des données de généalogie et de génotypage de l'OS UMOTEST ainsi que sur les 3 626 405 analyses de lait individuel des départements 25, 70 et 90 des années 2016 à 2020. Cette étude a permis d'estimer les paramètres génétiques de ce caractère et de construire un modèle d'évaluation génétique prenant en compte les effets environnementaux de l'élevage et de l'animal ainsi que l'effet génétique que nous avons également dénommé DigeR. Les corrélations génétiques avec les caractères LAIT, TP et TB ont également été estimées grâce à une étude en modèle multi-caractères.

2. RESULTATS

2.1. Analyse phénotypique

2.1.1. L'indicateur phénotypique à la lactation

Le tableau 1 présente la variabilité de l'indicateur phénotypique DigeR selon la parité de la lactation considérée dans l'étude (228 032 lactations de multipares et 101 960 lactations de primipares). Quel que soit le rang de lactation, l'indicateur varie entre -6,4 et 4,9. On observe que les primipares ont une valeur d'indicateur légèrement plus faible que les multipares. L'écart-type de l'indicateur phénotypique DigeR sur la base étudiée est de 1,1 pour les primipares et 1,0 pour les multipares.

Parité	min	q25	méd	q75	max
L+	-5,9	-0,5	0,15	0,8	4,9
L1	-6,4	-0,9	-0,22	0,5	4,4

Tableau 1. Distribution de l'indicateur phénotypique DigeR selon la parité de la lactation
L1 : première lactation ; L+ : lactation 2 et suivantes ;
min : minimum, q25 : 1er quartile, méd : médiane, q75 : 3ème quartile, max : maximum

2.1.2. Liens phénotypiques entre caractères

	Foin	Ensilage
DigeR +	7 438	8 104
DigeR -	6 987	7 743

Tableau 2. Production laitière moyenne (en kg/VL en 305j) des multipares selon la classe de l'indicateur DigeR associé à la lactation et selon le système fourrager

DigeR + : 25 % Meilleures lactation DigeR
DigeR - : 25% Moins bonnes lactations DigeR

Les 25% meilleures lactations de multipares sur le critère DigeR ont eu de meilleurs résultats de production laitière (jusqu'à +450kg/VL/lactation) et une meilleure fertilité (-5 jours d'intervalle vêlage-vêlage (IVV)) que les 25% moins bonnes lactations sur ce critère (Tableau 2 et Tableau 3). L'étude de cet indicateur dans 10 élevages disposant d'un suivi régulier de la note d'état corporel a également permis de démontrer que les animaux les mieux classés selon l'indicateur phénotypique DigeR subissent une perte d'état significativement plus faible en début de lactation, ce qui pourrait expliquer la meilleure fertilité.

	Nombre de lactations	IVV (jours)
DigeR +	61 426	391,0
DigeR -	59 986	395,9

Tableau 3. Intervalle vêlage-vêlage selon la classe de l'indicateur DigeR associé à la lactation

DigeR + : 25 % meilleures lactation DigeR
DigeR - : 25% moins bonnes lactations DigeR

2.2. Du déterminisme génétique à l'index DigeR

L'héritabilité estimée de la part des AG impairs parmi les AG courts et moyens est modérée avec 31,4%. Les corrélations génétiques avec les caractères LAIT, TB et TP sont faibles : elles sont respectivement, positives avec le caractère LAIT (8%), et TB (17%) et négative avec le caractère TP (-18%). L'analyse des niveaux génétiques par année de naissance confirme que le caractère n'a pas été sélectionné indirectement par le jeu des corrélations avec les caractères en sélection historiquement. Une évaluation génomique utilisant la méthodologie dite single-step a été déployée avec le concours de GenEval. L'index DigeR est exprimé dans une base 0 et avec un écart-type standardisé de 1. La variabilité des index est bonne puisque 50% des 425 275 animaux évalués en novembre 2021 ont un index inférieur à -0,6 ou supérieur à +0,5, le meilleur index étant +3,4 et le plus faible de -3,8.

2.3. Liens entre phénotypes et index DigeR

Les animaux ayant les meilleurs index DigeR sont également les animaux ayant des lactations avec les meilleurs indicateurs phénotypiques pour ce caractère (Figure 1).

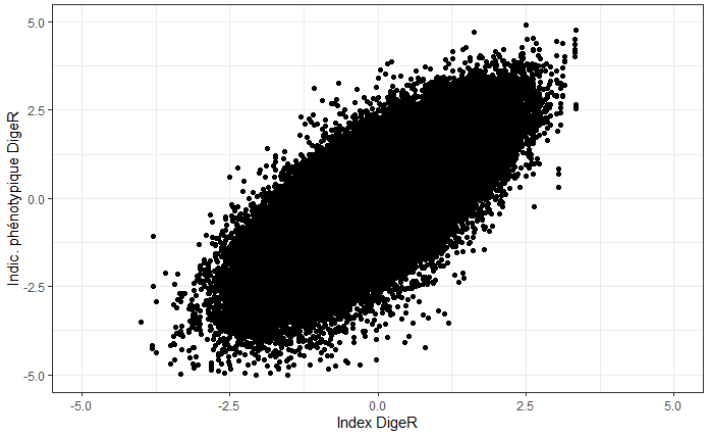


Figure 1. Indicateur phénotypique DigeR à la lactation en fonction de l'index DigeR

3. DISCUSSION

Le lien entre l'indicateur phénotypique DigeR, calculé à l'échelle de la lactation, et les performances zootechniques confirme qu'il est un bon proxy de l'efficience de la digestion ruminale : il permet d'identifier les animaux qui, au sein d'un troupeau, produisent plus de lait tout en ayant de meilleures performances de reproduction. Cela confirme l'intérêt par ailleurs bien documenté de la valorisation des estimations en routine du profil en AG ou autres signatures spectrales d'échantillons de lait individuels, en tant qu'indicateurs zootechniques pour le pilotage plus fin du troupeau (Gengler *et al.*, 2016). En effet, plusieurs indicateurs zootechniques d'intérêt sont couteux et/ou complexes à obtenir mais

disposent de proxys obtenus à partir d'identification de signatures spectrales du lait (ex. diagnostique acétonémie à partir de dosages sanguins ; efficience alimentaire particulièrement pour des animaux consommant des fourrages grossiers et plus encore au pâturage, conditions dans lesquelles les mesures des quantités ingérées individuellement sont très complexes). Disposer de proxys à partir des circuits d'échantillons du contrôle laitier permet de couvrir l'exhaustivité des animaux en lactation et suivis dans ce cadre avec une fréquence généralement de l'ordre du mois et à un coût additionnel très modeste. En conséquence, même avec une précision moindre que les mesures de référence, ces proxys ouvrent les voies d'un conseil en élevage et d'une indexation à des coûts abordables pour le plus grand nombre. Depuis le mois de juin 2021, l'index DigerR est disponible en routine pour tous les taureaux de l'entreprise UMOTEST et pour toutes les femelles génotypées par UMOTEST. L'indicateur phénotypique est quant à lui valorisé auprès des éleveurs adhérents aux services de contrôle de performances de Conseil Elevage 25-90 ou de GEN'IAtest. Ce type d'approche permettant de valoriser un indicateur indirect de l'efficience digestive collectable à grande échelle à des fins de conseil en management de troupeau et en conduite génétique est transposable à d'autres races bovines laitières.

CONCLUSION

La valorisation des analyses du MIR produites par le contrôle de performances et l'analyse des données génétiques a permis la construction d'indicateurs de l'efficience digestive fiables dans des contextes d'élevage (notamment le recours important au pâturage et aux fourrages grossiers) où l'accès à des phénotypes d'efficience alimentaire est aujourd'hui très complexe. Ces indicateurs indirects phénotypiques et génétiques sont une vraie opportunité pour aider les éleveurs à piloter leur troupeau de vaches laitières Montbéliardes face aux enjeux sociétaux de durabilité et d'efficience.

Cantalapiedra-Hijar G., Faverdin P., Friggens N. C. Martin P., 2020. INRAE Prod. Anim., 33(4),235-248.
Gengler, N., Soyeurt H., Dehareng F., Bastin C., Colinet F., Hammami H., Vanrobays M.-L., Lainé A., Vanderick S., Grelet C., Vanlierde A., Froidmont F., Dardenne P., 2016. J. Dairy Sci. 99 : 4071-4079.
Grelet C., Fernández Pierna J. A., Dardenne P., Massart X., Brunschwig P., Dehareng F., 2012. 3R.
Grelet C., Fernández Pierna J. A., Dardenne P., Baeten V., Dehareng F., 2015. J. Dairy Sci. 98 : 2150-2160.**Peyraud J.L, Rouillé B., Hurtaud C., Brunschwig P., 2011.** Les acides gras du lait de vache : Composition et maîtrise par l'alimentation. Institut de l'élevage (Ed), Paris, France. 36
Soyeurt H., Dardenne P., Dehareng F., Lognay G., Veselko D., Marlier M., Bertozzi C., Mayeres P., Gengler N., 2006.J. Dairy Sci. 89:3690-3695.
Soyeurt H., Dehareng F., Gengler N. , McParland S.,Wall E.,Berry D. P., Coffey M., Dardenne P., 2011. J. Dairy Sci. 94 :1657–1667

Estimation de l'efficience alimentaire des chèvres laitières, en fermes commerciales

CHASSIER M. (1), MOSNIER F. (1), RUPP R. (2), BLUET B. (3), BAILLY-SALINS A. (4), PALHIERE I. (2)
(1) Idele – Chemin de Borde Rouge, 31326 Castanet-Tolosan Cedex
(2) GenPhySE - Université de Toulouse, INRAE, INPT, ENVT, 31326 Castanet-Tolosan
(3) Idele - Chambre Régionale D'agriculture de Poitou-Charente CS 45002, 86550 Mignaloux-Beauvoir
(4) Capgènes - Agropôle 2135, Route de Chauvigny, 86550 Mignaloux-Beauvoir

RESUME
L'importance économique de l'amélioration génétique de l'efficience alimentaire est reconnue en production laitière. L'efficience alimentaire est un trait génétiquement complexe qui peut être décrit comme le rapport entre production (le rendement laitier, par exemple) et les ressources destinées à cette production (alimentation). Des travaux antérieurs ont montré que l'efficacité alimentaire était héréditaire chez de nombreuses espèces. Cette étude vise à étudier l'héritabilité de l'énergie résiduelle ingérée (REI) chez deux races de chèvres laitières (Alpine et Saanen) élevées en fermes commerciales. Les héritabilités sont modérées pour les deux races (0,18 ± 0,08 en Alpine et 0,20 ± 0,07 en Saanen).

Genetics parameters of feed efficiency in dairy goats, under commercial conditions

CHASSIER M. (1), MOSNIER F. (1), RUPP R. (2), BLUET B. (3), BAILLY-SALINS A. (4), PALHIERE I. (2)
(1) Idele – Chemin de Borde Rouge, 31326 Castanet-Tolosan Cedex

SUMMARY
The economic importance of genetically improving feed efficiency has been recognized in dairy production. Feed efficiency is a genetically complex trait that can be described as units of product output (e.g., milk yield) per unit of feed input. Previous work showed that feed efficiency is heritable in many species. This study aimed to investigate the heritability for Residual Energy Intake in two breeds of dairy goats (Alpine and Saanen) under commercial conditions. Heritabilities were moderate for both breeds (0.18 ± 0.08 in Alpine and 0.20 ± 0.07 in Saanen).

INTRODUCTION

En production laitière, les coûts d'alimentation constituent l'une des plus grandes dépenses de l'éleveur. D'après les résultats INOSYS caprins 2020, ceux-ci représentent en moyenne 60% des charges opérationnelles. Ainsi, pour réduire les coûts de production et avoir un impact positif sur le développement durable, les éleveurs ont un grand intérêt à améliorer la balance entre les intrants (aliments ingérés) et les sortants (production laitière) et donc l'efficacité alimentaire. Cette dernière a déjà été introduite dans les programmes de sélection porcins et de volailles et commence à être introduite chez les bovins (Brito *et al*, 2021). A la différence des monogastriques et des bovins, l'efficience alimentaire est peu documentée chez les petits ruminants (ovins et caprins) Quelques résultats d'ingestion individuelle sont disponibles dans les élevages expérimentaux INRAE mais cela représente au mieux quelques dizaines d'animaux mesurés. Le projet européen SMARTER (SMAll RuminanTs breeding for Efficiency and Resilience, https://www.smarterproject.eu/) a pour but de développer des stratégies innovantes pour améliorer l'efficience et la résilience des ovins et caprins. Cette étude s'inscrit dans le cadre de ce projet et vise à estimer les paramètres génétiques de l'efficacité alimentaire, mesurée en fermes commerciales, à travers une large diversité de systèmes d'élevage, dans deux races caprines (Alpine et Saanen). La spécificité de l'étude réside dans le fait que les mesures d'ingestion individuelles ne sont pas disponibles en ferme commerciale et qu'il faut donc approcher l'efficacité alimentaire à partir de données d'ingestion mesurées par lot.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1 ANIMAUX ET MESURES EN FERMES

L'étude a été menée dans 14 fermes commerciales et à la ferme Expérimentale INRAE de La Sapinière (Bourges), sur 2 campagnes (2020 et 2021). 1 636 chèvres primipares (663 Alpine et 973 Saanen) ont été phénotypées pour l'efficience alimentaire. Les quantités d'aliments ingérés ont été mesurées 4 fois au cours de la lactation, à l'échelle du lot : deux fois en début de lactation (entre 0 et 60 jours, et entre 60 et 90 jours de lactation), puis autour de la reproduction (entre 210 et 260 jours) et en fin de lactation (entre 240 et 280 jours). Pour chacun des points de mesure, une moyenne de 3 jours consécutifs d'enregistrements a été prise en compte afin de limiter les perturbations ponctuelles. Un total de 4 827 enregistrements (1 879 en Alpine et 2 948 en Saanen) constitue la base de données. Lors des points de mesure, les quantités distribuées et les refus, de fourrage et de concentré, ont étaient pesées par des conseillers du Contrôle Laitier. Les quantités de fourrage ont été mesurées en pesant tout le fourrage distribué à l'échelle du lot. Pour le concentré, les quantités ont été mesurées soit en pesant les quantités distribuées à l'échelle du lot, soit à l'échelle individuelle : lorsque l'élevage était équipé d'un distributeur automatique de concentré ou que le concentré était distribué en salle de traite. Compte-tenu des différences de pratiques entre éleveurs, les animaux recevaient une alimentation différente en termes de nature et de quantité d'aliments, notamment la part de concentré et de fourrage (Tableau 1). On compte 282 rations différentes (une ration étant définie par lot*élevage*date) au sein des 15 élevages, avec une proportion de concentré distribuée allant de 0 à 64,4 % (moyenne = 37 %) et une proportion de fourrage allant de 34,8 % à 100 % (moyenne = 60 %). On observe également une diversité de type de concentré et de fourrage utilisé.
A partir de ces informations, l'ingestion journalière individuelle a été estimée par la moyenne de l'ingestion du lot auquel l'animal appartenait, pour les élevages sans distribution individuelle de concentré (83 % du jeu de données). Sinon, l'ingestion journalière individuelle a été estimée par la moyenne de l'ingestion de fourrage du lot plus la consommation alimentaire individuelle de concentré (17 %).

La quantité de matière sèche ingérée (MSI) a ensuite été estimée, pour chaque aliment à chaque point de mesure, à partir des informations apportées par les analyses de fourrage, faites en laboratoire sur un échantillon du fourrage distribué à chaque point de mesure, et les étiquettes de concentré. L'énergie ingérée a été estimée pour chaque aliment de la ration, en multipliant sa MSI et sa concentration énergétique, puis l'énergie ingérée (EI) a été calculée en faisaient la somme de toutes les énergies ingérées élémentaires. La qualité nutritionnelle des aliments a été enregistrée pour chaque fourrage et chaque concentré et la teneur en énergie a été déterminée à partir des tables INRAE (Agabriel, 2010).
Les données de production laitière individuelles ont aussi été collectées lors des 4 points de mesure, via le contrôle laitier. Le tour de poitrine utilisé comme proxy du poids des chèvres a été mesuré par Capgènes une fois par animal et par campagne, autour de 150 jours de lactation.

	Proportion (% MSD)	N rations	Minimum	Moyenne	Maximum	Sd[1]
Catégorie d'aliment	Concentré	282	0	36,9	64,4	10,3
	Fourrage	282	34,8	60,0	99,9	11,1
	Déshydratés	282	0	3,1	22,5	5,9
Type d'aliment	Concentré complet	158	0	20,8	38,8	9,5
	Concentré énergétique	269	1,7	15,5	32,3	7,9
	Concentré azoté	224	0,7	13,2	32,4	7,8
	Déshydratés	64	4,2	12,2	22,5	6,4
	Fourrage vert	4	54,0	70,0	76,3	10,7
	Ensilage	172	6,9	30,9	76,8	15,6
	Foin	273	4,6	40,6	99 ,9	20,6
	Paille	84	0,8	2,8	6,8	1,3

[1]Ecart-type ; ²Coefficient de variation

Tableau 1. Descriptif de la proportion moyenne de matière sèche distribuée (MSD) par catégorie d'aliment, pour l'ensemble des 282 rations ; b. par type d'aliment, pour les rations concernées par cet aliment.

1.2 ESTIMATION DU REI

Pour estimer l'efficacité alimentaire, l'énergie résiduelle ingérée **(REI),** a été utilisée. Elle correspond aux résidus du modèle de régression linéaire suivant (1) :

$$EI = \beta_0 + \beta_1 \times PL + \beta_2 \times TB + \beta_3 \times TP + \beta_4 \times TPO + REI \quad (1)$$

Où, EI est l'énergie ingérée (exprimée en Unité Fourragère Lait (UFL), 1 UFL=1.7 Mcal), β_0 est l'EI moyenne observée (en UFL), β_1 est le coefficient de régression de la production laitière (PL), β_2 and β_3 sont les coefficients de régression des taux butyreux et protéiques (TB et TP) and β_4 est le coefficient de régression du tour de poitrine (TPO). L'analyse a été faite intra-race et appliquée sur l'ensemble des données répétées par chèvre. Les REI obtenus ont ensuite étaient réparties en 3 groupes, indépendamment de la race et de la ration, en utilisant l'écart-type du REI (sd_REI) : inefficiente (REI > 0,5 x sd_REI), intermédiaire (-0,5 x sd_REI ≤ REI ≤ 0,5 x sd_REI), efficiente (REI < -0,5 x sd_REI).

1.3 ESTIMATION DES PARAMETRES GENETIQUES

Les paramètres génétiques du REI et de la production laitière journalière (PL) ont été estimés, à partir du logiciel WOMBAT (Mayer, 2007), pour chaque race séparément, à partir des modèles linéaires animal suivant :

$$Y = Trpx + Camp + Htd + PhSt + a_n + perm_p + e \quad (2)$$
$$Y = Age + Camp + Htd + PhSt + a_n + perm_p + e \quad (3)$$

Où, Y est le vecteur d'observation pour la variable REI (2) ou PL (3), Tpx est l'effet fixe du troupeau, Age est l'effet fixe de l'âge à la mise bas, Camp est l'effet fixe de la campagne de lactation, Htd est l'effet fixe du jour de mesure, PhSt est l'effet fixe du stade physiologique. Les effets aléatoires inclus dans le modèle sont l'effet génétique additif de l'animal (a_n), l'effet de l'environnement permanent ($perm_p$) et la résiduelle (e).

Seuls les animaux avec 2 mesures et plus étaient gardés. Le jeu de données final comprenait 1 331 et 2 414 mesures pour 455 et 785 chèvres Alpine et Saanen, respectivement. Ces chèvres sont issus de 74 et 94 pères et 355 et 576 mères, et le fichier pedigree contenait 7 484 et 8 652 animaux pour les races Alpine et Saanen, respectivement. L'héritabilité (h^2) et la répétabilité (R) ont été estimées à partir des variances estimées selon les formules suivantes : $h^2 = V_A / (V_A + V_E + V_R)$, et $R = V_E / (V_A + V_E + V_R)$, avec V_A variance génétique additive, V_E variance environnementale permanente et V_R variance résiduelle.

2. RESULTATS

Une description générale des données est présentée dans le Tableau 2. La MSI est en moyenne de 2,7 kg par jour et par chèvre, avec une erreur standard de 310 g en race Alpine et de 280 g en race Saanen. L'énergie ingérée (EI) est en moyenne de 2,5 UFL par jour et par chèvre dans les deux races, avec une variabilité modérée (CV de 13 % et de 11 %). L'énergie résiduelle ingérée (REI) moyenne est de 0 UFL par définition. La production laitière quotidienne est de 3,40 kg en moyenne en race Alpine et de 3,04 kg en race Saanen, avec un écart-type de 940 g et 770 g, respectivement. Le tour de poitrine moyen (TPO) est de 88 cm dans les deux races avec une faible variabilité (CV de 5 % dans les deux races).

La quantité de matière sèche ingérée (MSI) est plus importante dans le groupe de chèvres inefficientes que dans le groupe de chèvres efficientes, avec une différence de 0,49 kg de MSI par jour et par chèvre en race Alpine et de 0,57 kg en race Saanen (Tableau 3). Cette différence s'explique à la fois par une plus faible quantité de MSI provenant des concentrés (CMSI) et par une plus faible quantité de MSI provenant des fourrages (FMSI) dans le groupe de chèvres inefficientes. La quantité de MSI par kg de lait produit (MSI/PL) est plus faible pour le

groupe de chèvres efficientes, tandis que la production laitière (PL) est la même dans les trois groupes.

Les composantes de la variance, héritabilités et répétabilités des caractères étudiés sont présentés dans le Tableau 4. Les héritabilités de la production laitière journalière sont de 0,19 et de 0,20 en race Alpine et Saanen, respectivement. Les héritabilités estimées pour le REI, dans les 2 races, sont modérées (0,18 and 0,20), avec une plus grande répétabilité pour la race Alpine (0,31) que pour la race Saanen (0,12).

Race	Caractère	N	Minimum	Moyenne	Maximum	Sd[1]	CV[2]
Alpine	REI (UFL)	1 879	-1,02	0,00	0,71	0,27	11%
	MSI (kg)	1 879	2,01	2,68	3,63	0,31	12%
	EI (UFL)	1 879	1,66	2,48	3,41	0,31	13%
	PL (kg)	1 879	0,90	3,40	6,50	0,94	28%
	TPO (cm)	1 879	76,00	88,24	103,00	4,29	5%
Saanen	REI (UFL)	2 948	-0,87	0,00	1,01	0,28	11%
	MSI (kg)	2 948	2,02	2,82	3,78	0,28	10%
	EI (UFL)	2 948	1,78	2,62	3,85	0,29	11%
	PL (kg)	2 948	0,30	3,04	6,60	0,77	25%
	TPO (cm)	2 948	76,00	88,51	103,00	4,64	5%

[1]Ecart-type; [2]Coefficient de variation

Tableau 2. Statistiques descriptives du REI (énergie résiduelle ingérée), de la MSI (Matière sèche ingérée), de l'EI (énergie ingéré), de la PL (production laitière) et du TPO (tour de poitrine) par race.

	Moyenne (sd)					
	Inefficiente		Intermédiaire		Efficiente	
Caractère	Alpine (n=526)	Saanen (n=724)	Alpine (n=879)	Saanen (n=1 317)	Alpine (n=474)	Saanen (n=907)
MSI (kg)	2,86 (0,26)	3,11 (0,15)	2,73 (0,26)	2,86 (0,16)	2,37 (0,20)	2,54 (0,21)
EI (UFL)	2,71 (0,15)	2,98 (0,16)	2,55 (0,15)	2,64 (0,11)	2,08 (0,26)	2,32 (0,21)
MSI/PL	0,95 (0,25)	1,13 (0,44)	0,79 (0,23)	0,99 (0,25)	0,83 (0,30)	0,89 (0,37)
CMSI (kg)	1,29 (0,17)	1,02 (0,22)	1,24 (0,17)	0,95 (0,09)	1,03 (0,17)	0,79 (0,19)
FMSI (kg)	1,57 (0,38)	2,08 (0,19)	1,47 (0,36)	1,89 (0,14)	1,33 (0,20)	1,74 (0,21)

Tableau 3. Statistiques descriptives de la MSI (matière sèche ingérée), de l'EI (énergie ingérée), du rapport MSI/PL, du CMSI (matière sèche ingérée du concentré) et du FMSI (matière sèche ingéré du fourrage) par groupe de REI et par race..

Race	Caractère	V_A	V_E	V_R	h^2	R
Alpine	REI	0,004 (0,001)	0,006 (0,002)	0,009 (0,001)	0,18 (0,08)	0,31 (0,08)
	PL	0,096 (0,049)	0,186 (0,044)	0,227 (0,011)	0,19 (0,09)	0,37 (0,09)
Saanen	REI	0,003 (0,001)	0,002 (0,001)	0,011 (0,0001)	0,20 (0,07)	0,13 (0,06)
	PL	0,097 (0,036)	0,185 (0,031)	0,202 (0,007)	0,20 (0,07)	0,38 (0,07)

Tableau 4. Composantes de la variance : variance génétique additive (V_A), variance environnementale permanente (V_E) et variance résiduelle (V_R), héritabilité (h^2) et répétabilité (R) pour l'énergie résiduelle ingérée (REI) et la production laitière (PL), écart-types entre parenthèses, par race

3. DISCUSSION

L'héritabilité de la production laitière journalière est autour de 0,20 dans les races Alpine et Saanen. Arnal *et al*. (2019) ont trouvé des héritabilités plus élevées : 0,27 en Alpine et 0,28 en Saanen. Les héritabilités estimées pour le REI sont légèrement plus faibles que les héritabilités de l'efficience alimentaire reportées par Desire *et al.* (2017) dans une population croisée avec les races Saanen, Alpine et Toggenburg (autour de 0,25). Dans le projet SMARTER, l'efficience alimentaire a également été étudiée chez les brebis laitières, dans des fermes commerciales. Machefert *et al*. (2022) ont trouvé une héritabilité plus faible (0,12), en brebis Lacaune, pour l'efficience alimentaire calculée à partir d'un ratio. Selon Berry and Crowley (2013), les héritabilités varient d'une étude à l'autre en fonction du modèle utilisé pour estimer l'efficience alimentaire (ratio ou régression/résiduelle) et du type d'animal étudié (animal en croissance ou adulte). Dans cette étude nous approchons l'efficience alimentaire individuelle à partir de données mesurées à l'échelle du lot pour les fourrages et pour une partie des concentrés, ce qui est très différent des études utilisant ce modèle dans la bibliographie. Notre hypothèse que chaque chèvre a une ingestion identique intra-lot est forte et conduit probablement à des erreurs de mesure. Le critère REI estimé ici reflète sûrement davantage une différence d'énergie ingérée entre chèvres plutôt que d'efficacité alimentaire. Pour améliorer cela, nous ne pouvons pas compter sur des données d'ingestion individuelles, non disponibles en fermes commerciales. Il conviendra plutôt d'adapter le modèle d'estimation de l'efficacité alimentaire en considérant notre mesure au lot comme un phénotype individuel, tel que proposé par

différents auteurs (Olson *et al*, 2006, Gao *et al*., 2021, Ma *et al*., 2021).

CONCLUSION

L'efficience alimentaire est un phénotype difficile à mesurer en ferme commerciale, du fait de la diversité des systèmes alimentaires et de la difficulté à disposer de données d'ingéré à l'échelle individuelle et précises. Nos résultats montrent que l'on peut approcher l'efficience alimentaire hors ferme expérimentale et qu'une classification sur ce critère peut être faite pour discriminer les chèvres : efficientes vs inefficientes. Cependant cette première analyse nécessite d'être améliorée pour prendre en compte la spécificité de nos données, qui sont enregistrées à l'échelle du lot. Des analyses complémentaires doivent être réalisées afin de valider ces premiers résultats, comme une approche au lot et non à la chèvre (cf Gao *et al*., 2021) ou fondée sur un sous-jeu de données contenant uniquement des quantités de concentré individuelles. De plus, une estimation des corrélations génétiques permettra d'évaluer si l'objectif de sélection actuel améliore ou dégrade l'efficacité alimentaire des chèvres.

Ce projet a été financé par le programme de recherche et d'innovation Horizon 2020 de l'Union européenne dans le cadre de la convention de subvention n° 772787 (SMARTER). Les auteurs aimeraient remercier les conseillers du Contrôle Laitier, FCEL, pour la collecte des données et les éleveurs pour leur implication dans le projet SMARTER.

Agabriel J., 2010. Alimentation des bovins, ovins et caprins - Besoins des animaux – Valeurs des aliments - Tables inra 2010. édition remaniée. Quae, France. https://www.quae.com/produit/753/9782759210114/alimentation-des-bovins-ovins-et-caprins.

Arnal M., Larroque H., Leclerc H., Ducrocq V., Robert-Granié C., 2019. Genet Sel Evol 51, 43.

Berry D.P., and Crowley J.J., 2013. J Anim Sci 91, 1594-1613.

Brito L.F., Oliveira R. H., Houlahan K., Fonseca P.A.S., Lam S et al., 2020. Can J Anim Sci 100(4), 587-604.

Desire S., Mucha S., Mrode R., Coffey M., Broadbent J., Conington J., 2017. Proc 68th EAAP, Tallin, Estonia.

Gao H., Su G., Jensen J., Madsen P., Christensen O., Ask B., et al., 2021, Genet. Sel. Evol., 53:33.

Köck A, Ledinek M, Gruber L, Steininger F, Fuerst-Waltl B,et al., 2018. J Dairy Sci 101(1), 445-455.

Ma X., Christensen O., Gao, H., Huang R., *et al*, 2021. Heredity, 126, 206-217.

Machefert C., Robert-Granié C., G. Lagriffoul, Astruc J.M, Parisot S., et al., 2022. Proc. 12th World Cong. Appl. Livest. Prod, Rotterdam, The Netherlands.

Meyer K, 2007. WOMBAT—A tool for mixed model analyses in quantitative genetics by restricted maximum likelihood (REML) Journal of Zhejiang University Science, 8, 815-821.

Olson, K.M., Garrick D.J., Enns R.M., 2006. J. Anim. Sc., 84, 88-92.

Paramètres génétiques de la vitesse de développement et du poids adulte asymptotique en bovins allaitants

Genetic parameters of growth rate and asymptotic adult weight in beef cattle

LEPERS A. (1), AGUERRE S. (1), PROMP J. (1), TAUSSAT S. (2), VINET A. (3), MARTIN P. (3), PHILIBERT A. (4), LARAMEE A. (4), GRIFFON L. (4)
(1) IDELE, UMR1313 génétique animale et biologie intégrative, F-78352 Jouy en Josas Cedex
(2) ELIANCE, UMR1313 génétique animale et biologie intégrative, F-78352 Jouy en Josas Cedex
(3) INRAE, UMR1313 génétique animale et biologie intégrative, F-78352 Jouy en Josas Cedex
(4) IDELE, Maison Nationale des Eleveurs, 75012 Paris

INTRODUCTION

En élevage bovins allaitants, la productivité finale des animaux dépend de leur capacité à produire de la viande, la leur ou celle de leurs veaux. Une manière de maximiser cette productivité tout en limitant l'impact environnemental serait de sélectionner les animaux se développant et se reproduisant le plus rapidement. Dans cette étude, nous cherchons à caractériser le déterminisme génétique de caractères liés à la précocité de développement tels que le poids adulte et la vitesse de développement des femelles allaitantes estimés par l'équation de Brody.

1. MATERIEL ET METHODES

Depuis plusieurs années, les déclarations des éleveurs et le contrôle de performance permettent de collecter des poids allant de la naissance au post-sevrage et ce dans différentes races allaitantes telles que la Charolaise, la Limousine, la Blonde d'Aquitaine, la Parthenaise et l'Aubrac. A partir de ces pesées et du poids d'abattage estimés à partir des poids de carcasse provenant de NORMABEV, des courbes de croissance moyenne par race ont pu être estimées grâce à l'équation de Brody (Brody S., 1945), qui est la suivante :

$$Poids\ (t) = PA - (PA\ - Poids_{naissance})e^{-\alpha t}$$

Des courbes individuelles ont aussi été calculées pour les femelles ayant plus de 4 pesées à des temps (t) dont au moins une à plus de 4 ans. Ces courbes ont ainsi permis d'estimer les phénotypes de poids adulte asymptotique (PA) et de vitesse de développement (α). Afin de calculer les paramètres génétiques de ces deux caractères un modèle animal bivarié a été utilisé avec différents effets fixes concernant la naissance ainsi que l'abattage.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

2.1. DIFFERENTES PRECOCITES DE DEVELOPPEMENT

Les 5 races étudiées présentent des courbes de croissance légèrement différentes en termes de précocité (Figure 1). La race Aubrac est la plus précoce d'entre elles avec une vitesse de développement de 0,0016, ce qui correspond à près de 56% de son poids adulte atteint à 15 mois. La Charolaise et la Limousine, ont quant à elles, des vitesses de développement similaires malgré un poids adulte plus élevé pour la Charolaise. Pour finir, la Blonde d'Aquitaine et la Parthenaise sont moins précoces, en particulier la Parthenaise n'atteignant que 44% de son poids adulte à 15 mois.

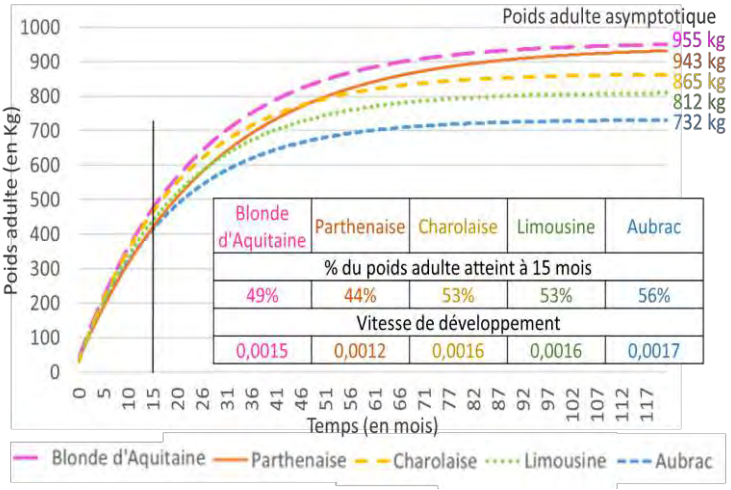


Figure 1. Courbes de croissance moyenne des femelles nées entre 2009 et 2015 des 5 races étudiées

2.2. DES CARACTERES CORRELES NEGATIVEMENT

Les calculs des paramètres génétiques (exceptée pour l'Aubrac) ont permis de mettre en évidence des résultats très similaires entre races (tableau 1). En effet les héritabilités sont proches de 0,41 pour le poids adulte asymptotique et de 0,24 pour la vitesse de développement. Entre ces 2 caractères, les corrélations sont élevées avec une corrélation génétique moyenne de -0,64 et une corrélation phénotypique moyenne de -0,67. Ces résultats coïncident avec ceux d'une étude menée en station Charolaise (Vinet et al., 2005). En plus de ce modèle, différents modèles bivariés ont été effectués entre l'un de ces 2 caractères et des caractères de croissance en race Charolaise. De ces différents modèles ressort notamment une corrélation génétique proche de 0 entre la vitesse de développement et le poids de naissance ainsi qu'une corrélation de 0,25 avec le poids à âge type 24 mois.

CONCLUSION

Cette étude montre une variabilité importante de la précocité de développement entre les races et confirme que les animaux avec un fort poids adulte ont une vitesse de développement moindre. Les phénotypes étudiés ont des héritabilités ainsi que des écart-types génétiques relativement élevés ce qui permet d'envisager une sélection sur ces caractères. Néanmoins des analyses complémentaires doivent être réalisées afin d'approfondir le sujet.

Brody S., 1945. Bioenergetics and Growth. Reinhold Publishing Corporation, New York.
Vinet A. et al, 2005. Renc. Rech. Ruminants, 2005, 12, 293-296

Race	Effectifs	h² PA	σ PA	h² α	σ α	Corrélation génétique	Corrélation phénotypique
Charolaise	27 341	0,41 ± 0,02	51,8 Kg	0,25 ± 0,02	0,14 × 10^{-3}	-0,65 ± 0,03	-0,69 ± 0,004
Limousine	56 142	0,39 ± 0,01	44,6 Kg	0,24 ± 0,01	0,13 × 10^{-3}	-0,64 ± 0,02	-0,65 ± 0,003
Blonde d'Aquitaine	21 529	0,39 ± 0,02	56,7 Kg	0,22 ± 0,02	0,12 × 10^{-3}	-0,62 ± 0,04	-0,67 ± 0,005
Parthenaise	16 275	0,43 ± 0,03	58,9 Kg	0,23 ± 0,02	0,11 × 10^{-3}	-0,64 ± 0,03	-0,67 ± 0,006

Tableau 1. Paramètres génétiques du poids adulte asymptotique (PA) et de la vitesse de développement (α) en modèle animal bivarié (h²=héritabilité, σ = écart-type génétique)

Précocité sexuelle des génisses charolaises
Sexual precocity of Charolais heifers

TAUSSAT S. (1,2), VINET A. (2), MAUPETIT D. (3), DOZIAS D. (4), CHANTELOUP L. (4), RENAND G. (2), MARTIN P. (2)
(1) Eliance, 149 rue de Bercy, 75012, Paris, France
(2) Université Paris-Saclay, INRAE, AgroParisTech, GABI, Domaine de Vilvert, 78350, Jouy-en-Josas, France
(3) UE0332 Domaine Expérimental Bourges-La Sapinière, INRAE, La Sapinière, 18390, Osmoy, France
(4) UE0326 Domaine Expérimental du Pin-au-Haras, INRAE, Le Pin-au-Haras, 61310, Exmes, France

INTRODUCTION

Réduire les périodes improductives des bovins allaitants permettrait d'améliorer la rentabilité des élevages ainsi que de diminuer leur empreinte environnementale. Une composante clé pour réduire la période improductive dans la vie juvénile des animaux, et notamment celle des génisses, est d'améliorer la précocité sexuelle car elle permet de réaliser des accouplements plus tôt et ainsi obtenir des vêlages précoces. L'objectif de cette étude est d'améliorer la compréhension de ce caractère au travers d'une expérimentation menée avec des génisses Charolaises de race pure, pour estimer les relations génétiques et environnementales avec plusieurs performances mesurées avant et après le sevrage.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1 DONNÉES

633 génisses Charolaises nées entre 2011 et 2015 dans deux fermes expérimentales INRAE (305 à Bourges-La Sapinière et 328 au Pin-au-Haras) ont été contrôlées de la naissance jusqu'à la fin de leur carrière. Deux saisons de naissance ont été définies : hiver (d'octobre à janvier) et printemps (de février à mai). Toutes les femelles ont été pesées à la naissance (PN) puis mensuellement permettant de calculer leur poids au sevrage (PS), leur poids à 18 mois (P18) ainsi que les gains moyens quotidiens entre la naissance et le sevrage (GMQS) et entre le sevrage et 18 mois (GMQ18). Des prélèvements de sang ont été réalisés tous les 10 jours entre le sevrage et 22 mois d'âge des génisses et la concentration en progestérone a été déterminée par dosage radio-immunologique pour définir le moment de la puberté. Ce caractère a ensuite été transformé en classe d'âge (en mois) à la puberté (CP), allant de 13 (en chaleur à 13 mois) à 22 (en chaleur à 22 mois ou plus).

1.2 ANALYSES STATISTIQUES

Pour représenter l'effet de la saison de naissance sur la CP, des courbes cumulatives ont été tracées à l'aide du logiciel R (version 3.5.0) avec le package GGPLOT2. Des estimations de paramètres génétiques ont également été réalisées, avec le logiciel WOMBAT (Meyer, 2007), en utilisant un modèle animal Single-Step incluant le groupe de contemporaines combinant la ferme, l'année et la saison de naissance (18 groupes), la gémellité et l'âge de la mère au vêlage (classes de 3, 4, 5, 6, 7 et 8 ans et plus) en effet fixe pour tous les caractères, l'âge au sevrage en covariable pour le PS et le GMQ18, et l'effet aléatoire de la mère (432 animaux) pour le PN, le PS et le GMQS.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

La moyenne de la CP est de 17,6 mois (± 2,3), montrant que la puberté des génisses de cette expérimentation est apparue tardivement par rapport à d'autres études réalisées dans la même race (Mialon *et al.*, 1999; Phocas et Sapa, 2004) : 15 % des génisses en chaleur à 15 mois dans notre étude contre environ 60 % dans les deux études citées. Une explication de cet âge tardif se trouve dans la saison de naissance car un effet très important a été observé, avec des génisses nées au printemps qui sont plus précoces : moyenne de 17,0 (± 2,4) pour le printemps contre 18,5 (± 1,9) pour l'hiver. Par conséquent, 80 % des femelles nées au printemps sont en œstrus à 18 mois, qui correspond à l'âge moyen de puberté des génisses nées en hiver (figure 1). L'héritabilité du CP est modérée (0,19 ± 0,08) (tableau 1). Génétiquement ce caractère est corrélé positivement au PN (0,37 ± 0,21), c'est-à-dire que les veaux avec des PN élevés atteignent la puberté plus tardivement. Aucune corrélation génétique n'a été mise en évidence entre le CP et les autres caractères. Les corrélations environnementales entre caractères de croissance et CP sont négatives, montrant que les effets d'environnement améliorant la croissance des animaux permettent également de réduire l'âge à la puberté.

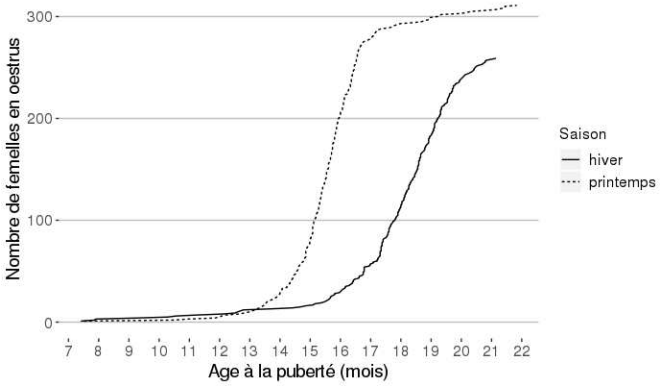


Figure 1 : Courbes cumulatives de l'apparition des chaleurs en fonction de la saison de naissance

CONCLUSION

Cette étude a mis en évidence que la précocité sexuelle des femelles charolaises est influencée à la fois par les conditions environnementales et par la génétique. Une sélection génétique pour la précocité sexuelle combinée à des conditions environnementales favorables peut aider à diminuer l'âge de la puberté et donc contribuer à réduire la vie improductive des femelles.

Meyer, K. 2007. Journal of Zhejiang University-Science B. 8, 815-821.
Mialon, M. *et al.* 1999. Annales de zootechnie 48 (6), 413-26.
Phocas, F., Sapa, J. 2004. Animal Science 79 (1): 41-48.

	CP	PN	GMQS	PS	GMQ18	P18
CP	**0,19 (0,08)**	0,37 (0,21)	-0,07 (0,30)	0,05 (0,32)	-0,13 (0,27)	-0,04 (0,25)
PN	-0,25 (0,14)	**0,55 (0,10)**	0,22 (0,19)	0,48 (0,16)	0,18 (0,18)	0,40 (0,14)
GMQS	-0,55 (0,07)	0,10 (0,16)	**0,26 (0,09)**	0,93 (0,03)	0,44 (0,21)	0,85 (0,07)
PS	-0,54 (0,07)	0,26 (0,15)	0,97 (0,01)	**0,24 (0,09)**	0,43 (0,22)	0,86 (0,07)
GMQ18	-0,25 (0,07)	0,09 (0,13)	0,03 (0,10)	0,03 (0,10)	**0,26 (0,08)**	0,82 (0,08)
P18	-0,55 (0,07)	0,29 (0,13)	0,75 (0,04)	0,75 (0,04)	0,65 (0,05)	**0,40 (0,10)**

Tableau 1. Paramètres génétiques estimés (héritabilités sur la diagonale en gras, corrélations génétiques au-dessus, écart-types d'erreur entre parenthèses, corrélations environnementales en-dessous).

PRESAGE : vers un observatoire des anomalies génétiques en petits ruminants
PRESAGE: towards an observatory of small ruminant genetic disorders

BUISSON D. (1), BOUFFARTIGUE B. (2), COUZY C. (1), MARTIN P. (3), CORBIERE F. (4), PALHIERE I. (5), RAOUL J. (1), MORENO C. (5), FABRE S. (5)
(1) Institut de l'élevage, 149 rue de Bercy, 75595 Paris Cedex 12
(2) Races de France, 149 rue de Bercy, 75595 Paris Cedex 12
(3) CAPGENES, Agropole, 2135 route de Chauvigny, 86550 Mignaloux-Beauvoir
(4) IHAP, Université de Toulouse, INRAE, ENVT, 31076 Toulouse
(5) GenPhySE, Université de Toulouse, INRAE, INPT, ENVT, 31326 Castanet-Tolosan

CONTEXTE DU PROJET

Ces dernières années, les trois filières de petits ruminants (PR) ont rapporté l'émergence d'un certain nombre d'anomalies pouvant être à l'origine de troubles du développement ou de maladies et avoir un impact direct sur la santé et le bien-être des animaux, voire conduire à leur mort. Dans un contexte de développement des outils génomiques et afin de répondre aux exigences de santé et bien-être animal, d'image de la filière et de résultats économiques de l'éleveur, les responsables professionnels des trois filières ont affirmé la nécessité et leur volonté de développer un observatoire des anomalies génétiques en PR. Le projet CASDAR PRESAGE (2021-2024) vise à préparer la création de cet observatoire afin de les détecter précocement, de systématiser leur déclaration, de découvrir les mutations causales, de les quantifier dans les populations de PR et de fournir des outils pour leur gestion.

1. OBJECTIFS ET DEROULEMENT DU PROJET

La réussite et la pérennité de l'observatoire des anomalies en PR nécessitent de réfléchir en amont à son organisation (structurelle, financière, pratique, …), de développer les outils nécessaires à son fonctionnement, et de bien communiquer auprès des différents acteurs. Pour répondre à ces enjeux, PRÉSAGE s'articule autour de 5 actions (figure 1) visant à :

- **Action 1** : assurer la coordination du projet, communiquer et sensibiliser les différents acteurs à travers la mise en place d'un site internet et de supports de communication ;
- **Action 2** : réfléchir avec les différents acteurs à l'organisation à mettre en place (périmètre, gouvernance, financements, acteurs, …) en vue de rédiger la charte de fonctionnement du futur observatoire ;
- **Action 3** : préparer les circuits de remontée des anomalies observées sur le terrain, avec notamment le développement d'une application mobile ;
- **Action 4** : proposer des protocoles de validation et d'analyse des anomalies génétiques en s'appuyant sur l'étude du déterminisme génétique des cas remontés, sur l'étude des réarrangements chromosomiques, et sur les travaux de génétique inverse ;
- **Action 5** : proposer des stratégies et des outils pour une gestion des anomalies adaptée aux différentes situations (nature de l'anomalie, prévalence, impact économique…).



Figure 1. Axes du projet

Ce projet associe Idele, INRAE, Races de France, les OS Mouton Vendéen, ROM-Sélection, UPRA Lacaune, CDEO et CAPGENES, ainsi que les UMT « Génétique pour un élevage durable des PR » et « Pilotage de la Santé des Ruminants ». L'Observatoire National des Anomalies Bovines (ONAB) et les Groupements Techniques Vétérinaires participent également aux réflexions menées.

2. PREMIERS RESULTATS ET SUITES ATTENDUES

Communication. Les anomalies étant un sujet sensible, des dessins ont été réalisés par le dessinateur Cled'12 pour faciliter la communication, et éviter d'utiliser des photos d'anomalies ou de mettre en lumière une race en particulier.

Organisation. Les anomalies référencées ou rencontrées sur le terrain ont été recensées et une synthèse de l'organisation des dispositifs existants (en bovins, équins, porcins, canins) a été réalisée. Ces travaux ont permis d'alimenter les réflexions des 1ers focus groupes qui ont abouti à l'identification des missions du futur observatoire PR. D'autres focus groupes sont prévus pour approfondir la réflexion et apporter les éléments nécessaires à la rédaction d'une charte.

Remontée des anomalies. La fiche de déclaration des anomalies mise en place par l'ONAB a été reprise et adaptée aux PR. Une application mobile reprenant ce questionnaire a été développée et va désormais être déployée pour une phase de test terrain par les différents partenaires.

Analyse génétique. Les travaux de génétique inverse en ovins laitiers ont permis d'identifier 13 zones du génome en lien soit avec de la mortalité embryonnaire ou du jeune animal, soit avec des défauts de cornage ou de couleur dans les races Lacaune ou Manech Tête Rousse (Ben Braiek *et al*, 2021, 2022b). Parmi ces zones, une mutation létale a été identifiée dans le gène *CCDC65* causant une anomalie respiratoire chez l'agneau (Ben Braiek *et al.,* 2022a). D'autres anomalies sont actuellement à l'étude dans les deux autres filières de PR.

Gestion. Suite à une première approche bibliographique, l'impact de différentes méthodes de gestion des anomalies appliquées à un schéma PR a été modélisé (Raoul *et al.*, 2022). Ces travaux vont être poursuivis en vue de proposer des stratégies de gestion adaptées aux objectifs des OS. En parallèle, on cherchera à intégrer la prise en compte des mutations dans une méthode de type « Optimal Contribution Selection » (utilisation optimisée des reproducteurs au regard du progrès génétique et de la diversité génétique).

Les contributions des auteurs à cette production ont bénéficié du soutien financier du Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation (CASDAR No.20ART1532777)

Ben Braiek *et al.*, 2021. Genetic Selection Evolution, 53(1):41
Ben Braiek *et al.*, 2022a. Genes (Basel), 13(1): 45
Ben Braiek *et al.*, 2022b. WCGALP 2022, Rotterdam
Raoul *et al.*, 2022. WCGALP, Rotterdam

L'élevage et la valorisation des jeunes animaux

Aptitudes à l'engraissement d'animaux précoces avec des fourrages herbagers et des concentrés issus de sous-produits de l'industrie agroalimentaire

SEPCHAT B. (1), FAURE P. (1), DIMON P. (2)
1) INRAE, Herbipôle, 63122, Saint-Genès-Champanelle, France
(2) Institut de l'Elevage, Maison régionale de l'agriculture, Bd des Arcades, 87060 Limoges cedex 2

RESUME

L'évolution du contexte socio-économique et les débats sur les impacts environnementaux de l'élevage renforcent les enjeux autour de la recherche de systèmes d'élevage de ruminants économes. La question de la capacité à engraisser des animaux à partir de ressources herbagères non concurrentes de l'homme, avec un minimum de concentrés, apparaît ainsi centrale. C'est encore plus vrai en zone de montagne où l'herbe est la première, voire la seule ressource disponible.

Dans ce contexte, nous avons mis en place un essai visant à apporter des réponses à ces enjeux en utilisant la race Angus connue pour sa précocité d'engraissement et sa capacité à valoriser les ressources herbagères (Keane et *al*., 2008).

L'essai a permis de tester les performances d'engraissement de 3 lots de 12 taurillons (12 Angus x Salers (AS), 12 Charolais x Salers (CS), 12 Salers (S)), sur 2 années consécutives, soit 72 animaux au total. Les 3 lots ont reçu le même régime composé d'un mélange d'enrubannage et d'ensilage d'herbe (65% MS de la ration), fourrages peu explorés jusqu'à présent pour ce type de production et complété avec des sous-produits de l'industrie agro-alimentaire (drèches de blé et pulpe de betterave, 25% MS). Un enregistrement quotidien des quantités ingérées individuelles a été réalisé. La décision d'abattage se faisait au regard de la note d'état d'engraissement. Les animaux ont été pesés tous les 15 jours pour le calcul des croissances. Des mesures de l'état d'engraissement par palpation (NEC), des biopsies du tissu sous cutané caudal et des échographies du tissu adipeux sous cutané ont été réalisées en début, milieu et fin d'engraissement. La marge brute et le prix de revient des animaux engraissés ont été calculés.

L'ingestion des lots AS a été supérieure : 1,9 kg MSI/100kg PV/j vs 1,6 et 1,7 pour les lots CS et S. Sur toute la durée d'engraissement le lot AS a ingéré 400 kg de MS en moins car ils ont été abattus plus tôt. Le lot AS a été plus efficace avec 165 g de croît/kg MSI vs 150 g pour les autres lots. Ainsi, ce lot a réalisé un GMQ de 1490 g, supérieur de180 g/j et de 142 g/j par rapport à S et CS. La durée d'engraissement des taurillons du lot AS a été de 222 jours, 41 jours et 58 jours de moins que CS et S. Les dépôts adipeux ont été déposés plus précocement par les lots AS, ainsi dès le milieu de l'engraissement des différences significatives apparaissent avec les 2 autres lots pour les quantités de lipides fixés avec 14kg/100 kg PV vs 13,7 pour CS et 12,9 pour S (Figure 2). Avec les conditions actuelles de mise en marché et les contraintes expérimentales, les trois itinéraires techniques étudiés conduisent à une marge brute négative. Le lot AS reste cependant le plus rentable du fait d'une durée d'engraissement plus courte (et donc des charges d'alimentation et de litière inférieures) et d'un prix d'achat des broutards plus faible (lié à un poids vif initial inférieur). Un prix de vente (en €/kg de carcasse) de respectivement 3,18, 3,34 et 3,60 des taurillons des lots AS, S et CS permet d'équilibrer la marge nette (tenant compte de la main d'œuvre).

Les résultats illustrent la bonne valorisation des fourrages herbagers et la précocité d'engraissement des Angus x Salers par rapport aux deux autres types génétiques. Ces animaux permettent d'obtenir des carcasses plus légères (360 kg) avec un bon état d'engraissement (NEC de 3,5) en réduisant la durée d'engraissement. Une juste valorisation du prix de vente, dans une logique de contractualisation, reste toutefois nécessaire pour préserver l'intérêt économique.

Study of fattening skills of early animals with grassland fodder and concentrates from by-products of the food industry

SEPCHAT B. (1), FAURE P. (1), DIMON P. (2)
1) INRAE, Herbipôle, 63122, Saint-Genès-Champanelle, France
(2) Institut de l'Elevage, Maison Régionale de l'Agriculture, Bd des Arcades, 87 060 Limoges cedex 2

SUMMARY

Changes in the socio-economic context and debates on the environmental impact of livestock farming are raising the stakes for economical ruminant farming systems. The question of the capacity to fatten animals from grassland resources that do not compete with humans, with a minimum of concentrates, appears to be central. This is even more true in mountain areas where grass is the primary, or even the only, available resource.

In this context, we set up a trial aimed at providing answers to these issues by using the Angus breed, known for its early fattening and its ability to make the most of grassland resources.

The trial tested the fattening performance of three batches of 12 bulls (12 Angus x Salers (AS), 12 Charolais x Salers (CS), 12 pure Salers (S)), over two consecutive years, i.e. 72 animals in total. The three batches were fed the same diet, 65% of which was a mixture of grass silage and silage, forages that have been little explored until now for this type of production, supplemented with by-products from the agri-food industry (wheat draff and beet pulp). Individual daily records of feed intake were made. The animals were weighed every 15 days to calculate growth rates. Measurements of fat cover by NEC, biopsies of caudal subcutaneous tissue and ultrasound scans of subcutaneous adipose tissue were performed regularly. An economic evaluation was made by calculating the gross margin and the cost price of the fattened animals.

The feed intake of the AS lots was higher: 1.9 kg MSI/100 kg PV/d vs 1.6 and 1.7 for the CS and S lots. Over the entire fattening period, the AS batch ingested 400 kg less dry matter because they were slaughtered earlier. The AS batch was more efficient with 165g of growth/kg MSI vs 150g for the other batches. The AS batch achieved a GMQ of 1490 g, 180 g/d and 142 g/d higher than S and CS. The fattening duration of the AS batch was 222 days, 41 days and 58 days shorter than CS and S. Fat deposits were deposited earlier by the AS lots, so from the middle of fattening there were significant differences with the other lots for the quantities of lipids fixed with 14kg/100 kg PV vs. 13.7 for CS and 12.9 for S. With the current marketing conditions and the experimental constraints, the three technical itineraries studied lead to a negative gross margin. The AS batch is the most profitable due to a shorter fattening period (and therefore lower feed and bedding costs) and a lower purchase price for the grazers (linked to a lower initial live weight). A selling price (in €/kg of carcass) of 3.18, 3.34 and 3.60 respectively for the bulls of the AS, S and CS lots allows the net margin (taking into account labour) to be balanced.
The results clearly illustrate the good use of grass forage and the early fattening of Angus x Salers compared to the other two genetic types. These animals make it possible to obtain lighter carcasses (360 kg) with a good fattening condition (NEC of 3.5) by reducing the fattening period. A fair valuation of the selling price, within a contractualization logic, is necessary to preserve the economic interest.

INTRODUCTION

L'évolution du contexte socio-économique (tensions sur les marchés, volatilité du coût des matières premières), les débats sur les impacts environnementaux de l'élevage et sur la compétition alimentaire entre l'élevage et les besoins humains, la demande des consommateurs pour des systèmes d'élevage plus naturels renforcent les enjeux autour des systèmes d'élevage de ruminants herbagers peu consommateurs d'intrants (Dumont et *al.,* 2008) autonomes et plus efficients, de préserver l'environnement à travers des systèmes écologiquement intensifs combinant une productivité animale élevée avec une utilisation importante de l'herbe via le pâturage et l'utilisation de fourrages herbagers (Ex : foin ou enrubannage). Actuellement, la viande bovine produite à partir d'animaux nourris avec des rations à base d'herbe est essentiellement issue d'animaux âgés (30 mois) et les éleveurs hésitent à capitaliser si longtemps avec les risques associés (incertitude du marché, aléas climatiques etc.…). Il convient donc de rechercher de nouveaux itinéraires de production visant à fournir au marché des carcasses plus légères issues d'animaux plus jeunes (< 2ans) ayant un état d'engraissement satisfaisant. A ce titre, les animaux croisés pourraient apporter les caractéristiques de précocité recherchées. Ainsi les travaux réalisés à l'Agroscope de Posieux (Chassot, 2008), ont montré que la race Angus semble mieux adaptée à la valorisation de l'herbe et à une finition moins intensive pour l'obtention de carcasses finies. Ces carcasses sont plus légères que celles actuellement mises en marché mais devront répondre aux exigences des acteurs de la filière. Ces itinéraires visent à optimiser la rentabilité d'une finition en zone herbagère dans des situations variées où l'ensilage de maïs n'est pas réalisable, en abaissant les coûts de production et notamment les coûts d'alimentation. Les animaux sont nés et engraissés sur l'exploitation avec les ressources produites au maximum sur la ferme et ne rentrant pas en concurrence avec l'alimentation humaine.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. DISPOSITIF EXPERIMENTAL

L'expérimentation s'est déroulée sur 2 années entre octobre 2019 et juillet 2021 à l'unité expérimentale Herbipôle (63). Elle impliquait 2 séries de 36 broutards de 3 types génétiques soit 72 animaux (24 Angus X Salers (AS), 24 Charolais X Salers (CS) et 24 Salers (S)). Les veaux provenant d'Herbipôle pour AS, du lycée agricole d'Aurillac pour S et de deux fermes commerciales pour CS étaient nés en janvier/ février et sevrés à 9 mois à un poids moyen de 360±33 kg. Ils n'avaient pas reçu de complémentation avant sevrage.
Les veaux sont arrivés en station le jour du sevrage, ils ont été répartis en 3 lots en fonction de leur type génétique. Ils étaient logés en stabulation libre sur plaquettes de bois avec des auges Biocontrol pour mesurer 24h/24 les quantités ingérées individuelles.
La période d'adaptation a duré 4 semaines au cours de laquelle la ration d'engraissement est passée de 25 à 100% de la MS totale ingérée. Tous les animaux ont reçu le même régime (Tableau 1), composé pour 51 % d'enrubannage d'herbe (ERH) et pour 14% d'ensilage d'herbe (ESH), ces deux fourrages provenaient de prairies permanentes de semi-montagne, 1ère coupe récoltés par beau temps au stade début épiaison. Ce régime était complété par des sous-produits de l'industrie agroalimentaire constitués pour 23% de pulpe de betterave déshydratée et pour 12% de drèches de blé. La ration mélangée était distribuée une fois/jour le matin.
A la fin de la période d'engraissement, les taurillons ont été abattus à l'abattoir expérimental INRAE de Clermont-Ferrand/Theix, la date d'abattage était fixée de telle sorte que les lots aient la même note d'état corporel avant abattage avec un objectif de 3,5. L'âge des animaux a alors varié de 15 à 18 mois.

	ERH 2020	ESH 2020	ERH 2021	ESH 2021	Ration 2020	Ration 2021
MS (%)	36,0	24,7	48,0	39,0	45,2	47,0
MM (g/kg MS)	86	116	57	114	109	118
MAT (g/kg MS)	174	152	120	152	154	164
NDF (g/kg MS)	467	510	520	516	487	483
ADF (g/kg MS)	232	249	272	268	258	261
dCS (%)	76,7	73,9	68,9	64,9	74,9	75,3
UEB (/kg MS)	1,05	1,11	1,09	1,11	0,92	0,92
UFV (/kg MS)	0,94	0,88	0,83	0,80	0,88	0,84
PDI (g/kg MS)	82	71	76	70	89	87
dMO (%)	75,9	73,6	69,9	74,4	74,3	74,6

Tableau 1. Valeurs des fourrages et des rations (Fourrage + concentré) distribuées
ERH=enrubannage d'herbe, ESH=ensilage d'herbe, Ration=fourrage+concentré

1.2. MESURES EXPERIMENTALES

Pendant toute la durée de l'expérimentation, les animaux ont été pesés tous les quinze jours. Les quantités quotidiennes de fourrage et de concentré distribuées ont été mesurés individuellement.
L'état d'engraissement des animaux a été mesuré par une note d'état corporel (NEC) (Agabriel et *al.*, 1986) attribuée tous les 15 jours par deux notateurs indépendants. Le diamètre des adipocytes du tissu adipeux caudal (Robelin et Agabriel, 1986) a été mesuré à la mise en lot (début d'engraissement), au milieu d'engraissement, et à l'abattage.
A l'abattoir, les organes et viscères ont été pesés ainsi que les différents gras séparables. Les rendements carcasse ont été calculés. La dissection de la 6ème côte a permis d'estimer la composition de la carcasse (muscle, os, tissus adipeux, (Robelin et Geay, 1975)).

1.3. EVALUATION ECONOMIQUE

Le calcul de la marge brute sur coût alimentaire a été réalisé en prenant les hypothèses de prix issues des conditions de l'expérimentation. Le prix d'achat des broutards, a été de 2,00 €/kg vif pour les AS, 2,10 €/kg vif pour les S et 2,50 €/kg vif pour les CS. Le prix de vente des animaux a été de 3,00 €/kg de carcasse pour les AS et les S et de 3,10 €/kg de carcasse pour les CS du fait d'un meilleur classement carcasse. Le coût de production estimé pour l'enrubannage d'herbe a été de 120 €/t MS, celui de l'ensilage d'herbe de 110€/t MS (Idele, 2021). Les prix d'achat des concentrés utilisés sont de 270 €/ t MS pour la pulpe de betterave déshydratée, 340 €/t MS pour les drèches de blé. Les coûts vétérinaires ont été estimés identiques entre les 3 lots et fixés à 27 euros/têtes. Le taux de mortalité a été estimé à 2,25%.

Le calcul du prix de revient des animaux (correspondant au prix de vente pour une compensation de l'ensemble des coûts de production des animaux) a été effectué en prenant en compte l'ensemble des charges opérationnelles précédemment citées, auxquelles a été rajoutée la rémunération de la main d'œuvre, à hauteur de 1,5 SMIC pour un temps de travail de 2h45 par mois et par animal.

Enfin, une estimation du besoin en surface nécessaire pour produire ce type d'animaux s'est basée sur un rendement moyen de 5,0 t MS/ha pour l'enrubannage d'herbe et de 4,0 t MS/ha pour l'ensilage d'herbe.

1.4. ANALYSES STATISTIQUES

Les données ont été traitées statistiquement sous SAS. L'objectif était de comparer les moyennes de différentes variables de performance des 3 lots. Des analyses de variances (ANOVA) ont donc été effectuées (Proc Mixed). L'ensemble des variables testées sont quantitatives. La variable année d'expérimentation a été introduite comme facteur aléatoire, le facteur fixe étant toujours les lots.

RESULTATS

2.1. INGESTION

La quantité de MS ingérée par jour pour 100 kg de PV est supérieure pour les AS par rapport aux deux autres lots. Cependant, au total, du fait des différences de durée d'engraissement, les lots S et CS ont respectivement ingéré 422 kg et 390 kg de MS de plus que le lot AS, ce qui en énergie ingérée représente 371 et 343 UFV de plus. (Tableau 2).

	AS	CS	S
MSI totale (kg MS)	1750^{a}	2140^{b}	2172^{b}
MSI fourrage (kg MS)	1137^{a}	1391^{b}	1412^{b}
MSI concentré (kg MS)	613^{a}	749^{b}	760^{b}
UFV totales ingérées	1540^{a}	1883^{b}	1911^{b}
MSI (kg/100kg PV)	1,9^{a}	1,6^{b}	1,7^{b}

Tableau 2. Quantités ingérées mesurées sur toute la durée d'engraissement

Sur une même ligne, deux moyennes indicées par des lettres différentes (a, b et c) sont significativement différentes au seuil α = 5 %.

2.2. CROISSANCE ET EVOLUTION DE L'ETAT CORPOREL

Avec une croissance de 1,490 kg/j, le lot AS présente un GMQ significativement plus élevé de 145 g/j par rapport au CS et de 190 g/j par rapport au lot S. Après la période d'adaptation le lot AS a eu une croissance linéaire jusqu'à l'abattage, la croissance des lots CS et S a chuté pendant la phase de finition (Tableau 3). Malgré un GMQ plus faible, le lot CS a eu un poids supérieur aux 2 autres lots tout au long de l'engraissement lié à un poids supérieur au sevrage/ par rapport à AS et S et à une durée d'engraissement plus longue par rapport à CS. En effet, les animaux du lot CS ont été engraissés 49 jours de plus que ceux du lot AS, 59 jours de plus que ceux de S (Tableau3).

Lots	AS	CS	S
Poids naissance	42^{a}	50^{b}	44^{a}
Poids début engrais	332^{a}	400^{b}	352^{c}
Poids fin d'engrais	614^{a}	716^{b}	678^{c}
Croissance adaptation	1,240^{a}	1,240^{a}	1,020^{b}
Croissance engraissement	1,500^{a}	1,424^{a}	1,370^{b}
Croissance finition (30 derniers jours)	1,470^{a}	1,190^{b}	1,130^{b}
Croissance J0 à abattage	1,490^{a}	1,345^{b}	1,300^{b}
Durée d'engraissement	190^{a}	239^{b}	249^{b}

Tableau 3. Poids et GMQ moyen (en kg et kg/j) aux différentes phases de l'engraissement et durée d'engraissement (en j)

Sur une même ligne, deux moyennes indicées par des lettres différentes (a, b et c) sont significativement différentes au seuil α = 5 %.

Avec respectivement une NEC de 3,2 et 3,1 les lots S et CS n'ont pas atteint l'objectif de NEC à l'abattage (3,5). Pour ces deux lots la prise d'état n'a pas été significative entre début de finition et abattage (Figure 1).

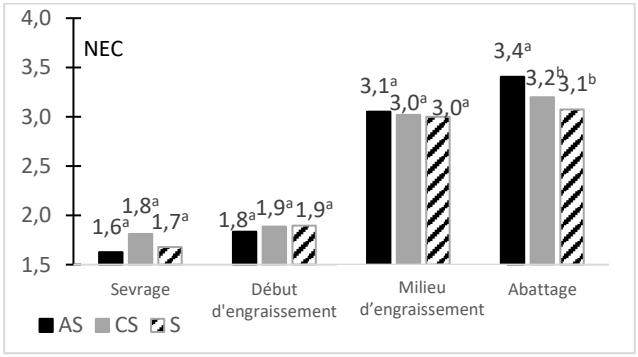


Figure 1. Evolution de la NEC du sevrage à l'abattage, (moyenne/lot)

Deux moyennes indicées par des lettres différentes (a, b et c) sont significativement différentes au seuil α = 5 %.

2.3. EFFICACITE ALIMENTAIRE

Le lot AS a été significativement plus efficace que les autres lots en gain de poids par kg de MSI (+15 g /CS et +13 g /S).

Le lot CS est plus efficace que les autres lots en g de protéines déposées par UFV ingérée (39,7 g *vs* 33,7 g pour CS et 29,4 g pour S) (Tableau 4).

Efficacité alimentaire	AS	CS	S
g gain poids/kg MSI	165^{a}	150^{b}	152^{b}
g gain poids/UFV ingérée	183^{a}	168^{b}	171^{b}
g de protéines fixées/UFV ingérée	33,7^{b}	39,7^{a}	29,4^{b}

Tableau 4. Efficacité alimentaire sur toute la durée d'engraissement

Sur une même ligne, deux moyennes indicées par des lettres différentes (a, b et c) sont significativement différentes au seuil α = 5 %

2.4. COMPOSITION CORPORELLE ET DEPOTS

Avec un objectif d'abattage à une NEC proche de 3,5, les AS ont été abattus 49 j avant les CS et 69 j avant les S. Au début de la période d'engraissement, la taille des adipocytes est significativement plus élevée chez les CS par rapport aux AS (+5,8 µm) et S (+3,3 µm), puis, la tendance s'inverse dès le milieu d'engraissement (à environ 393 j d'âge) où la taille des adipocytes devient plus élevée pour les AS par rapport aux deux autres lots (+6 µm/CS et +9 µm/S). Le contenu du tube digestif (CD) est significativement plus élevé pour le lot AS par rapport aux deux autres lots. La répartition des dépôts adipeux dans la carcasse varie entre les lots (Tableau 5). En effet, la teneur en dépôts adipeux de 5ème quartier (DA5Q) est significativement plus élevée chez les AS et les S (3,6 ET 3,1 kg/100 kg PVV) par rapport aux CS (2,9 kg/100 kg PVV). En ce qui concerne les dépôts adipeux carcasse (DACA), aucune différence entre les 3 lots n'a été observée.

Lots	AS	CS	S
Age à l'abattage (j)	477[a]	521[b]	542[c]
Classement abattage	R+	U-	R+
Poids vif vide (kg)	543[a]	638[b]	594[c]
Poids carcasse (kg)	360[a]	436[b]	399[c]
Rendement commercial	57,7[a]	60,3[b]	59,2[c]
CD ((kg/100kg PVV)	11,4[a]	10[b]	10,1[b]
DA5Q (kg/100kg PVV)	3,6[a]	2,9[b]	3.1[ab]
DACA/100 kg PVV	10,4[a]	9,7[a]	10,6[a]
DAT (kg/100kg PVV)	14,0[a]	12,6[b]	13.7[a]

Tableau 5. Résultats d'abattage et répartition des tissus adipeux dans la carcasse
Sur une même ligne, deux moyennes indicées par des lettres différentes (a, b et c) sont significativement différentes au seuil α = 5 %.

Dès le milieu de l'engraissement AS a déposé plus de lipides que les autres lots et à l'abattage la différence est significative avec CS (15,3 *vs* 13,8 kg lipides/100kg PV (Figure 2).

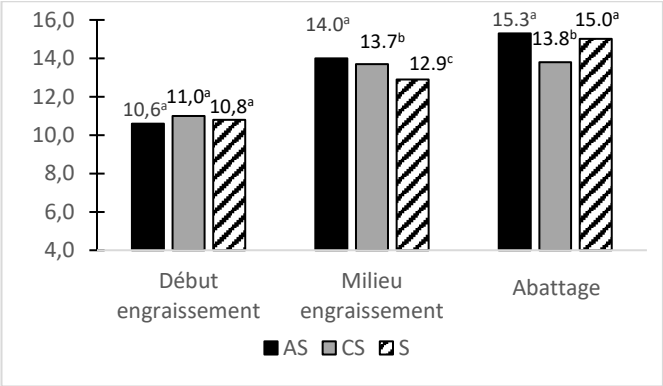


Figure 2. Teneur en lipides (kg/100kg PV) en début, milieu d'engraissement et à l'abattage.
Deux moyennes indicées par des lettres différentes (a, b et c) sont significativement différentes au seuil α = 5 %.

2.5. PERFORMANCES ECONOMIQUES

Le lot AS affiche un coût alimentaire plus faible que les autres lots, du fait d'une durée d'engraissement plus courte (190 j contre 239 j pour CS et 249 j pour S). Dans les conditions expérimentales, au regard notamment du prix de vente des animaux, la marge brute est de 63 €/JB pour le lot AS, 31 €/JB pour le lot S, alors qu'elle ressort négative à -105 €/JB pour le lot CS (Tableau 5).

Le prix de revient (c'est-à-dire le prix de vente permettant d'équilibrer la marge nette, tenant compte de la main d'œuvre) des AS s'établit à 3,18 €/kg de carcasse, soit 16 c€ de moins que le lot S et 42 c€ de mois que le lot CS (Tableau 5).

	AS	CS	S
Coût alimentaire			
- en €/JB	303	371	377
- en €/tête/jour	1,55	1,56	1,48
- en €/gain de kg de PV	1,05	1,14	1,16
Marge brute sur coût alimentaire			
- en €/JB	63	-105	31
Prix de revient (yc main d'œuvre) en €/kg de carcasse	3,18	3,60	3,34

Tableau 5. Intérêt économique
L'analyse des besoins en surfaces fourragères pour produire ce type d'animaux montre que l'engraissement des animaux AS nécessite 5,3 ares de moins par jeune bovin par rapport au lot CS et 5,8 ares de moins par rapport au lot S (Tableau 6).

Tableau 6. Besoins en surface

	AS	CS	S
Surface d'herbe utilisée (ares/JB)	24,0	29,3	29,8
- *dont enrubannage*	*17,9*	*21,8*	*22,2*
- *dont ensilage*	*6,1*	*7,5*	*7,6*

3. DISCUSSION

Notre étude montre qu'il est possible d'engraisser des jeunes bovins avec des régimes majoritairement herbagers et complémentés avec des concentrés non concurrents de l'alimentation humaine. Pour obtenir des performances de croissance proches de 1,500 kg/jour avec des fourrages herbagers et des quantités modérées de concentré (±35% / ration totale), il est indispensable d'optimiser la valeur alimentaire des fourrages en jouant à la fois sur le stade et la technique de récolte.

Ce type de régime a permis d'engraisser les taurillons en atteignant une NEC de 3 à 3,5. Cependant, du fait de la différence de précocité des types génétiques (Barton et *al.,* 2006), la durée d'engraissement et l'âge à l'abattage sont plus élevés pour les lots S et CS par rapport au lot AS. Ceci est lié à un engraissement plus rapide des AS comme le montre la dynamique des dépôts adipeux. Le lot CS a un poids supérieur aux 2 autres lots tout au long de l'engraissement relatif au poids supérieur à l'entrée en engraissement. Le GMQ est plus élevé pour le lot AS que pour les deux autres lots. Concernant l'alimentation, le cumul de matière sèche ingérée est plus faible pour le lot AS par rapport aux deux autres lots lié à un abattage plus précoce. Cependant, ramenée au poids vif, la quantité de MS ingérée par jour pour 100 kg de PV est supérieure pour les AS par rapport aux deux autres lots du fait d'une capacité d'ingestion plus élevée (Cuvelier et *al.,* 2006). Une efficacité alimentaire (g de gain /kg MSI) plus élevée est observée pour le lot AS par rapport aux deux autres, en raison d'un GMQ élevé).

A l'abattage, le poids vif avant saignée ainsi que le poids de carcasse sont plus faibles pour les animaux du lot AS en comparaison des animaux des deux autres lots. Ceci s'explique par le schéma expérimental, la décision d'abattage étant liée à la NEC et pas au poids vif. La teneur en muscle de la carcasse est plus élevée pour le lot CS par rapport aux AS et S en lien avec leur type génétique. Les différences observées sur les dépôts adipeux totaux entre les 3 lots s'expliquent par les différences de dépôts adipeux du 5éme quartier. Aucune différence sur les dépôts adipeux carcasse ayant été mise en évidence.

Sur le plan économique, les écarts de coûts de production constatés dans les conditions de cet essai (coût alimentaire en contexte de montagne, réduction du temps de travail en lien avec un moindre temps de présence des animaux) conduisent à un avantage pour les animaux croisés AS, par rapport aux S et CS. A noter néanmoins que ramenée à l'animal, la valorisation (prix à la tête) reste en faveur des CS du fait des différences de poids des carcasses, actuellement le paiement se fait principalement sur le poids. A l'échelle de systèmes naisseurs engraisseurs, l'utilisation d'animaux croisés avec des rations herbagères permet une moindre utilisation de surface. Ceci peut être un levier de sécurisation du système fourrager avec une meilleure résilience face aux sécheresses, ou permettre la vente de foin ou l'implantation de cultures lorsque cela est possible. Pour des engraisseurs spécialisés, l'intérêt réside dans des rotations de bande d'animaux plus rapides.

CONCLUSION

Cette étude a permis de montrer qu'engraisser des animaux jeunes avec des fourrages herbagers et une faible proportion de concentrés est possible en jouant sur le type génétique et en optimisant la valeur alimentaire des fourrages. Des croissances élevées, proche de 1500 g/j, avec des rations sans amidon, à base d'enrubannage d'herbe et des quantités modérées de concentré (±35%) peuvent être atteintes. Le croisement avec une race précoce connue pour sa bonne valorisation des fourrages grossiers (l'Angus) a permis d'atteindre plus tôt un bon état d'engraissement à l'abattage.

Le croisement avec une race précoce Angus permet d'obtenir des carcasses plus légères (360 kg) avec un bon état

d'engraissement (NEC de 3,5) tout en réduisant la durée d'engraissement et donc les charges d'alimentation.
La juste valorisation de ce type d'animaux croisés est un point sensible pour qui souhaiterait se lancer dans ce type de production. Si les conduites étudiées répondent aux attentes sociétales, il apparait important de souligner la nécessité de travailler avec les opérateurs économiques des filières dans des démarches de contractualisation, pour valoriser au mieux ces nouveaux produits

Cette expérimentation a été menée avec le soutien de l'UMT SESAM dans le cadre du Casdar Effiviande qui vise à proposer et accompagner des systèmes de production de viande allaitants durablement compétitifs et adaptés aux demandes des marchés. Nous remercions les collègues de l'unité expérimentale Herbipôle, ainsi que Solène Boyer, étudiante à VetAgroSup, recrutée comme stagiaire pour participer à la valorisation de l'expérimentation.

Agabriel J., et *al*., 1986. Bull. tech. CRZV Theix, 66, 43-50

Barton L., et *al*., 2006. Czech J. Anim.Sci., 51 (2) pp 47-53

Chassot, 2008. Revue suisse Agric. 40 (6), 267-272.

Cuvelier C., et *al*., 2006. Animal Science, 82: 125-132

Dumont B., et *al*., 2008. Livestock Science. Vol. 121, n° 2, pp. 250-258. DOI 10.1016/j.livsci.2008.06.017**.**

Geay Y., et *al*., 1997. Renc. Rech. Ruminants, 4, 307- 311

IDELE, 2021. *Collection références*. Principaux itinéraires de production en bovins viande dans le Sud Massif Central (Aveyron, Cantal, Haute-Loire, Lozère).40p.

Keane, M. G. et Drennan M. J., 2008 *Livestock Science*. Vol. 121, n° 2, pp. 250-258. DOI 10.1016/j.livsci.2008.06.017.

Robelin J., et Geay Y., 1975. Bull. Tech. CRZV Theix, Inra, 22, 41-43

Robelin J., et Agabriel J., 1986. Bull. Tech. CRZV Theix, Inra, 66, 37-41

Valorisation des veaux laitiers : comparaison dans 10 pays

BUCZINSKI B. (1), CHOTTEAU P. (2), BASTIEN D. (1), BERRUYER M. (3), BLANQUET I. (2), FOSSAERT C. (4), GERARDIN A. (2), GUY F. (4), LE GALL A. (1), MATRAS C. (2), MONNIOT C. (2)
(1) Institut de l'Elevage – Monvoisin – BP 85 225 – 35652 LE RHEU cedex
(2) Institut de l'Elevage – MNE – 149, rue de Bercy – 75595 PARIS cedex 12
(3) Institut de l'Elevage – Beaucouzé – 42, rue Georges Morel – 49070 BEAUCOUZE
(4) Institut de l'Elevage – la Touche es Bouvier - la Touche es Bouvier 56430 MAURON

RESUME - Avec la spécialisation des vaches et des fermes laitières, le destin des veaux mâles et des femelles non conservées se joue désormais essentiellement en dehors de leurs fermes de naissance. C'est aussi le cas en France où les veaux mâles sont désormais en grande majorité vendus et exportés en tant que nourrissons. L'étude propose une comparaison des modes de valorisation des veaux laitiers nourrissons dans 10 pays/provinces remarquables à travers le monde. L'étude a été réalisée à partir des données statistiques disponibles, de recherches bibliographiques et d'interviews. Les systèmes de valorisation dans les dix zones étudiées sont très divers : de la production de veaux de boucherie abattus avant 8 mois, dans une poignée de pays européens et au Québec, à celle de « veaux rosés » nourris à base de céréales, bien plus répandue ; de taurillons plus ou moins jeunes, jusqu'aux bouvillons (mâles castrés) qui restent une production traditionnelle dans les pays anglo-saxons. Les veaux mâles laitiers sont même parfois abattus très jeunes, âgés de moins de 3 semaines comme en Nouvelle-Zélande ou aux États-Unis. Avec une sélection génétique tournée vers l'optimisation de la production laitière, le potentiel de croissance est bien plus faible que celui des races à viande et les cycles d'engraissement sont en général courts pour les veaux de races laitières. Afin d'améliorer la vitesse de croissance et la conformation des bovins engraissés, le croisement avec des races à viande, un peu partout dans le Monde, retrouve de la vigueur grâce à la diffusion des semences sexées. Si toutes les valorisations rencontrées trouvent des débouchés, sur le marché local ou à l'export, il reste difficile de dégager de cette étude une « équation parfaite ». Mais l'analyse de la variété des solutions développées dans les différents pays/provinces étudiés nourrit les réflexions en cours en France.

Use of dairy calves: comparison in 10 countries

BUCZINSKI B. (1), CHOTTEAU P. (2), BASTIEN D. (1), BERRUYER M. (3), BLANQUET I. (2), FOSSAERT C. (4), GERARDIN A. (2), GUY F. (4), LE GALL A. (1), MATRAS C. (2), MONNIOT C. (2)
(1) Institut de l'Elevage – Monvoisin – BP 85 225 – 35652 LE RHEU cedex

RESUME - With the specialization of dairy cows and dairy farms, more male calves and non-conserved females are sold outside their birth farms. This is also the case in France where a large majority of male calves are now sold and exported as young veals. The study compares ways of raising dairy calves in 10 countries/provinces around the world. This study was carried out using available statistical data, bibliographic research and interviews. Farming systems in the ten studied areas are very diverse: from the production of veal calves slaughtered before 8 months (in some European countries and in Quebec), to rose veal calves fed with cereals (more widespread); from young bulls to steers (castrated males) which remain a traditional production in Anglo-Saxon countries. Dairy male calves can also be slaughtered very young (less than 3 weeks old), as in New Zealand or the United States. With genetic selection to optimize milk production, the growth potential of dairy animals is much lower than that of beef breeds. And fattening cycles are generally short for calves of dairy breeds. In order to improve the growth rate and conformation of fattened cattle, crossbreeding with beef breeds is increasing all over the world, especially with the use of sexed semen. If all products are sold on the local market or for export, it remains difficult to give a "perfect equation" of the use of dairy calves. But the analysis of the variety of solutions developed in the various countries/provinces studied gives clues to the reflections in progress in France.

INTRODUCTION

La question de la valorisation des veaux laitiers est un enjeu important pour la filière bovine européenne. Chaque année, entre 1,7 et 2 millions veaux sont exportés en vif par les pays membres de l'Union Européenne (UE) et les besoins des importateurs restent élevés. A l'heure où la réglementation sur le transport d'animaux vivants et notamment de petits veaux pourrait être à nouveau débattue, la filière française s'est emparée de la question via la création d'une *Task Force* sur le devenir des veaux laitiers pilotée par les deux interprofessions viande et lait : INTERBEV et le CNIEL. Parmi les axes de travail, il est apparu opportun de prendre le temps d'analyser les modes de valorisation des petits veaux laitiers chez les principaux producteurs laitiers en Europe mais aussi dans le reste du monde afin de nourrir les réflexions professionnelles.

1. MATERIEL ET METHODES

Une première analyse des flux de veaux au sein de l'UE a été réalisée. Puis, pour analyser les différents modes de valorisation des jeunes veaux laitiers, des recherches bibliographiques et interviews ont été menées afin de caractériser les productions dans les pays/provinces retenus. Ces analyses ont été complétées à partir des données statistiques disponibles.

Parmi les dix pays/régions étudiés, six sont membres de l'UE. Certains sont importateurs nets de veaux (Espagne, Pologne, Pays-Bas), d'autres en sont exportateurs nets (Irlande, Allemagne et Danemark). Mais l'ensemble de ces pays en valorise sous différentes formes : veaux blancs (Pays-Bas), veaux rosés (Pays-Bas Danemark et plus récemment Irlande), bovins jeunes (Espagne, Danemark), jeunes bovins (Allemagne, Espagne, Irlande), Bœufs (Irlande), (cf. Tableau 1).

Il nous paraissait également opportun de regarder un pays européen non-membre de l'UE au sein de cette analyse comparée : la Suisse. La production de veaux gras y est axée sur la santé et le bien-être animal. Avec des coûts de production élevés, cette production de qualité est uniquement destinée au marché domestique.

Du côté des pays tiers, deux pays plus lointains, aux antipodes, font partie de l'analyse : la Nouvelle-Zélande et les Etats-Unis. Concernées par l'abattage de veaux nourrissons pour la production de viande (*bobby calf* ou *bob veal*), les filières y sont soumises à une pression croissante. D'autres productions à partir de veaux laitiers y sont également pratiquées comme celle de bouvillons. Avec plus ou moins de succès.

Enfin, une région du Canada nous paraissait importante à analyser : le Québec. Cette province francophone est particulièrement intéressante car elle cumule les filières de valorisation : importation de petits veaux laitiers depuis les Etats-Unis et l'Ontario, production de deux types de veaux gras (veau de lait et veau blanc), production de bouvillons laitiers…

Dénomination	Définition
Veau	Bovin mâle ou femelle de la naissance jusqu'à 8 mois
Veau nourrisson / Jeune veau laitier	Veau âgé de quelques jours à quelques semaines commercialisé en vif.
Bobby calf / *Bob veal*	Veau maigre abattu à quelques jours, entre 35 kg et 70 kg vifs.
Veau de lait / blanc	Veau nourri essentiellement avec du lait ou des aliments lactés. Viande assez claire
Veau de grain / rosé	Veau nourri principalement aux céréales, maïs-grain, … en vue de la production de viande de veau de couleur rosée.
Bovin jeune	Bovin mâle ou femelle d'un âge compris entre 8 mois (jour anniversaire des 8 mois compris) et 12 mois
Jeune bovin (JB)	Bovin mâle non castré d'un âge compris entre 12 mois (jour anniversaire des 12 mois compris) et 24 mois
Bouvillon	Jeune bœuf abattu entre 12 et 24 mois.
Bœuf	Mâle adulte castré âgé de 12 mois et plus. Généralement abattu entre 24 et 36 mois.

Tableau 1 Principales dénominations des différents types de veaux et de leurs valorisations
Source : Idele-GEB d'après divers

2. FLUX DE VEAUX EN EUROPE ET VALORISATION DES VEAUX LAITIERS EN FRANCE

2.1. FLUX DE JEUNES VEAUX LAITIERS DANS L'UE27

La description des flux présentée ici se base sur les données d'Eurostat pour les trois codes douaniers (système harmonisé à 8 chiffres ou SH8) qui concernent les veaux de moins de 160 kg (01022910, 01022929, 01022921). Les veaux exportés par les membres de l'UE sont d'abord destinés au marché intra-communautaire (98% en moyenne sur 2018 à 2020) et principalement composées d'animaux dont le poids n'excède pas les 80 kg vifs (81% en moyenne sur la période 2018-2020), même si les mouvements d'animaux de 80 à 160 kg vifs ne sont pas négligeables (cf. Figure 1).

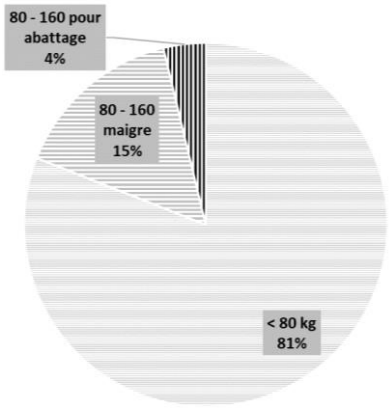


Figure 1 Répartition des exportations de veaux de moins de 160 kg par les pays de l'UE-27 (2018-2020)
Source : Idele-GEB d'après Eurostat

Dans l'UE à 27, plusieurs pays continuent de dominer le marché en tant qu'importateur ou exportateur. Les Pays-Bas demeurent le premier importateur de petits veaux laitiers au sein de l'UE afin principalement de soutenir la production de veaux de boucherie. L'Allemagne en reste le premier exportateur face à une diminution marquée de son activité d'engraissement et ce malgré le recul structurel de son cheptel laitier. Mais le panorama des échanges de veaux n'est pas figé et a connu de nombreuses évolutions.

Entre 2010 (Figure 2) et 2020 (Figure 3), de nombreux changements ont été opérés. Mais certains fondamentaux demeurent pourtant. Exportateur majeur, l'Allemagne a développé ses envois entre 2010 et 2020. Le solde (export – import) a progressé de 150 000 têtes sur la période pour atteindre 636 000 têtes. Les Pays-Bas demeurent le premier importateur européen avec encore 815 000 veaux nourrissons importés en 2020 et un solde négatif de -638 000 têtes (et donc exporte un peu de veaux). L'Espagne, déjà le deuxième importateur de veaux nourrissons en 2010, a renforcé sa position avec un solde négatif de -621 000 têtes en 2020, tutoyant ainsi la position de leader des Pays-Bas.

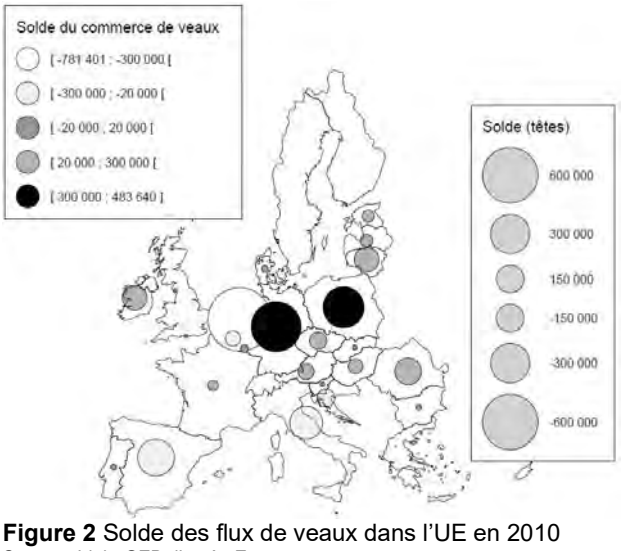


Figure 2 Solde des flux de veaux dans l'UE en 2010
Source : Idele-GEB d'après Eurostat

Il y a cependant eu des changements majeurs. Encore exportateur numéro un en 2005, la Pologne n'était déjà plus qu'au deuxième rang en 2010. En phase avec le développement de sa filière d'engraissement de jeunes bovins (les effectifs de mâles de 1 à 2 ans ont progressé de +54% entre 2010 et 2020) et la contraction de son cheptel laitier, la Pologne a progressivement conservé ses veaux pour répondre à la demande des engraisseurs et devenir ainsi importateur net dans la 2ème moitié de la décennie 2010. En 2020, son solde était négatif de -38 000 têtes malgré un repli récent de

l'engraissement en lien avec la multiplication de scandales sanitaires en 2019 et la pandémie de Covid-19 en 2020

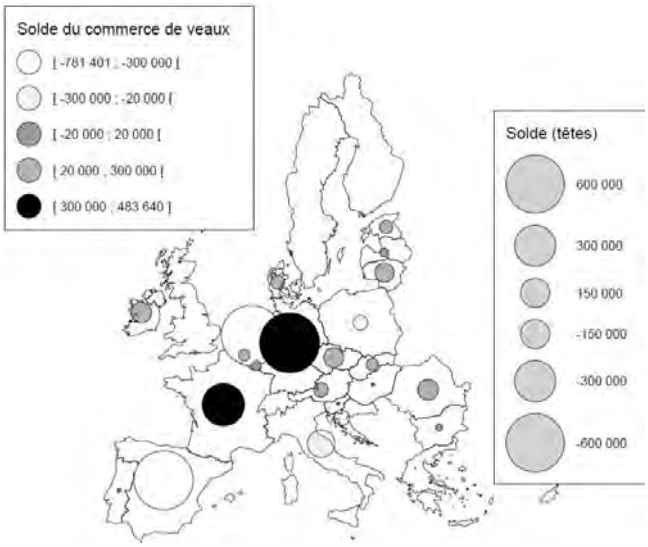


Figure 3 Solde des flux de veaux dans l'UE en 2020
Source : Idele-GEB d'après Eurostat

Parmi les grands importateurs, l'Italie a poursuivi la réduction de ses achats de veaux, entamée au milieu des années 2000. Entre 2010 et 2020, le solde des échanges de veaux a poursuivi son mouvement de diminution. Il était de -134 000 têtes en 2020 (-36% /2010).

Enfin, la France joue également désormais un rôle majeur dans le commerce européen de petits veaux laitiers. Alors que son solde était encore à l'équilibre au milieu des années 2000, la France est devenue depuis le 2ème exportateur européen de veaux laitiers en 2020 avec un solde positif de près de +320 000 têtes. Les exportations françaises sont essentiellement orientées vers l'Espagne. La solidité de la demande ibérique est principalement issue du dynamisme de la filière d'engraissement de JB. Cette progression du flux est liée au manque de valorisation au sein de l'Hexagone. Qu'en est-il exactement ?

2.2. DYNAMIQUES DE L'UTILISATION DES VEAUX LAITIERS EN FRANCE

En lien avec le repli du cheptel laitier, les naissances de mâles laitiers français s'érodent de -10 à -15 000 têtes /an (cf. Figure 4). Avec l'engraissement de veaux gras qui recule en France de -25 000 à -30 000 têtes/an et l'engraissement de JB et bœufs également en net repli, les disponibilités à l'export progressent.

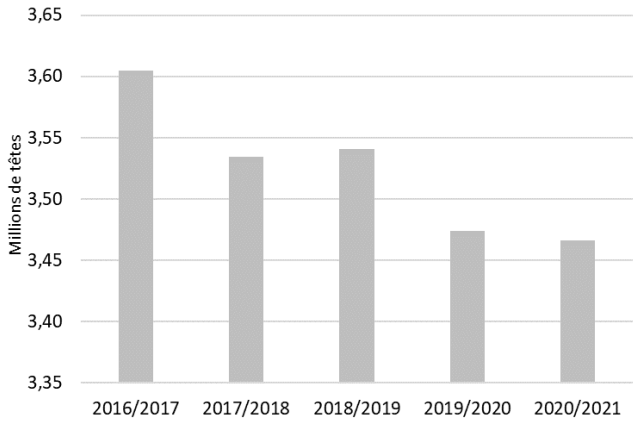


Figure 4 Naissances issues de mère de race laitière en France (en campagne)
Source : Idele-GEB d'après SPIE-BDNI

En 10 ans (cf. Tableau 2), la proportion des veaux exportés n'a cessé d'augmenter. A rebours des tendances observées pendant la pandémie, elles ont continué à croître en 2020 : 337 000 veaux ont été exportés depuis la France (+8% /2020 et x2,6 /2012), à 93% vers l'Espagne et à 6% vers l'Italie. Le marché espagnol est devenu crucial pour la valorisation des veaux laitiers français car ce débouché est pratiquement le seul pour l'export de veaux vivants.

Estimations GEB du destin des mâles laitiers	Veaux nés en 2008	Veaux nés en 2014	Veaux nés en 2018
Veaux de boucherie	59%	59%	63%
Jeunes bovins (12-24 mois)	25%	20%	14%
Bœufs	12%	12%	7%
Exportation en vif (nourrissons)	4%	9%	16%

Tableau 2 Destin des mâles laitiers nés en France selon leur année de naissance
Source : estimations GEB d'après SPIE-BDNI, Normabev

La proportion de veaux mâles laitiers valorisés en jeunes bovins et en bœufs n'a cessé de reculer en 10 ans. Ces reculs ont été amplifiés à l'annonce de la suppression des quotas laitiers et la re-spécialisation laitière qui en a résulté : les fourrages disponibles ont été utilisés pour produire du lait plutôt que des gros bovins à abattre. Un fait à noter : les naissances françaises de veaux croisés lait-viande ont fortement progressé au cours de la décennie 2010. Les abattages de veaux de boucherie croisés ont ainsi atteint 357 000 têtes en 2020 (+22% /2012). Mais la forte progression du croisement lait-viande dépasse la capacité des intégrateurs français à valoriser ce type d'animaux. Faute de débouché national, ces veaux sont de plus en plus exportés : 131 000 veaux croisés ont été exportés en 2020 (x4 /2012), ils représentaient 39% des exportations de veaux nourrissons contre 26% en 2012.

Le développement des exportations de veaux laitiers en vif par la France soulève de nombreuses interrogations. Comment se situent nos principaux partenaires et les principaux producteurs laitiers mondiaux ? Comment valorisent-ils les veaux issus du cheptel laitier ? Sur quels segments ? Le reste de l'étude présente les filières de valorisation des petits veaux laitiers au sein de dix pays/provinces de l'Union européenne et du reste du monde.

3. VALORISATION DES VEAUX LAITIERS DANS 10 PAYS

La production de viande à partir de veaux laitiers est très diverse avec une multitude de modes de production, de produits finis (cf. Tableau 3) … Les coûts de production comme les produits sont logiquement très variés. Dans les pays analysés pour cette étude, les enjeux rencontrés par les filières sont nombreux : de la gestion de la disponibilité en veaux aux questions de bien-être et d'acceptabilité sociétale.

Pays	Faits marquants relevés
Espagne	**Engraissement de JB standardisé** : 80 jours de démarrage avec objectif de 125-140 kg vif 5 à 10 mois d'engraissement pour abattage entre 8 et 15 mois
Pologne	Pays en **manque de veaux** après le développement du JB : Production de JB laitiers bon marché (faible coût main d'œuvre)
Allemagne	Pays tourné vers l'**export en vif** : Engraissement de JB en net repli et forte disponibilité à l'export en vif malgré le recul du cheptel laitier
Irlande	Engraissement de **bœufs** grâce à la **disponibilité de l'herbe** : vêlages groupés au printemps, fort taux de croisement lait x viande
Pays-Bas	Engraissement de **deux types de veaux** : 70% de veaux blancs (lait en poudre + fourrages grossiers) 30% de veaux rosés (lait en poudre + céréales pendant 2 mois puis fourrages)
Danemark	Production de **bovins jeunes (8-12 mois)** : Engraissement ration sèche ou maïs + céréales et correcteur N Abattage à 220 kg carcasse
Suisse	Entre **veaux gras, JB et bouvillons pour le marché domestique** : 50% de veaux gras (< 160 jours) 30% de JB (entre 14 et 15 mois) 20% de bouvillons (entre 20 et 22 mois)
Québec	Une **multitude de valorisations (veaux gras, bouvillons)** : Veau de lait en restructuration et concurrencé à l'import (CETA) Veau de grain stable (soutien public) et redéveloppement du bouvillon (malgré absence soutien)
Etats-Unis	Une **multitude de modes de valorisation** : les veaux surnuméraires -> export en vif et bobby calves Veaux gras : lait (18-20 semaines et rosé (céréales+foin) Bouvillon (15-16 mois / GMQ de 1 600 g/j)
Nouvelle-Zélande	La production de ***bobby calves*** **sous pression** : Nombreux veaux mâles laiters abattus à 2-3 semaines -> risque pour l'image de la filière (lait, viande)

Tableau 3 Faits marquants relevés dans le cadre de l'étude
Source : Idele-GEB

La production de ***bobby calves*** est rencontrée aux Etats-Unis et en Nouvelle-Zélande. Elle a été notamment créée pour utiliser les veaux surnuméraires dont les producteurs laitiers ne savaient que faire. Les prix payés aux éleveurs sont souvent faibles et parfois nuls. La filière néo-zélandaise est orientée vers l'export. Les veaux sont essentiellement valorisés sous forme de viande hachée dont 95% est exportée notamment vers les Etats-Unis, le Liban, l'Egypte et quelques pays d'Asie. Une faible proportion de la production se retrouve dans l'alimentation animale. La filière étasunienne est destinée à la consommation domestique. Les carcasses sont désossées et utilisées pour produire des saucisses, des viandes préparées pour sandwich (pastrami) et des viandes transformées… L'image de cette production se révèle de plus en plus problématique notamment en Océanie.

Deux filières de valorisation de veaux laitiers en **veaux gras**, plus classiques sont observées. Le **veau de lait ou veau blanc** est produit dans plusieurs zones du monde, des Pays-Bas au Canada (Québec) et souvent intégré. Les coûts de production de ce type d'animaux sont très hétérogènes. Il existe globalement peu de consommateurs et une forte concurrence à l'export qui se développe également via la mise en œuvre des accords de libre-échange. Par exemple, l'application du CETA (*Comprehensive Economic and Trade Agreement* =accord de libre-échange entre le Canada et l'UE) a libéralisé les droits de douanes canadiens sur les viandes de gros bovins et de veaux (non différenciées au niveau des douanes) en 2017. Depuis, les importations canadiennes de veaux ont nettement progressé depuis les Pays-Bas mettant la pression sur les éleveurs québécois. A noter la dépendance marquée de la filière à la restauration hors domicile (RHD), en Europe comme en Amérique du Nord, qui a été particulièrement affectée par la pandémie de Covid-19.

La production de **veaux de grain ou de veaux rosés** se développe. Cette filière permet notamment une meilleure maîtrise du coût alimentaire grâce à une limitation de l'alimentation lactée. La rentabilité peut cependant rester parfois limitée en lien avec des prix de vente plus faibles et des débouchés encore plus concurrentiels.

Plusieurs types de gros bovins sont issus de la valorisation des veaux laitiers. La production de **bœufs** est lente et souvent conditionnée à la disponibilité de pâturages comme en Irlande ou en Nouvelle-Zélande. La production de **JB**, plus répandue notamment en Europe continentale, est une production à forte concurrence. Plusieurs pays tirent leur épingle du jeu avec des coûts de production maîtrisés (cf. Tableau 5). Enfin, la valorisation des veaux laitiers en **bouvillons** (jeune bœufs laitiers) est pratiquée notamment en Amérique du Nord. Cette production se (re)développe avec des qualités reconnues sur le produit (mais avec recours aux hormones de croissance). Les signaux autour de ce mode de valorisation sont cependant contradictoires : ils sont hors champ des soutiens publics au Québec et même non valorisés dans certains abattoirs aux Etats-Unis.

L'ensemble de ces productions rencontrent des modes de soutien divers et variés (cf. Tableau 4). Si les pays membres de l'UE ont tous accès aux aides de la PAC, les traitements peuvent être différents. Certains pays seront avantagés à court terme, soit à travers la mise en œuvre d'aides couplées (Pologne, Danemark) ou parce que la convergence a été réalisée et n'aura donc plus d'effet (Allemagne). Des mesures nationales peuvent enfin jouer en la faveur de la valorisation des veaux laitiers (Pays-Bas). Ailleurs, l'orientation des soutiens peut jouer en faveur d'une production comme au Québec où seul le veau de grain est éligible à l'assurance de stabilisation du revenu (ASRA), contrairement au veau de lait ou au bouvillon laitier.

	Disponibilité en veaux nourissons	Production dominante à partir de veaux laitiers	Soutiens publics
Espagne		Jeune Bovin	PAC : non mutualisée
Irlande		Bœuf	PAC : non mutualisée
Allemagne		Jeune Bovin	PAC : déjà mutualisée
Pologne		Jeune Bovin	PAC : aide couplée
Pays-Bas		Veau (blanc, rosé)	PAC + mesures nationales et regionales
Danemark		Bovin jeune (8-12m)	PAC : aide couplée
Suisse		Veau	
Québec		Veau (lait, grain)	ASRA (sauf veau lait)
Nouvelle-Zélande		*Bobby calf*	
Etats-Unis		Bouvillon	Farm Bill

Légende :		
	Excédentaire	Supérieurs
	Equilibrée	Moyens
	Dépendante des imports	Faibles ou inexistants

PAC : politique agricole commune
ASRA : Programme d'assurance stabilisation des revenus agricoles
Farm Bill : principal outil de politique agricole et alimentaire du gouvernement fédéral étasunien

Tableau 4 Disponibilité en veaux, production dominante et politique de soutiens publics selon les pays/province
Source : Idele-GEB

Il est difficile d'avoir des données exhaustives et comparables pour analyser les coûts de production des ateliers engraissant des petits veux laitiers pour la production de viande. Le profil de coût de production du système suisse est particulier : il est très élevé pour tous les postes, mais destiné à un marché domestique en recherche de qualité où les prix de ventes et les produits sont aussi élevés. Le profil des coûts de production au Québec, bien que moins dispendieux, se rapproche de celui de la Suisse pour les filières de veaux gras produits sans hormone.

La valorisation des veaux laitiers se fait avec des coûts maîtrisés dans de nombreux pays étudiés. Les systèmes irlandais et surtout néo-zélandais bénéficient de coûts alimentaires faibles, basés sur une disponibilité en herbe importante, hors période climatique exceptionnelle. La taille des ateliers aux Etats-Unis, plus importante qu'en Espagne, et l'utilisation d'hormones de croissance orientent les coûts de production à la baisse. Le coût de production des systèmes espagnols sont plutôt limités mais reste sensible au coût d'achat du maigre et au coût alimentaire, très variables en lien avec les évolutions de conjonctures. Aux Pays-Bas et au Danemark, les conduites courtes et des rations maîtrisées permettent de limiter le coût alimentaire et plus globalement les coûts de production. L'intégration joue également en ce sens.

	Coûts de production veau	Coûts de production Bovin jeune / JB / Bouvillon
Espagne	n.c.	sensible cotation MP
Irlande	n.c.	herbe
Allemagne	n.c.	
Pologne	n.c.	
Pays-Bas		n.c.
Danemark	n.c.	
Suisse		
Québec	sans hormones	
Nouvelle-Zélande	Bobby calves = 0$	herbe
Etats-Unis	hormones	sensible cotation MP / hormones

Légende : Faibles / Moyens / Elevés

Cotation MP : cotation matières premières

Tableau 5 Comparatif des coûts de production pour les ateliers d'engraissement étudiés en veaux et animaux plus âgés
Source : Idele-GEB

Tous les pays/régions étudiés dans ce dossier ne connaissent pas les mêmes contraintes quant à la valorisation des petits veaux laitiers. De nombreux pays sont dépendants des importations ou des exportations. Et la pression sociétale et politique se fait de plus en plus forte sur le transport de veaux vivants en Europe comme en Océanie et pourrait avoir des effets à court terme. De même que pour la production de viandes issue de ces animaux abattus au plus jeune âge. La question de la valorisation des veaux laitiers nourrissons reste ouverte sur l'ensemble du globe.

CONCLUSION

Si tous les pays/régions étudiés n'ont pas les mêmes contraintes ni les mêmes atouts, quelques pistes se dégagent néanmoins comme l'utilisation de l'herbe (et du pâturage) dans les rations lorsqu'elle est disponible. Ces types de rations sont plébiscités pour la production de bœufs, voire de bouvillons à la fois pour des questions de coût de production mais aussi en termes d'image. Le développement de la production de bouvillons laitiers est également une piste à creuser pour valoriser les veaux laitiers, même si de nombreuses références disponibles concernent des modes d'élevage avec implantation d'hormones de croissance, incompatibles avec les modes production en France et les attentes des consommateurs. Enfin, le croisement se développe très souvent, dans la grande majorité des cas étudiés, afin d'augmenter le croît des animaux et de réduire les coûts de production.

Buczinski S. et Buczinski B. ; 2010, Parcs d'engraissement en Amérique du Nord : enjeux thérapeutiques (antibiotiques, hormones, additifs…), SNGTV.
GEB-Institut, de l'Elevage, Juillet-Août 2015, La filière viande bovine aux Etats-Unis : performante et offensive, Dossier Economie de l'Elevage n° 459.
GEB-Institut, de l'Elevage, Septembre 2016, Pologne : le jeune bovin conquérant, Dossier Economie de l'Elevage n° 471.
GEB-Institut, de l'Elevage, Octobre 2021, Valorisation des veaux laitiers : comparaison dans 10 pays, Dossier Economie de l'Elevage n° 523.
GEB-Institut, de l'Elevage, Novembre 2021, Les filières lait et viandes en Irlande : toujours conquérantes malgré Brexit et contraintes environnementales, Dossier Economie de l'Elevage n° 524.
GEB-Institut, de l'Elevage, Janvier 2022, Dossier annuel bovins viande : Année 2021 - Perspectives 2022, Dossier Economie de l'Elevage n° 526.
GEB-Institut, de l'Elevage, Juin 2022, Marché mondial Viande bovine : Année 2021 - Perspectives 2022, Dossier Economie de l'Elevage n° 53

Devenir des jeunes ruminants laitiers : comment concilier élevage et attentes sociétales

POMIÈS D. (1), CONSTANCIS C. (2), JURQUET J. (3), VEISSIER I. (1), LE COZLER Y. (4), CAILLAT H. (5), LAGRIFFOUL G. (6), DROUET M. (7), PELLISSIER P. (8), FOSSAERT, C. (9)

(1) Université Clermont Auvergne, INRAE, VetAgro Sup, UMR Herbivores, 63122 Saint-Genès-Champanelle
(2) FiBL France, Institut de Recherche de l'Agriculture Biologique, 26400 Eurre
(3) Institut de l'Elevage, 42 rue Georges Morel, 49070 Beaucouzé
(4) PEGASE, INRAE, Institut Agro, 35590 Saint-Gilles
(5) INRAE, FERLUS, 86600 Lusignan
(6) Institut de l'Elevage, Campus INRAE, CS52637, 31321 Castanet-Tolosan
(7) Institut de l'Elevage, Route d'Epinay, 14310 Villers-Bocage
(8) Agribiodrôme, Groupement d'Agriculture Biologique de la Drôme, 26400 Eurre
(9) Institut de l'Elevage, La Touche Es Bouviers, 56430 Mauron

RÉSUMÉ - Dans les conditions naturelles, les jeunes ruminants développent un lien privilégié avec leur mère dans les heures qui suivent la naissance, lien qui perdure bien au-delà de l'allaitement. Or, sur les 5,5 millions de jeunes ruminants (veaux, chevreaux et agneaux) qui naissent chaque année en France dans des élevages laitiers, la grande majorité sont séparés de leur mère à la naissance et allaités « artificiellement » au seau. La séparation mère-jeune précoce interpelle les citoyens et certains éleveurs quant au respect du bien-être de l'animal. L'allaitement artificiel des femelles de renouvellement jusqu'au sevrage permet d'assurer, à un coût maitrisé, un développement mammaire optimal et un bon potentiel laitier. Cependant, l'allaitement par les mères ou par des nourrices se développe, principalement en élevage bovin. Ce type d'allaitement entraine généralement des quantités de lait commercialisables moindres, mais la croissance, la santé et le bien-être des veaux sont améliorés. Des questions se posent aussi sur le devenir des jeunes, mâles pour l'essentiel, non conservés pour le renouvellement du troupeau. Ceux-ci quittent généralement l'élevage quelques semaines après la naissance pour être engraissés dans des ateliers spécialisés, voire exportés. Là aussi, afin de répondre aux nouvelles attentes des consommateurs et pallier le faible intérêt économique de ces débouchés, éleveurs et filières recherchent des solutions alternatives telles que l'engraissement à la ferme, de nouveaux modes d'élevage ou de nouveaux débouchés. Ces pratiques alternatives – allaitement naturel ou engraissement sur place des jeunes mâles – pourraient se développer grâce à une identification de leurs produits (lait, viande) et au consentement du consommateur à les payer plus cher que des produits standards.

The future of young dairy ruminants: how to conciliate livestock farming and societal expectations

POMIÈS D. (1), CONSTANCIS C. (2), JURQUET J. (3), VEISSIER I. (1), LE COZLER Y. (4), CAILLAT H. (5), LAGRIFFOUL G. (6), DROUET M. (7), PELLISSIER P. (8), FOSSAERT, C. (8)

(1) Université Clermont Auvergne, INRAE, VetAgro Sup, UMR Herbivores, 63122 Saint-Genès-Champanelle, France

SUMMARY - Under natural conditions, young ruminants develop a special bond with their dam within few hours after birth. This bond lasts beyond nursing. In France, out of the 5.5 million young dairy ruminants (calves, goat kids and lambs) born each year, the majority are separated from their mothers at birth and "artificially" fed, i.e. they receive milk or milk replacer from buckets. The early separation between the young and its dam questions citizens and some farmers regarding animal welfare. The artificial feeding of replacement females until weaning is a cost-effective practice to ensure an optimal mammary development and a good milk potential. However, suckling by the dams or other nursing females is developing, mainly in cattle dairy farms. Suckling generally results in lower quantities of saleable milk, but growth, health and welfare of calves are improved. The future of the young (mainly males) not kept for herd renewal is also questioning. Young male ruminants usually leave the farm after a few days to be fattened in specialized units in France or exported. Again, in order to meet consumer expectations and to compensate for the low economic interest of these animals, farmers and the sector are looking for alternative solutions such as on-farm fattening, new rearing methods or new markets. These alternative practices – suckling or on-farm fattening of young males – could develop thanks to the identification of their products (milk, meat) and to the consumer's willingness to pay more for them than for the standard products.

INTRODUCTION

En 2021, on comptait en France environ 3 322 000 vaches laitières, 943 000 chèvres et 1 269 000 brebis laitières (Agreste, 2022), soit potentiellement plus de 5,5 millions de naissances de jeunes ruminants laitiers par an. Dans les élevages laitiers bovins et caprins, les nouveau-nés sont généralement séparés de leur mère peu après la naissance et logés individuellement ou en groupes. Après l'ingestion de colostrum le plus souvent maternel dans les premières heures de vie, ils sont allaités « artificiellement » au seau (avec ou sans tétine), à la louve (récipients à plusieurs tétines), ou encore au **DAL** (distributeur automatique de lait). L'aliment distribué est soit du lait entier (de tank ou non commercialisable mais sain), soit un aliment d'allaitement en poudre dilué dans de l'eau chaude, voire une combinaison des deux. Dans les élevages laitiers ovins, la séparation a lieu plus tardivement (28 jours d'âge), les agneaux étant allaités par leur mère jusqu'à ce qu'ils soient en mesure de s'alimenter par eux-mêmes. La séparation mère-jeune précoce, ancrée depuis longtemps dans les pratiques d'élevage, est toujours largement préconisée (Inosys Réseaux d'élevage caprins, 2014 ; Teagasc, 2017) car elle induirait moins de stress, permettrait un meilleur contrôle des consommations de colostrum et de lait, réduirait le risque de transmission de certaines maladies et augmenterait la quantité de lait commercialisable. Mais cette séparation précoce est remise en cause régulièrement et fait l'objet de campagnes médiatiques de la part d'associations abolitionnistes ou de protection animale (L214, PETA, Welfarm…). Elle interpelle

aussi les citoyens quant au respect du bien-être animal, notamment sur la possibilité pour tout animal d'exprimer pleinement les comportements normaux de son espèce (Naspetti et al., 2021). Certains éleveurs laitiers font le choix d'un allaitement « naturel », par les mères ou des nourrices, parfois jusqu'au sevrage, tel qu'il se pratique en élevage allaitant et traditionnellement en élevage ovin laitier.
Par ailleurs, certains citoyens-consommateurs s'interrogent sur le devenir des jeunes animaux laitiers non conservés sur l'exploitation, mâles pour l'essentiel, parfois mal considérés car présentant peu d'intérêt économique, même s'ils alimentent d'autres filières d'élevage (Placzek et al., 2021). Si la situation en France n'est pas celle de la Nouvelle-Zélande, où l'abattage chaque année de plus de 2 millions de *« Bobby calves »* âgés de 4 à 7 jours est plus que jamais remis en cause (van Dyke et al., 2021), l'élevage de ces animaux pourrait être repensé, en s'inspirant notamment de ce qui existe dans d'autres bassins laitiers (Institut de l'Elevage, 2021).
Cette synthèse a pour but 1/ de rappeler les comportements naturels des jeunes dans les trois espèces laitières majeures, 2/ de brosser l'inventaire des modes d'élevage actuels de ces jeunes, destinés au renouvellement du troupeau ou à la production de viande, et 3/ de recenser des pratiques alternatives pour répondre aux attentes des citoyens et des consommateurs en matière de bien-être animal, mais aussi à celles des éleveurs pour une meilleure considération de leur travail et une meilleure valorisation de leur production.

1. LES MÈRES ET LEURS PETITS DANS DES CONDITIONS NATURELLES

A l'approche de la mise-bas, les vaches, les brebis et les chèvres tendent à s'isoler du reste du groupe. Cet isolement est marqué chez les animaux sauvages, comme par exemple la mouflonne (Langbein et al., 1998). L'isolement est moins marqué chez les animaux domestiques – une brebis peut mettre bas au sein du troupeau – mais reste présent. Ainsi, même en bâtiment, une vache s'isole juste avant la mise-bas si elle a accès à une zone couverte (Proudfoot et al., 2014). Dans des conditions naturelles, l'isolement permet à la femelle d'éviter les menaces et les perturbations pendant la mise-bas, et d'assurer les premières tétées tout en favorisant la formation du lien privilégié avec sa progéniture.
Dans les minutes qui suivent la mise-bas, la mère flaire et lèche son ou ses petits ; cette activité est particulièrement marquée pendant les premières heures et diminue ensuite (Freitas-de-Melo et al., 2015 ; Jensen, 2012). Le nouveau-né, ainsi encouragé par la mère à se lever, est attiré par la mamelle grâce à des signaux essentiellement olfactifs qui ressemblent à ceux contenus dans le liquide amniotique qu'il a connu *in utero* et pour lesquels il a une nette préférence (Schaal et al., 1995). La mère peut aider le jeune en adoptant une posture qui facilite l'accès à la mamelle. La première tétée a lieu généralement dans l'heure qui suit la naissance.
Après les premières tétées, un agneau reconnait sa mère non seulement par des signaux olfactifs mais aussi grâce aux bêlements associés à la vue de la brebis. Après quelques semaines, la vue de la brebis est suffisante pour que l'agneau la reconnaisse (Veissier et al., 1998). Le lien préférentiel mère-jeune s'instaure dès le premier jour (Chniter et al., 2017). La mère et son jeune - ou ses jeunes en cas de naissances multiples - sont proches l'un de l'autre, échangent des flairages et léchages (le jeune peut également solliciter le léchage en se plaçant devant sa mère et en lui donnant de légers coups de tête dans l'encolure) et ils montrent des signes de détresse s'ils sont séparés. Dans des tests de choix, la mère préférera son petit à un autre et le jeune préférera sa mère à une autre. La mère a un comportement souvent plus sélectif que le jeune : elle n'accepte pas la tétée d'autres jeunes alors que le jeune peut essayer de « voler » le lait d'autres mères. Chez certaines races laitières comme la Prim'Holstein, les mères acceptent souvent d'être tétées par un veau étranger. Cette faible sélectivité va certainement de pair avec l'aptitude à la traite.
Le comportement des jeunes est souvent décrit selon la dichotomie *« hider/follower »* (Rørvang et al., 2018). Les followers, tels les agneaux, suivent leurs mères dès la naissance et intègrent donc rapidement le troupeau. Cette stratégie semble adaptée aux milieux ouverts, la femelle ayant intérêt à mettre bas dans le groupe pour bénéficier de sa protection. Les *« hiders »*, tels les veaux et les chevreaux, restent isolés du troupeau dans les heures qui suivent la naissance, parfois même en l'absence de la mère ; ils rejoignent le reste du troupeau au bout d'un ou plusieurs jours. Cette stratégie semble plus particulièrement adaptée aux milieux disposant d'abris, la femelle mettant ainsi son petit hors de vue des prédateurs. Ces traits comportementaux sont également observés dans une moindre mesure en élevage, bien que les prédateurs soient rarement présents.
Après la phase néo-natale, au cours de laquelle il échange des interactions essentiellement avec sa mère, le jeune développe ses relations avec les autres membres du groupe. Tout en gardant son lien préférentiel pour la mère, il va interagir plus fréquemment avec les autres jeunes du même âge : flairages, léchages, jeux de tête sont fréquents. Lorsque le jeune grandit, la mère peut refuser d'être tétée (Fonsêca et al., 2016). Toutefois, le lien mère-jeune perdure au-delà de la phase d'allaitement. Ainsi, une vache qui met bas en présence de son veau d'un an partage ses activités entre le nouveau-né à qui elle prodigue des soins (léchages, tétée) et son veau d'un an avec qui elle est associée lorsqu'elle pâture (Veissier et al., 1990a).
Les relations établies dans le jeune âge avec d'autres jeunes se maintiennent lorsque les animaux sont mélangés à d'autres. Entre les animaux qui se sont connus dans le jeune âge, les relations préférentielles (qui résultent d'interactions non agressives) priment sur les relations hiérarchiques (qui résultent d'interactions agressives). Les relations établies plus tard seront moins étroites (Raussi et al., 2010). La mère joue un rôle déterminant non seulement pour la survie du jeune (alimentation, protection) mais aussi pour son développement comportemental (Dwyer, 2014 ; May et al., 2008 ; Théoret-Gosselin et al., 2015). Ainsi, la présence de la mère influence les préférences alimentaires du jeune (Thorhallsdottir et al., 1990), évite le développement de comportements oraux non alimentaires (Veissier et al., 2013), et facilite le développement du comportement social (Waiblinger et al., 2020), voire sexuel (Lacuesta et al., 2018). De plus, des jeunes élevés sans leur mère semblent plus émotifs (Toinon et al., 2021). La séparation d'un animal d'avec ses partenaires habituels engendre des réactions de détresse. C'est particulièrement vrai lors du sevrage (Mora-Medina et al., 2015 ; Nicolao et al., 2022). Trois semaines après la séparation d'avec son veau, une vache s'en désintéresse (elle ne va plus vers son veau lorsqu'on le lui présente à nouveau) alors qu'un veau et un agneau restent attachés à leur mère pendant un mois (Ungerfeld et al., 2018 ; Veissier et al., 1990b).

2. LES MODES D'ÉLEVAGE ACTUELS

Dans les systèmes laitiers, faire naître des jeunes est d'abord une nécessité pour déclencher la production de lait. Une partie des jeunes femelles est élevée pour assurer le renouvellement du troupeau, les autres jeunes animaux étant pour la plupart destinés à la production de viande. Dans les élevages laitiers bovins, caprins et ovins français, les taux de renouvellement s'élèvent respectivement à 34 % (Institut de l'Elevage et France Conseil Elevage, 2021), 35 % (Agreste, 2022) et 24 % (Morin, 2020).

2.1. L'ÉLEVAGE DE RENOUVELLEMENT DU TROUPEAU

2.1.1. Les génisses

Avec un âge médian au premier vêlage de 32 mois (Reproscope, 2022) et les taux de renouvellement actuels, les

génisses représentent près de 50 % des animaux présents dans la plupart des exploitations laitières bovines.
Les conduites d'élevage classiques ont pour objectif un développement mammaire optimal afin d'assurer une bonne production laitière, à un coût maitrisé. Les recommandations usuelles proposent des croissances soutenues durant les 6 premiers mois de vie (900 g/j) et modulées au-delà (500 à 800 g/j), en fonction de l'âge visé au premier vêlage et de la stratégie d'alimentation. Des objectifs de poids à âges-types (exprimés en pourcentage du poids adulte) sont définis, quelle que soit la génétique (Tableau 1).

Age	**Age visé au premier vêlage**		
(mois)	**24 mois**	**30 mois**	**36 mois**
6	30 %	30 %	30 %
12	50 %	43 %	43 %
15	60 % *(repro)*		
21		70 % *(repro)*	
24	90 % *(av. vêl)*		
27			75 % *(repro)*
30		93 % *(av. vêl)*	
36			95 % *(av. vêl)*

repro = mise à la reproduction ; av. vêl = avant vêlage

Tableau 1. Objectifs de poids des génisses selon l'âge attendu au premier vêlage, exprimés en pourcentage du poids adulte (Institut de l'Elevage, 2010).

Les conditions d'élevage avant sevrage sont particulièrement importantes. Le colostrum, premier aliment consommé par le jeune, lui apporte à la fois la protection immunitaire dont il est dépourvu à la naissance et la quantité d'énergie suffisante pour assurer sa survie. Un apport minimal de 2 L de colostrum est recommandé après la naissance, puis de nouveau 6 à 12 heures plus tard (Le Cozler et al., 2009). Le veau est ensuite alimenté avec du lait entier et/ou un aliment d'allaitement, jusqu'au sevrage. Les plans lactés classiques proposent de sevrer les animaux quand ceux-ci consomment 2 kg/j de concentrés et ont au minimum doublé leur poids de naissance, soit un âge moyen au sevrage de 9 semaines en élevage conventionnel (INRA, 2010). Le retrait immédiat du veau de sa mère permet de contrôler la prise de colostrum, facilite les premiers soins et réduit le risque d'exposition aux pathogènes de l'environnement. Il permet également la maitrise des quantités de lait bues, un contrôle de la croissance des veaux et le maintien du contact veau-éleveur.
Les objectifs de croissance soutenue avant 6 mois d'âge, quelle que soit la stratégie d'âge au premier vêlage, visent à favoriser le développement squelettique et corporel de la génisse, favorable à une meilleure longévité de la vache (Le Cozler et al., 2009). Par la suite, en vêlage précoce (24 mois), des poids vifs de 400 kg à 15 mois d'âge (mise à la reproduction) et 600 kg au vêlage sont attendus en race Prim'Holstein, soit une croissance de 750 g/j. Pour un premier vêlage tardif (36 mois), une croissance modérée (500 g/j) est recherchée de 6 mois au dernier tiers de gestation, afin d'éviter un engraissement trop important.
Le temps de travail quotidien consacré aux génisses varie de façon importante, mais près de la moitié des éleveurs l'ont évalué à moins d'une heure (Le Cozler et al., 2012). Malgré de nombreux documents techniques et formations à destination des éleveurs, l'élevage des génisses est souvent considéré comme secondaire (Mathieu et al., 2014). Près des deux tiers des éleveurs enquêtés trouvent que l'élevage des génisses est une nécessité, 36 % y trouvent du plaisir et 2 % trouvent que *"c'est une corvée"*. Plus de 80 % élèvent toutes les femelles nées sur l'exploitation, ce qui représente des surcoûts de travail et économique importants. Ceci se traduit par un taux de renouvellement largement au-dessus des 30 % recommandé et une réforme prématurée de nombreux animaux au bout de 2-3 lactations, alors que le retour sur investissement ne serait effectif qu'au bout de 3-4 lactations. Dans cette enquête, la moitié des éleveurs laissait le veau avec sa mère au moins pour la première tétée, l'autre moitié les séparant immédiatement après vêlage. Les veaux étaient sevrés en moyenne à 11 semaines d'âge et 70 % d'entre eux utilisaient du lait entier durant la phase lactée. Ces dernières années, de nombreux travaux se sont focalisés sur la simplification de la conduite des génisses et la réduction des coûts d'élevage. Des plans de buvée avec du lait fermenté (ou lait « yaourtisé ») ou avec 30 % de lait en moins et 6 repas lactés par semaine ont ainsi vu le jour, permettant aux veaux d'atteindre des poids à 6 mois d'âge identiques à des plans classiques, avec moins de travail (Jurquet et al., 2020 ; Le Cozler et al., 2009).
Enfin, depuis la fin des quotas laitiers, on note un (re)développement de la délégation de l'élevage des génisses entre un éleveur naisseur et un autre qui en assure l'élevage. Confiées vers l'âge de 3-4 semaines, les génisses reviennent dans leur élevage d'origine quelques semaines avant vêlage.

2.1.2. Les chevrettes

La filière caprine française compte près de 330 000 chevrettes de renouvellement, qui donnent naissance à leur premier chevreau vers l'âge d'un an (Inosys Réseaux d'élevage caprins, 2014). Les chevreaux sont retirés de leur mère à la naissance. Comme chez les autres ruminants, la prise de colostrum est essentielle à leur démarrage pour éviter les affections néonatales (45 % des élevages seraient concernés par des diarrhées néonatales jugées pénalisantes ; Ehrhardt et al., 2014). Il est donc conseillé de distribuer au chevreau, moins de 6 heures après sa naissance, 400 mL de colostrum riche en immunoglobulines (mesure au réfractomètre >24 BRIX). De plus, pour limiter l'apparition de maladies des adultes (paratuberculose, mycoplasmose et arthrite encéphalite virale [**CAEV**]), il est préconisé de séparer immédiatement le cabri de sa mère, de ne pas la laisser le lécher ni laisser le cabri boire au pis, de traire le colostrum et de le thermiser (56°C pendant une heure) avant distribution. Les chevrettes sont ensuite principalement nourries avec du lait en poudre jusqu'à 6-8 semaines d'âge, pour atteindre un poids de 14 à 16 kg au sevrage selon la race. Face au prix de la poudre de lait en agriculture biologique (**AB**), des études ont montré l'intérêt d'utiliser du lait maternel yaourtisé qui permet des croissances comparables (~220 g/j ; Sahlu et al., 1992 ; Cap Pradel, 2019). Cependant, cette alternative n'empêche pas la transmission du CAEV et des mycoplasmes. Au cours de cette période, les chevrettes ayant une croissance <150 g/j (~5 % de l'effectif) sont généralement dirigées vers le circuit de la boucherie. Dès que les chevrettes ruminent, leur sevrage peut être envisagé. Pour assurer sa réussite, la prise alimentaire doit être d'au moins 200 g/j de fourrage et 100 g/j de concentré (Guide pratique l'élevage des chevrettes, à paraître). L'objectif étant de réaliser une première mise-bas vers 12-13 mois pour au moins 90 % des chevrettes, celles-ci sont régulièrement pesées et ré-allotées afin d'assurer une croissance homogène. Comme pour les génisses, des poids à âge type sont préconisés, avec respectivement 25 %, 40 % et 50 % du poids adulte à 2 mois (sevrage), 4 mois et 7 mois (mise à la reproduction). Il est avant tout recherché un développement optimal du rumen, sans engraissement excessif, pour maximiser la capacité d'ingestion de la chèvre en prévision des futures lactations. De la saillie à la mise-bas, l'objectif de croissance est fixé à 100 g/j. Pour limiter le stress alimentaire en début de lactation, les aliments de production (notamment pour les rations à base d'ensilage) sont introduits progressivement dans la ration durant le dernier mois de gestation. Pour les élevages pratiquant le pâturage, la mise à l'herbe permet aux chevrettes ayant une bonne capacité d'ingestion d'acquérir des habitudes alimentaires en vue d'une utilisation optimale des prairies et des parcours dans leur future vie d'adulte. La délégation de l'élevage des chevrettes existe aussi en élevage caprin.

2.1.3. Les agnelles

En brebis laitière, après la mise-bas, les agneaux des deux sexes sont élevés sous la mère jusqu'à l'âge d'un mois environ, âge auquel ils sont capables de s'alimenter par eux-mêmes. Cette pratique traditionnelle concerne les cinq races de brebis laitières françaises et quasiment tous les éleveurs. Elle est inscrite dans les cahiers des charges des AOP Roquefort et Ossau-Iraty. De plus, depuis novembre 2020, l'extension d'un accord interprofessionnel (Interbev) fixe à 28 jours l'âge minimum au sevrage des agneaux (mâles et femelles) pour la vente à l'engraissement. Au-delà de cet accord, la charte Lait de brebis France, portée par France Brebis Laitière, engage les éleveurs à ce que *"les brebis élèvent leurs agneaux par tétées au pis"*.

Après leur naissance, les agneaux sont isolés avec leur mère en case d'agnelage pendant quelques heures de façon à renforcer le lien mère-jeune. Le nombre moyen d'agneaux nés par brebis (prolificité) dépend des races et du mode de reproduction ; il varie de 1,1 à 1,6. Les mères et les agneaux sont ensuite élevés ensemble. Deux à trois semaines après la mise-bas, les brebis passent en salle de traite pour contrôle du pis et (si nécessaire) élimination du lait non tété par les agneaux. Ceux-ci sont progressivement séparés des mères quelques heures par jour jusqu'au sevrage qui a lieu vers quatre semaines d'âge, parfois plus tardivement dans les Pyrénées-Atlantiques et en Corse. Des parcs que seuls les agneaux peuvent rejoindre sont utilisés pour leur proposer un aliment concentré de démarrage.

Les agnelles de renouvellement représentent 19 à 26 % du cheptel présent dans un élevage, suivant les races. Au sevrage, l'objectif est un poids des agnelles de renouvellement d'environ 20 % de leur poids adulte (soit 15 kg pour un poids adulte de 70 kg en race Lacaune). Trois semaines après le sevrage, du foin de bonne qualité est introduit dans la ration, toujours associé à de la paille en libre-service et un aliment concentré. L'objectif est de privilégier la consommation de fourrages pour développer le rumen. La mise au pâturage intervient en prenant en compte le risque de parasitisme interne. Pour une lutte précoce (8-10 mois), les agnelles doivent avoir atteint 2/3 de leur poids adulte. Elles rejoignent le lot des adultes après leur mise-bas. En élevage ovin laitier, la production étant saisonnée, l'objectif pour l'éleveur est une mise-bas des agnelles décalée (de quelques jours à 3 mois) de celles des adultes, afin d'atteindre un développement suffisant à la première reproduction. Certains systèmes pastoraux, notamment dans les Pyrénées-Atlantiques, privilégient une première mise-bas à deux ans d'âge qui permet une conduite plus extensive des agnelles et leur laisse le temps d'atteindre leur poids adulte à la mise-bas. Des pratiques de délégation de l'élevage des agnelles existent aussi, notamment dans les Pyrénées et en Corse. Durant la période d'allaitement, la diarrhée des agneaux reste un des problèmes majeurs (45 % des troupeaux touchés sur plus de la moitié des agneaux nés en Occitanie ; Gerber et Corbière, 2017).

2.2. L'ÉLEVAGE DES JEUNES NON DESTINÉS AU RENOUVELLEMENT

2.2.1. Les veaux mâles laitiers

En France, en 2020, environ 60 % des veaux mâles et 10 % des femelles issus du troupeau laitier (soit ~1,2 millions de veaux) étaient valorisés par la filière « veau de boucherie » (Institut de l'Elevage d'après SPIE Normabev). Celle-ci est organisée autour d'ateliers d'engraissement spécialisés, d'une taille moyenne de 350 places, principalement localisés dans les bassins laitiers du Grand-Ouest. Les veaux y arrivent à un âge minimum de 14 jours et sont engraissés pendant 21 à 25 semaines. Ils sont élevés majoritairement dans des bâtiments fermés à ventilation dynamique, en cases collectives de 5-10 places sur caillebotis bois, plus rarement sur litière paillée. L'alimentation est composée de lait reconstitué (à partir d'aliment d'allaitement en poudre), complété par des aliments solides (association de céréales, tourteaux, protéagineux et paille broyée). L'objectif de cette production est d'obtenir une viande rose pâle, souvent appelée « viande blanche ». En 2020, le poids de carcasse moyen des veaux de boucherie Prim'Holstein était de 141 kg.

La production de viande rouge (25 % des veaux mâles laitiers en 2016) diminue régulièrement. Avec 16 % du débouché, le jeune bovin (**JB**) en est la production principale. Cette modalité d'engraissement vise une maximisation du potentiel de croissance par l'apport d'une alimentation dense en énergie et protéines (ensilage de maïs à volonté, céréales et concentré azoté). En race Prim'Holstein les poids de carcasses sont de 350-380 kg, pour des animaux abattus avant 24 mois d'âge. La production de bœufs (8 % du débouché) consiste à engraisser les animaux avec des coûts alimentaires réduits (herbe pâturée/conservée et quantité limitée de concentré). En race Prim'Holstein, la majorité des animaux sont abattus à 30-36 mois d'âge pour un poids de carcasse de ~360 kg. Avec 337 000 veaux en 2020, la France a multiplié ses exportations de jeunes veaux laitiers non destinés au renouvellement par 2,6 depuis 2012. L'Espagne, qui en reçoit 93 %, est devenue un marché crucial pour la filière, avec toutes les interrogations sur le bien-être animal suscitées par ces transports de longue durée.

2.2.2. Les chevreaux

Environ 550 000 chevreaux, mâles et femelles, sont élevés chaque année en France, et abattus pour 90 % dans 3 abattoirs spécialisés (Deux-Sèvres, Saône et Loire et Vaucluse). Sur les 3 200 tonnes de viande produite, 55 % sont exportées sous forme réfrigérée ou congelée, principalement au Portugal et en Italie. Il s'agit d'une filière structurellement fragile en raison de la forte saisonnalité de la production et de la consommation (Noël et Pâques), de la faible valorisation des produits dans un contexte de hausse des charges opérationnelles (notamment la poudre de lait) et de la forte dépendance vis-à-vis des débouchés à l'exportation. L'engraissement se développe depuis quelques années, majoritairement dans des ateliers spécialisés qui élèvent entre 1 500 et 70 000 chevreaux par an. Au nombre d'une cinquantaine, ils sont présents dans les bassins de production caprins : grand-ouest (~50 %), sud-ouest et sud-est. Selon les régions, les chevreaux sont collectés en élevage entre 3 et 8 jours d'âge. La qualité des chevreaux entrants en atelier d'engraissement (robustesse, qualité de la prise de colostrum, soin du cordon) est un enjeu majeur pour limiter les risques sanitaires et favoriser un démarrage rapide. Une fois en atelier d'engraissement, les chevreaux sont logés en cases collectives (50-250 places) et nourris à la louve à partir d'aliments d'allaitement en poudre. Ils sont engraissés 4 à 7 semaines, pour produire des chevreaux légers (10-11 kg de poids vif pour 5-6 kg de carcasse). Les chevreaux lourds (20-30 kg de poids vif), plutôt commercialisés en circuits courts, ne représentent qu'une faible part du marché (~5 %).

2.2.3. Les agneaux laitiers

Comme les agnelles, les agneaux mâles sont allaités par leur mère jusqu'à l'âge de 28 jours. La vente des agneaux représente un co-produit dont la part moyenne se situe, selon les bassins de production, entre 16 et 21 % du produit de l'atelier ovin laitier hors aides. Il existe cependant une forte variabilité liée aux différences de productivité laitière, de prolificité et de valeur des agneaux suivant la période de mise sur le marché (FranceAgriMer, 2018). Deux débouchés existent pour les agneaux (mâle ou femelle) non destinés au renouvellement : 1/ Les agneaux de race Lacaune (~800 000 /an) sont généralement engraissés dans des ateliers spécialisés jusqu'à l'âge de 120 jours et rejoignent le marché des agneaux finis ; 2/ Les agneaux des autres races laitières (~450 000 /an), présentant de faibles aptitudes d'engraissement, sont très majoritairement exportés à l'âge d'un mois pour une consommation d'agneaux de lait en Espagne ou en Italie. Des efforts sont faits par les éleveurs et leurs organisations pour promouvoir la viande d'agneau. Ainsi,

l'Agneau de Lait des Pyrénées bénéficie d'un Label Rouge depuis 1992 et d'une IGP depuis 2012. Ces signes officiels de qualité et d'origine fédèrent plus de 750 éleveurs et concernent environ 15 % des 150 000 agneaux éligibles. Par ailleurs, une réflexion est en cours pour permettre le croisement entre les races locales laitières et des races allaitantes des Pyrénées. Une première étude exploratoire (Ellies-Oury et al., 2022) a montré l'intérêt de ces croisements sur la croissance des agneaux et le poids des carcasses, sans dégradation de la qualité (sensorielle, gras…).

3. LES PRATIQUES D'ELEVAGE ALTERNATIVES

3.1. LES ENQUÈTES FRANCAISES ET EUROPÉENNES

Depuis quelques années, en France et en Europe, des enquêtes ont permis de recenser les pratiques alternatives d'élevage des jeunes mises en place, essentiellement par les éleveurs bovins laitiers. Outre la description des élevages et leurs pratiques, ces enquêtes ont permis de connaître les motivations et le ressenti des éleveurs quant à ces pratiques, ainsi que les avantages qu'ils en retirent et les freins rencontrés.

Une enquête auprès de 102 éleveurs français du Grand Ouest, du Massif central et du Grand Est déclarant pratiquer au moins en partie l'allaitement naturel, a révélé trois grandes pratiques mises en œuvre, pour les génisses de renouvellement comme pour les animaux vendus à 2-3 semaines ou plus tardivement : allaitement maternel seul [31 %], maternel puis artificiel [31 %], maternel puis sous nourrices [25 %] (Michaud et al., 2018). Au sein d'une même exploitation, une option parfois différente est prise pour les veaux de renouvellement et ceux destinés à la vente, avec des durées variables des phases d'allaitement. La taille médiane des élevages était de 60 vaches (8 à 210) et 56 % étaient en AB. La motivation des éleveurs pour ces pratiques concernait principalement l'amélioration de la santé des animaux [51 %] et des conditions de travail [28 %], ainsi que la diminution du temps de travail [46 %] et des coûts d'élevage [31 %]. Parmi les 110 éleveurs initialement interrogés, 7 % avaient récemment fait machine arrière, principalement en raison de la configuration inadaptée de leurs bâtiments.

Dans le cadre du projet européen ProYoungStock, une enquête auprès de 104 élevages répartis dans 6 pays (Autriche, Suisse, Allemagne, France, Italie et Suède) laissant les veaux téter au moins 7 jours a donné des résultats assez similaires quant aux pratiques : allaitement maternel seul [36 %], maternel puis artificiel [22 %], maternel puis sous nourrices [29 %], sous nourrices seul [11 %] (Eriksson et al., 2022). La taille médiane des élevages variait de 25 vaches (Autriche) à 85 (Suède), et 67 % étaient en AB. Dans 46 % des élevages, les veaux étaient en permanence avec les vaches qui les allaitent. Dans 5 % ils étaient réunis sur une demi-journée (le jour ou la nuit) et dans 36 %, ils n'étaient réunis qu'autour de la traite (avant, pendant ou après). Enfin, dans les 13 % d'élevages restant, la durée du contact variait avec l'âge du veau. Les motivations des éleveurs étaient l'amélioration de la santé des veaux [66 %], l'adoption d'un système plus naturel [50 %], la diminution du temps de travail [43 %] et, dans une moindre mesure, la santé des vaches, la demande des consommateurs et l'intérêt économique.

Par ailleurs, une synthèse de 7 enquêtes (au Danemark, en France, aux Pays-Bas et en Norvège) reposant sur 73 interviews d'éleveurs laitiers en AB pratiquant (ou intéressés par) l'allaitement maternel des veaux a été réalisée dans le cadre du projet européen GrazyDaisy (Vaarst et al., 2020). Elle a montré que les ressentis positifs associés à cette pratique (système plus naturel, croissance, apprentissage et santé des veaux, travail plus valorisant) sont en partie contrebalancés par des aspects négatifs (réduction de la quantité de lait vendu, animaux jugés plus « sauvages », stress important lors de la séparation veau-vache).

3.2. L'ÉLEVAGE ALTERNATIF DES FEMELLES DE RENOUVELLEMENT

En France, l'allaitement maternel des femelles de renouvellement des troupeaux ovins laitiers, jusqu'à 28 jours d'âge, répond pleinement à la demande sociétale de maintien du lien mère-jeune. A l'inverse, la situation sanitaire des troupeaux caprins en matière de CAEV, dont le principal mode de transmission est le contact mère-jeune (~95 % des élevages infectés), n'incite pas les éleveurs à adopter l'allaitement maternel. Comme l'ont montré les enquêtes qui précèdent, c'est donc surtout dans les troupeaux bovins laitiers que se développent des pratiques alternatives d'élevage des futures génisses, basées sur l'allaitement maternel ou par des nourrices.

3.2.1. L'élevage maternel des futures génisses

Cette dénomination regroupe de nombreuses pratiques (Sirovnik et al., 2020), qui diffèrent entre autres par :

Le type de contact mère-veau, qui peut être limité (dans le temps, par une barrière, une clôture, une palette anti-tête, un cache-mamelle…) ou non ;

La durée quotidienne du contact qui peut être la journée complète (sauf durant la traite), une demi-journée (entre traite du matin et du soir ou l'inverse) ou lors de courtes périodes avant ou après la traite ;

Le choix du contact si les animaux ne sont pas logés ensemble, qui peut être décidé par le veau (accès à la stabulation des mères), par la vache (accès au parc des veaux) ou par l'éleveur (ouverture/fermeture de portes) ;

La période de contact qui peut être courte (quelques jours à 2-3 semaines) ou longue (jusqu'au sevrage à 8-12 semaines), voire très longue (tant que la mère produit du lait).

D'après une récente synthèse bibliographique (Nicolao, 2022), les multiples combinaisons entre ces modalités ont des effets importants, parfois contradictoires, sur les performances zootechniques et économiques de ces systèmes. Ainsi, la croissance des veaux allaités par leur mère est en général meilleure jusqu'au sevrage, mais celui-ci, moins progressif qu'au seau ou au DAL, entraine une perte de poids temporaire liée à une transition alimentaire brutale. Si la prise de colostrum et sa qualité sont correctes, l'allaitement maternel n'a pas d'impact négatif sur la santé des veaux (voir 3.2.3), et l'observation de leur comportement (social, alimentaire, au pâturage…) témoigne d'une amélioration de leur bien-être. Concernant les performances des vaches, bien que la quantité de lait vendue soit inférieure chez celles qui allaitent, la bibliographie ne conclue pas avec certitude à une diminution de la quantité de lait produite. L'impact semble donc négligeable pour les éleveurs qui nourrissent leurs veaux au lait de tank, comme en AB notamment. A l'inverse, la composition du lait collecté en salle de traite fluctue fortement avec la présence des veaux, avec un taux butyreux (**TB**) inférieur (jusqu'à -8 g/kg) car les veaux consomment plutôt du lait alvéolaire riche en matière grasse, et un taux protéique (**TP**) supérieur (jusqu'à +2 g/kg) témoignant vraisemblablement d'un meilleur bilan énergétique des mères. La santé de la mamelle semble améliorée en présence des veaux, avec une réduction du nombre de mammites mais pas nécessairement du nombre de cellules. La séparation tardive (de 2 à 12 semaines d'âge environ) et non progressive entraine un fort stress chez le veau et sa mère, généralement caractérisé par des meuglements fréquents et une suractivité durant plusieurs jours. On peut aussi enregistrer transitoirement un arrêt de croissance du veau et une baisse de production laitière de la mère. L'impact économique de cette pratique a été très peu étudié vu les multiples modalités possibles et la diversité des exploitations laitières (Knierim et al., 2020). Pour y trouver un intérêt, le passage à l'allaitement maternel ne doit pas entrainer d'aménagements couteux des bâtiments, et les avantages liés au travail (durée, astreinte, pénibilité…) doivent au moins compenser la baisse de production.

De 2017 à 2019, la ferme INRAE Herbipôle de Marcenat a testé cinq modalités de contact entre les veaux femelles et leur mère, soit jusqu'au sevrage (20 min *avant la traite* du matin ; 2,5 h *après la traite* du matin ; 9 h *entre les traites* du matin et du soir ; 6 h *entre les traites* du matin et du soir), soit jusqu'à l'âge de 4 semaines (6 h *entre les traites* du matin et du soir). Ces 5 modalités (5 lots de 14 couples mère-veau) ont été comparées à un lot témoin contemporain, en élevage classique (séparation des veaux à la naissance et alimentation au DAL avec du lait de tank). Les principaux résultats zootechniques (~30 % de lait trait en moins durant la période, baisse du TB de ~3 g/kg, hausse du TP de ~1,5 g/kg, croissance des veaux supérieure de ~100 g/j ; Tableau 2), de santé (pas d'incidence), de reproduction (peu d'incidence) et de stress au sevrage (important chez les veaux et les mères) sont en accord avec la bibliographie (Nicolao, 2022). Trois résultats originaux ont cependant été obtenus lors de ces expérimentations :

- *Un déficit de production d'environ 300 kg de lait* a été mis en évidence au pic de lactation chez les vaches allaitant leur veau (Figure 1). Cette valeur a été calculée en soustrayant au lait produit par les vaches du lot témoin le lait produit par les vaches allaitant leur veau (lait récolté en salle de traite + lait bu par les veaux [pesée hebdomadaire avant et après tétée contrôlée en 2017, ou estimation à partir du poids des veaux en 2018]). La quantité de lait bu par un veau pouvant téter à volonté depuis la naissance représente ~11 % de son poids vif journalier, soit ~450 kg pour un sevrage à 9 semaines ou ~700 kg à 12 semaines en AB.
- *L'allaitement améliore les performances de reproduction des primipares* (-30 j d'intervalle vêlage-vêlage ; *P<0,05* ; non publié), mais pas des multipares. Ce résultat, particulièrement prometteur dans la mesure où les primipares ont généralement des difficultés à se reproduire rapidement après vêlage, semble lié à un meilleur bilan énergétique.
- *Une concentration de cortisol dans les poils 26 % plus faible* (*P<0,05*) a été mesurée avant sevrage chez des veaux allaités par leur mère durant la journée, comparativement à des veaux élevés au DAL dès la naissance (Pomiès et al., 2022). L'accumulation de cortisol dans le poil de la naissance au sevrage reflétant le stress chronique des veaux durant la période d'allaitement, l'élevage maternel semble donc bien favoriser le bien-être des veaux. Des travaux sont en cours pour rendre moins stressante la séparation mère-veau au sevrage.

Enfin, les résultats obtenus lors de ces expérimentations (quantité et composition de lait vendu, croissance des veaux, charge de travail…) ont permis de simuler l'impact économique de deux des pratiques testées jusqu'au sevrage (allaitement maternel restreint *avant la traite* du matin ou libre *entre les traites* du matin et du soir), en comparaison avec la pratique classique. Ces simulations, réalisées à partir de l'outil Diapason sur trois cas-type Inosys Réseaux d'élevage (représentatifs de trois systèmes d'élevage laitiers français, qualifiés d'*extensif*, *intensif* et *Bio*), ont montré que le produit laitier brut diminue systématiquement (-2,2 % en moyenne) avec l'allaitement maternel. Mais si l'allaitement restreint, très chronophage, pénalise également le revenu des éleveurs par l'augmentation des charges de main d'œuvre (+60 %), l'allaitement libre semble au contraire n'avoir aucun impact économique (Nicolao, 2022).



Figure 1 Production laitière en début de lactation chez des vaches allaitant ou non leur veau (d'après Nicolao et al., 2022)

3.2.2. L'élevage des futures génisses par des nourrices

Pour mieux appréhender la conduite des veaux sous nourrices qui se développe en France depuis 2010, une enquête a été réalisée en 2019 auprès de 20 élevages du nord-ouest l'ayant mise en place (Constancis et al., 2022b). Cette conduite s'inscrit généralement dans un système d'élevage agroécologique, basé sur le pâturage, avec 2/3 des éleveurs enquêtés qui regroupent les vêlages au printemps. Cela leur permet d'avoir peu de différence d'âge entre veaux à l'adoption (<1 semaine), au pâturage (<2 mois), et de lier croissance des génisses et pousse de l'herbe. Ces élevages ont un taux de renouvellement faible (27 %), ils pratiquent souvent le croisement entre races (75 %), la monotraite (50 %), la transformation du lait et la vente directe. L'élevage des futures génisses par des nourrices ne suit pas une conduite type mais un ensemble de pratiques adaptées à chaque ferme, réparties en trois ou quatre phases. 1/ Après la naissance, le veau reste seul quelques jours avec sa mère. 2/ Si le veau passe par une phase d'alimentation au seau, il reste moins de trois jours avec sa mère. Cette phase optionnelle (~9 jours), réalisée par la moitié des éleveurs, permet d'attendre la naissance d'autres veaux pour les faire adopter ensemble par une même nourrice. Si le veau passe directement de sa mère à une nourrice, il reste environ une semaine avec sa mère. 3/ La phase d'adoption consiste à mettre dans une case, en bâtiment, deux ou trois veaux avec une vache retirée du troupeau laitier. Les nourrices, qui représentent ~12 % du troupeau laitier, sont en majorité des vaches à réformer pour cause de mammite subclinique, d'infécondité ou de boiterie. Au pâturage, le bénéfice pour ces dernières est de ne plus rester sur le sol en béton des bâtiments, ni d'aller deux fois par jour en salle de traite. Certaines nourrices sont également sélectionnées pour leur caractère maternel, selon le ressenti de l'éleveur. L'adoption, qui selon les éleveurs se passe bien dans 90 % des cas, constitue l'étape clé de cette conduite. Elle nécessite une attention particulière afin de contrôler que les veaux tètent bien leur nourrice. Si ce n'est pas le cas, un cornadis voire une entrave peuvent être utilisés pendant les premiers jours ; si cela n'est pas suffisant, les éleveurs changent de nourrice. Cette phase d'adoption dure en moyenne une semaine. 4/ La mise à l'herbe, précoce, est réalisée à l'âge d'un mois en moyenne, dès que les conditions météorologiques et l'état des parcelles le permettent. La conduite sous nourrices permet ainsi aux éleveurs en AB de se conformer à la nouvelle réglementation concernant l'accès des veaux à une aire d'exercice extérieure.

	< - - - - - - - - - - **Essai 1 – 2017** - - - - - - - - - - >		**Essai 2 – 2018**	< - - - - - **Essai 3 – 2019** - - - - >	
Contacts pour allaitement maternel des veaux					
Période de contact	< - - - - - - - - - - - - - Jusqu'au sevrage (10 à 12 semaines) - - - - - - - - - - - - - >				4 semaines
Durée quotidienne	20 minutes	2,5 heures*	9 heures	6 heures	6 heures
Moment	Avant la traite *(matin)*	Après la traite *(matin)**	Entre la traite du matin et la traite du soir		
Performances des mères durant les 16 premières semaines de lactation *(par rapport aux vaches du lot témoin)*					
Lait trait *(kg/j)*	-10,6 *[-45 %]*	-7,0* *[-29 %]*	-8,3 *[-31 %]*	-7,8 *[-30 %]*	-5,4 *[-21 %]*
TB lait trait *(g/kg)*	+3,2	-4,7*	-5,8	-4,0	-0,8 *(ns)*
TP lait trait *(g/kg)*	+3,0	+0,3* *(ns)*	+1,3	+1,0	+1,6
Performance des veaux jusqu'au sevrage *(par rapport aux veaux du lot témoin)*					
Croissance *(g/j)*	+171	-247*	+7 *(ns)*	+251	-34 *(ns)*

** sur les 8 premières semaines de lactation uniquement (arrêt de l'essai pour le lot suite à la trop faible croissance des veaux)*
ns = différence statistique non significative

Tableau 2 Conséquences zootechniques de différentes pratiques d'allaitement maternel des veaux laitiers, comparativement à un élevage classique *(veaux séparés à la naissance et alimentés au DAL)* lors de trois essais (d'après Nicolao, 2022)

Le sevrage a lieu à l'automne ou en hiver, en bâtiment, afin d'éviter que les veaux (âgés de 4 à 10 mois) ne cassent les clôtures pour rejoindre leur nourrice. Certains éleveurs, qui laissent une ou deux vaches taries avec les veaux pour un sevrage moins brutal, constatent que ces derniers sont plus calmes. Cette facilité de conduite pousse quelques éleveurs à élever avec les futures génisses des veaux ne servant pas au renouvellement du troupeau, pour les vendre vers l'âge de 6 mois, voire plus tardivement.

Les éleveurs sont majoritairement satisfaits de cette conduite qui améliore leurs conditions de travail. Ils la perçoivent comme plus naturelle, favorable au bien-être des animaux, permettant d'éviter l'apparition de comportements stéréotypés et favorisant l'intégration des futures génisses dans le troupeau laitier. Toutefois, la diminution de leurs relations avec les veaux fait craindre aux éleveurs que ceux-ci ne deviennent « sauvages », et les incite à accroitre leur présence auprès des futures génisses.

Les veaux élevés sous nourrices ont une bonne croissance durant les trois premiers mois (>800 g/j), qui diminue transitoirement autour de 450 g/j en bâtiment si le sevrage a lieu avant ou à la rentrée à l'étable. Pour les veaux nés en automne, on n'observe pas de diminution importante de croissance au sevrage car il survient lors de la mise à l'herbe. La majorité des éleveurs indique que la mise en place de cette conduite permet d'avancer l'âge de mise à la reproduction des génisses jusqu'à un objectif de vêlage à 24 mois. En revanche les nourrices, principalement nourries à l'herbe et fortement sollicitées par les tétées, ont tendance à maigrir. Pour éviter cela, plusieurs leviers sont possibles comme utiliser des nourrices de race rustique, les choisir en bon état corporel et en début de lactation, complémenter leur ration, réduire le nombre de veaux par nourrice et sevrer plus tôt. La conduite des veaux sous nourrices entraine une diminution des quantités de lait vendu, et donc possiblement de revenu pour l'éleveur. Mais la bonne santé des veaux permettrait de diminuer les frais vétérinaires. De plus, en induisant une bonne croissance et un âge au vêlage précoce, cette conduite réduit la période d'improductivité des génisses. Réalisée au pâturage, elle permet aussi de diminuer les quantités de paille et d'aliment concentré destinées aux génisses. Les éleveurs estiment que cette conduite, nécessitant peu de frais de mise en œuvre, est globalement rentable, ce qui reste à confirmer par une étude économique.

3.2.3. Focus sur les aspects sanitaires

Les éleveurs laissant les veaux avec les mères ou les nourrices constatent majoritairement une amélioration de la santé des veaux (diarrhée, maladie respiratoire) et des vaches (mammites, fertilité) (Constancis et al., 2022b ; Eriksson et al., 2022 ; Vaarst et al., 2020).

Laisser les veaux avec les mères ou les nourrices, notamment au pâturage, permet de diminuer le contact direct entre veaux et de limiter la transmission de pathogènes par rapport aux veaux regroupés classiquement dans des parcs, avec une plus forte densité. Les veaux sous la mère ou sous nourrices ont moins de diarrhées néonatales, notamment dues à la cryptosporidiose, et une mortalité plus faible (Beaver et al., 2019 ; Constancis et al., 2021). Toutefois, des diarrhées transitoires, associées par les éleveurs à une trop grande consommation de lait, ont parfois été rapportées.

Les veaux pâturant avec les mères ou les nourrices sont moins exposés aux strongles gastro-intestinaux présents, grâce aux vaches immunes qui assainissent les parcelles en ingérant des larves et excrétant peu d'œufs dans leur fèces (Constancis et al., 2022a). De plus, l'alimentation principalement lactée des veaux jusqu'à trois mois d'âge se traduit par une faible ingestion d'herbe et donc de larves. Une bonne conduite du pâturage (pâturage tournant, temps de retour long sur chaque parcelle…) est cependant nécessaire pour réduire le risque parasitaire chez ces veaux. Pour les veaux conduits avec les mères ou les nourrices en bâtiment jusqu'au sevrage, l'exposition aux parasites lors du pâturage est similaire au système classique d'élevage des génisses.

3.3. L'ÉLEVAGE DES JEUNES MÂLES POUR UNE MEILLEURE VALORISATION

En France, les trois filières laitières sont excédentaires en jeunes mâles par rapport au débouchés nationaux. Si la vente des agneaux représente une part significative de l'atelier laitier (voir plus haut), le prix payé aux éleveurs pour les chevreaux de 8 jours (parfois égal à zéro) est un réel problème. Concernant les veaux, l'augmentation des exportations en vif (outre l'aspect éthique soulevé) pourrait à terme déséquilibrer la filière. D'où la recherche par les éleveurs et les filières d'alternatives à ces situations.

3.3.1. L'engraissement des chevreaux à la ferme

Si l'engraissement des chevreaux mâles a majoritairement lieu dans des ateliers spécialisés, il existe toutefois des éleveurs qui les engraissent à la ferme. Une enquête a été réalisée en 2019 auprès de 57 de ces éleveurs, dans le cadre du projet ValCabri. Elle a montré l'existence d'une grande diversité de pratiques, de chevreaux produits et de circuits de commercialisation, qu'il s'agisse d'élevages livreurs de lait ou de fromagers fermiers.

La diversité des pratiques concerne les aspects sanitaires (qui restent un sujet d'inquiétude bien que 39 % des éleveurs déclarent ne réaliser aucun traitement), l'alimentation et les bâtiments. Ainsi, 37 % des éleveurs utilisent un aliment d'allaitement en poudre, 27 % du lait non commercialisable, 15 % du lait commercialisable et 20 % laissent les chevreaux sous les mères. La moitié des élevages dispose d'un bâtiment dédié à l'engraissement des chevreaux (en moyenne 210 par an contre 60 pour ceux qui n'en disposent pas). Les chevreaux produits sont dits légers (engraissés 3 à 5 semaines), lourds

(5 à 8 semaines) ou très lourds (>2,5 mois). Dans 80 % des élevages, un seul type de chevreau est produit, et à chaque type correspond un marché : chevreaux légers plutôt vendus en filière longue, chevreaux lourds et très lourds à des bouchers ou des particuliers (vente directe dans 2/3 des cas). Diverses motivations sont à l'origine de cette pratique d'engraissement : tradition, meilleure valorisation des chevreaux (ne plus les considérer comme des sous-produits), diversification, report du lait au pic de production, valorisation du lait non commercialisable en début de lactation, atouts intrinsèques (disponibilité en bâtiment, en main d'œuvre...), voire obligation (élevage hors secteur de ramassage des chevreaux de 8 jours). Pour les éleveurs qui le peuvent, le décalage des mise-bas peut aussi favoriser la valorisation des chevreaux, en termes de marché et de prix.

L'engraissement à la ferme, notamment pour les éleveurs qui cherchent à développer des débouchés en circuits courts, est fortement lié à la question du transport des jeunes chevreaux et aux possibilités d'abattage de proximité (fermeture de 125 abattoirs entre 2002 et 2010, dont 8 spécialisés en chevreaux ; Ravaux, 2011).

Au-delà de l'engraissement à la ferme, et au regard des débouchés actuels pour la viande de chevreau, la filière s'intéresse aussi aux stratégies susceptibles de réduire le nombre de chevreaux commercialisés en circuits long, afin de limiter la part de viande de chevreau congelée exportée. Ainsi, le recours à des lactations longues (en moyenne deux années sans mise-bas) se développe, notamment depuis la crise sanitaire de 2020. Cela pourrait avoir une incidence sur les systèmes d'élevage, la gestion des troupeaux et, par conséquent, sur la santé et le bien-être des chèvres et des chevreaux (diminution des réformes pour défaut de fertilité, de la mortalité à la mise bas, et disponibilité des éleveurs accrue pour les soins aux chevreaux).

3.3.2. La recherche d'alternatives en élevage bovin

Comme décrit précédemment, avec la baisse des débouchés nationaux, les jeunes veaux laitiers français sont de plus en plus exportés, avec des transports de longue durée pointés du doigt par la société. L'interprofession de la filière veau de boucherie, (Interbev Veaux) s'est saisie de ces critiques pour les intégrer comme priorités dans l'établissement du *Plan de filière veau française*, ainsi que dans la mise en œuvre du *Pacte pour un engagement sociétal*, fin 2017. Le projet Casdar RenouVEAU (2020-2023), porté par l'Institut de l'Elevage, vise ainsi à mettre au point et tester de nouveaux modes de production de veaux issus des troupeaux laitiers, innovants du point de vue du logement (accès extérieur, par exemple) et des conduites (alimentation solide et liquide, par exemple). Concernant la viande rouge, alors que sa consommation moyenne diminue, seuls les produits élaborés et la restauration hors domicile se développent. Ces créneaux, approvisionnés essentiellement par des viandes importées d'origine laitière, recherchent des carcasses légères (~300 kg) et bien finies, ne correspondant pas aux bovins allaitants français. Des alternatives, basées sur le développement d'une production de jeunes animaux croisés lait-viande, pourraient donc s'envisager afin de valoriser une partie des veaux issus de la filière laitière. Les travaux engagés en 2015 à la demande d'Interbev Bretagne sur une production de jeunes bœufs et génisses laitiers (15-17 mois) se poursuivent au CIRBEEF (Mauron, Ferme des Bouviers), dans le cadre du projet Valoveau, avec l'appui du Cniel. Les essais actuels concernent des veaux croisés (lait x viande) conduits en jeunes bœufs et jeunes génisses. Les croisements retenus correspondent aux principales races utilisées sur vaches Prim'Holstein (Blanc-bleu, Charolaise, Limousine, INRA95), illustrant une diversité de précocités. Des veaux croisés Angus (largement présents dans les pays anglo-saxons), des veaux de race Normande purs et des croisés Normande x Limousine sont également étudiés. Deux conduites, correspondant à deux périodes de naissance, sont testées et cherchent à valoriser au mieux les fourrages de l'exploitation : 1/ des naissances d'automne, avec une production de jeunes bœufs/génisses conduits au pâturage la première année et finis en bâtiment ; 2/ des naissances d'hiver, avec une phase de pâturage la première année, un hivernage en bâtiment, puis une finition au pâturage. Sur les 167 jeunes bœufs déjà abattus, les croissances sont de 1 067 g/j pour les veaux nés en automne et 960 g/j pour ceux nés l'hiver. L'âge à l'abattage et le poids de carcasse moyens sont de 17 mois et 307 kg, avec 68 % des carcasses ayant la conformation recherchée par les abattoirs (de O+ à R= ; Fossaert et al., 2022). Les résultats de ces travaux, mis à la disposition des éleveurs et des acteurs de la filière, doivent servir de socle aux discussions autour de nouveaux schémas d'organisation et participer au développement de démarches qui apparaissent déjà sur le terrain.

CONCLUSION

De nouvelles pratiques d'élevage des jeunes ruminants laitiers apparaissent en France pour répondre aux attentes des citoyens, des éleveurs et des filières (allaitement naturel, engraissement à la ferme, accès à l'extérieur…). Un apport de connaissances est encore nécessaire pour un déploiement à plus grande échelle. Cela concerne par exemple les aspects sanitaires (problème du CAEV au sein des troupeaux caprins), de conduite d'élevage (stress lors des séparations mère-jeune tardives), économiques (modélisation des nombreuses pratiques d'allaitement naturel) ou commerciaux (développement de la consommation de viande de chevreau). D'autres pratiques sont encore à explorer, comme l'allongement des lactations en bovins et caprins, qui permettrait de réduire le nombre annuel de naissances. Cependant, malgré les progrès attendus, ces nouvelles pratiques d'élevage des jeunes, mâles et femelles, ne pourront se développer dans filières laitières que si 1/ des démarches voient le jour pour une identification claire des produits (viande et lait) issus de ces élevages plus respectueux du bien-être des animaux et 2/ des consommateurs consentent à payer ces produits plus chers que des produits standard.

Les auteurs remercient Renée de Crémoux, Emmanuel Morin, Catherine de Boissieu, Magdelena Chanteperdrix, Christophe Martineau et Didier Bastien, de l'Institut de l'Elevage, pour leurs contributions à ce texte.

Agreste, 2022. Chiffres & données - Statistique agricole annuelle 2021 - Chiffres provisoires, mai 2022 N°5, 64 p.

Beaver, A., Meagher, R.K., von Keyserlingk, M.A.G., Weary, D.M., 2019. Invited review: A systematic review of the effects of early separation on dairy cow and calf health. J. Dairy Sci. 102, 5784–5810. https://doi.org/https://doi.org/10.3168/jds.2018-15603

Cap Pradel, 2019. Allaiter ses chevreaux avec du lait maternel acidifié. Fiche de Cap Pradel. 4 p.

Chniter, M., Dhaoui, A., Hammadi, M., Khorchani, T., Ben Hamouda, M., Poindron, P., Cornilleau, F., Lévy, F., Nowak, R., 2017. Mother–young bonding in prolific D'man and Romanov sheep. J. Ethol. 35, 297–305. https://doi.org/10.1007/s10164-017-0521-0

Constancis, C., Chartier, C., Leligois, M., Brisseau, N., Bareille, N., Strube, C., Ravinet, N., 2022a. Gastrointestinal nematode and lungworm infections in organic dairy calves reared with nurse cows during their first grazing season in western France. Vet. Parasitol. 302, 109659. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2022.109659

Constancis, C., Hellec, F., Bareille, N., Vaarst, M., 2022b. Introduction and development of foster cow systems on organic dairy farms in France. Biol. Agric. Hortic. 1–18. https://doi.org/10.1080/01448765.2022.2124884

Constancis, C., Ravinet, N., Bernard, M., Lehebel, A., Brisseau, N., Chartier, C., 2021. Rearing system with nurse cows and risk factors for Cryptosporidium infection in organic dairy calves. Prev. Vet. Med. 190, 105321.

https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2021.105321
Dwyer, C.M., 2014. Maternal behaviour and lamb survival: from neuroendocrinology to practical application. Animal 8, 102–112. https://doi.org/DOI: 10.1017/S1751731113001614
Ehrhardt, N., Chaigneau, P., Jourdain, L., Baudry, C., 2014. Réussite du transfert d'immunité passive et qualité du colostrum chez les caprins dans les Deux-Sèvres. Renc. Rech. Rum. 21, 317–320.
Ellies-Oury, M.-P., Papillon, S., Arranz, J.-M., Carpentier, D., 2022. IGP Agneau de lait des Pyrénées : première étude exploratoire. Viandes Prod. Carnés 3811, 1–9.
Eriksson, H., Fall, N., Ivemeyer, S., Knierim, U., Simantke, **C., Fuerst-Waltl, B., Winckler, C., Weissensteiner, R., Pomiès, D., Martin, B., Michaud, A., Priolo, A., Caccamo, M., Sakowski, T., Stachelek, M., Spengler Neff, A., Bieber, A., Schneider, C., Alvåsen, K., 2022**. Strategies for keeping dairy cows and calves together – a cross-sectional survey study. animal 16, 100624. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.animal.2022.100624
Fonsêca, V.F.C., Saraiva, E.P., Arruda, M.F., Pereira, W.E., Pimenta Filho, E.C., Santos, S.G.C.G., Amorim, M.L.C.M., Silva, J.A., 2016. Mother-offspring relationship in Morada Nova sheep bred in a tropical semiarid environment: A perspective on maternal investment and parental conflict. Appl. Anim. Behav. Sci. 183, 51–58. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.applanim.2016.07.002
Fossaert, C., Guy, F., Bertron, J.J., Dechaux, T., Brouard, S., 2022. Produire de la viande rouge à partir de veaux laitiers, une solution pour répondre aux attentes du consommateur sur le marché de la RHD. Renc. Rech. Rum. *A paraitre*.
FranceAgriMer, 2018. Les études de FranceAgriMer – Le marché des agneaux de races laitières et leur place dans la filière viande ovine française. Mars 2018. 10 p.
Freitas-de-Melo, A., Ungerfeld, R., Hötzel, M.J., Abud, M.J., Alvarez-Oxiley, A., Orihuela, A., Damián, J.P., Pérez-Clariget, R., 2015. Mother–young behaviours at lambing in grazing ewes: Effects of lamb sex and food restriction in pregnancy. Appl. Anim. Behav. Sci. 168, 31–36. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.applanim.2015.04.009
Gerber, P., Corbière, F., 2017. Rapport final du projet DIARRA : Contrôle de la diarrhée des agneaux en élevage ovin laitier, rapport d'étude FranceAgriMer, non publié.
Inosys Réseaux d'élevage caprins – Région Centre, 2014. Réussir l'élevage des chevrettes, de la naissance à la mise-bas. Coll. Théma. 24 p.
INRA, 2010. Alimentation des bovins, ovins et caprins. Besoins des animaux - Valeurs des aliments. Tables Inra 2007. Mise à jour 2010.
Institut de l'Elevage, 2010. Guide pratique de l'alimentation du troupeau bovin laitier. Coll. Les incontournables. Editions Quae, Paris, 261 p.
Institut de l'Elevage, 2021. Valorisation des veaux laitiers : comparaison dans 10 pays. Coll. Les dossiers économie de l'élevage, N° 523, 34 p.
Institut de l'Elevage et France Conseil Elevage, 2021. Résultats de contrôle laitier – Espèce bovine France 2020. Coll. Résultats. 120 p.
Jensen, M.B., 2012. Behaviour around the time of calving in dairy cows. Appl. Anim. Behav. Sci. 139, 195–202. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.applanim.2012.04.002
Jurquet, J., Philibert, A., Plouzin, D., Le Cozler, Y., 2020. Birth weight and early nutrition affect performance of Holstein heifers only until 15 months of age, in: Committee, E.S. (Ed.), Book of Abstracts of the 71st Annual Meeting of the European Association for Animal Production. Virtual Meeting. 1-4 Dec 2020. Wageningen Academic Publishers, p. 446. https://doi.org/10.3920/978-90-8686-900-8
Knierim, U., Wicklow, D., Ivemeyer, S., Möller, D., 2020. A framework for the socio-economic evaluation of rearing systems of dairy calves with or without cow contact. J. Dairy Res. 1–5. https://doi.org/10.1017/S0022029920000473
Lacuesta, L., Giriboni, J., Orihuela, A., Ungerfeld, R., 2018. Bucks reared in close contact with adult does prefer to interact with females than with males. Small Rumin. Res. 162, 22–24. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2017.11.006
Langbein, J., Scheibe, K. -M., Eichhorn, K., 1998. Investigations on periparturient behaviour in free-ranging mouflon sheep (*Ovis orientalis musimon*). J. Zool. 244, 553–561. https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.1998.tb00060.x
Le Cozler, Y., Peccatte, J.R., Porhiel, J.Y., Brunschwig, P., Disenhaus, C., 2009. Pratiques d'élevages et performances des génisses laitières : état des connaissances et perspectives. INRA Prod. Anim. 22, 303–316.
Le Cozler, Y., Recoursé, O., Ganche, E., Giraud, D., Danel, J., Bertin, M., Brunschwig, P., 2012. A survey on dairy heifer farm management practices in a Western-European plainland, the French Pays de la Loire region. J. Agric. Sci. 150, 518–533. https://doi.org/10.1017/s0021859612000032
Mathieu, Y., Le Cozler, Y., Trou, G., François, J., Plouzin, D., Brunschwig, P., 2014. Pratiques de l'élevage des génisses laitières dans l'Ouest de la France : pistes d'évolution pour assurer l'après 2015. Renc. Rech. Rum. 21, 215–218.
May, R., van Dijk, J., Forland, J.M., Andersen, R., Landa, A., 2008. Behavioural patterns in ewe–lamb pairs and vulnerability to predation by wolverines. Appl. Anim. Behav. Sci. 112, 58–67. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.applanim.2007.07.009
Michaud, A., Cliozier, A., Bec, H., Chassaing, C., Disenhaus, **C., Drulhet, T., Martin, B., Pomiès, D., Le Cozler, Y., 2018.** Déléguer l'allaitement des veaux laitiers aux vaches ? Résultats d'enquêtes auprès des éleveurs. Renc. Rech. Rum. 24, 66–69.
Mora-Medina, P., Mota-Rojas, D., Arch-Tirado, E., Orozco-Gregorio, H., 2015. Animal welfare in lambs: ewe-lamb separation. Large Anim. Rev. 21, 39–44.
Morin, E., 2020. Valorisation annuelle des données Inosys Réseaux d'élevage. Document non publié.
Naspetti, S., Mandolesi, S., Buysse, J., Latvala, T., Nicholas, **P., Padel, S., Van Loo, E.J., Zanoli, R., 2021.** Consumer perception of sustainable practices in dairy production. Agric. Food Econ. 9. https://doi.org/10.1186/S40100-020-00175-Z
Nicolao, A., 2022. Suckling of dairy calves by their dams: consequences on performance, feeding behavior and animal welfare. University of Padova.
Nicolao, A., Veissier, I., Bouchon, M., Sturaro, E., Martin, B., Pomiès, D., 2022. Animal performance and stress at weaning when dairy cows suckle their calves for short versus long daily durations. Animal 16, 100536. https://doi.org/10.1016/j.animal.2022.100536
Placzek, M., Christoph-Schulz, I., Barth, K., 2021. Public attitude towards cow-calf separation and other common practices of calf rearing in dairy farming—a review. Org. Agric. https://doi.org/10.1007/s13165-020-00321-3
Pomiès, D., Nicolao, A., Veissier, I., Alvåsen, K., Martin, B., 2022. Stress in dairy calves suckled or not by their dam assessed from cortisol in hair, in: Committee, E.S. (Ed.), Book of Abstracts of the 73rd Annual Meeting of the European Association for Animal Production. Porto, Portugal. 5-9 Sept 2022. Wageningen Academic Publishers, p. 353. https://doi.org/10.3920/978-90-8686-937-4
Proudfoot, K.L., Jensen, M.B., Weary, D.M., von Keyserlingk, M.A.G., 2014. Dairy cows seek isolation at calving and when ill. J. Dairy Sci. 97, 2731–2739. https://doi.org/https://doi.org/10.3168/jds.2013-7274
Raussi, S., Niskanen, S., Siivonen, J., Hänninen, L., Hepola, **H., Jauhiainen, L., Veissier, I., 2010.** The formation of preferential relationships at early age in cattle. Behav. Processes 84, 726–731. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.beproc.2010.05.005
Ravaux, X., 2011. Filière abattoir : synthèse des études et

données économiques et sanitaires disponibles fin 2010. Rapport au conseil général de l'alimentation, de l'agriculture et des espaces ruraux. 45p.
Reproscope, 2022. Institut de l'Elevage. http://www.reproscope.fr/ (site consulté le 30/05/2022).
Rørvang, M.V., Nielsen, B.L., Herskin, M.S., Jensen, M.B., 2018. Prepartum Maternal Behavior of Domesticated Cattle: A Comparison with Managed, Feral, and Wild Ungulates. Front. Vet. Sci. 5:45. https://doi.org/10.3389/fvets.2018.00045
Sahlu, T., Carneiro, H., El Shaer, H.M., Fernandez, J.M., 1992. Production Performance and Physiological Responses of Angora Goat Kids Fed Acidified Milk Replacer1. J. Dairy Sci. 75, 1643–1650. https://doi.org/https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(92)77921-1
Schaal, B., Orgeur, P., Arnould, C., 1995. Olfactory Preferences in Newborn Lambs: Possible Influence of Prenatal Experience. Behaviour 132, 351–365. https://doi.org/https://doi.org/10.1163/156853995X00603
Sirovnik, J., Barth, K., de Oliveira, D., Ferneborg, S., Haskell, **M.J., Hillmann, E., Jensen, M.B., Mejdell, C.M., Napolitano, F., Vaarst, M., Verwer, C.M., Waiblinger, S., Zipp, K.A., Johnsen, J.F., 2020.** Methodological terminology and definitions for research and discussion of cow-calf contact systems. J. Dairy Res. 1–7. https://doi.org/10.1017/S0022029920000564
Teagasc, 2017. Teagasc Calf Rearing Manual – Best practice from birth to three months. 152 p.
Théoret-Gosselin, R., Hamel, S., Côté, S.D., 2015. The role of maternal behavior and offspring development in the survival of mountain goat kids. Oecologia 178, 175–186. https://doi.org/10.1007/s00442-014-3198-x
Thorhallsdottir, A.G., Provenza, F.D., Balph, D.F., 1990. The role of the mother in the intake of harmful foods by lambs. Appl. Anim. Behav. Sci. 25, 35–44. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0168-1591(90)90067-N
Toinon, C., Waiblinger, S., Rault, J.-L., 2021. Maternal deprivation affects goat kids' stress coping behaviour. Physiol. Behav. 239, 113494. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2021.113494
Ungerfeld, R., Freitas-de-Melo, A., Nowak, R., Lévy, F., 2018. Preference for the mother does not last long after weaning at 3 months of age in sheep. Appl. Anim. Behav. Sci. 205, 28–33. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.applanim.2018.05.018
Vaarst, M., Hellec, F., Verwer, C., Johanssen, J.R.E., Sørheim, K., 2020. Cow calf contact in dairy herds viewed from the perspectives of calves, cows, humans and the farming system. Farmers' perceptions and experiences related to dam-rearing systems. Landbauforschung- J. Sustain. Org. Agric. Syst. 70, 49–57. https://doi.org/DOI:10.3220/LBF1596195636000
van Dyke, R., Miele, A., Connor, M., 2021. An Investigation into the Perceptions of Veterinarians towards Calf Welfare in New Zealand. Animals 11. https://doi.org/10.3390/ani11020421
Veissier, I., Boissy, A., Nowak, R., Orgeur, P., Poindron, P., 1998. Ontogeny of social awareness in domestic herbivores. Appl. Anim. Behav. Sci. 57, 233–245. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0168-1591(98)00099-9
Veissier, I., Care, S., Pomies, D., 2013. Suckling, weaning, and the development of oral behaviours in dairy calves. Appl. Anim. Behav. Sci. 147, 11–18. https://doi.org/DOI 10.1016/j.applanim.2013.05.002
Veissier, I., Lamy, D., Le Neindre, P., 1990a. Social behaviour in domestic beef cattle when yearling calves are left with the cows for the next calving. Appl. Anim. Behav. Sci. 27, 193–200. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0168-1591(90)90056-J
Veissier, I., Le Neindre, P., Garel, J.P., 1990b. Decrease in cow-calf attachment after weaning. Behav. Processes 21, 95–105.
Waiblinger, S., Wagner, K., Hillmann, E., Barth, K., 2020. Play and social behaviour of calves with or without access to their dam and other cows. J. Dairy Res. 1–4. https://doi.org/10.1017/S0022029920000540

Allaitement maternel des veaux laitiers : quel compromis entre croissance des veaux, production laitière et bien-être animal ?

BOUCHON M. (1), NICOLAO A. (2,3), STURARO E (3), MARTIN B. (2), POMIES D. (2)
(1) INRAE, UE Herbipôle, 63122 Saint-Genes-Champanelle, France
(2) INRAE, Université Clermont Auvergne, VetAgro Sup, UMR Herbivores, 63122 Saint-Genes-Champanelle, France
(3) DAFNAE, University of Padova, Viale dell'Università, 35020 Legnaro, Italie

RESUME - En élevage laitier, la séparation précoce des veaux de leur mère est une pratique courante qui soulève de plus en plus de controverses. Deux essais ont été mis en place pour tester trois pratiques d'élevage permettant le maintien du lien mère-veau durant la journée (9h-17h), jusqu'à trois semaines ou jusqu'au sevrage, en comparaison de veaux nourris au distributeur automatique de lait. Les pratiques encourageant un temps de contact long (jusqu'au sevrage) ont abouti à des pertes de production laitière en salle de traite importantes en comparaison de vaches n'allaitant pas leur veau (jusqu'à -31% sur les 16 premières semaines de lactation), en plus d'une modification importante de la composition du lait (jusqu'à -5.8 g/kg de taux butyreux et -1.3 g/kg de taux protéique). Les vaches élevant leur veau un temps plus court (séparation à trois semaines puis élevage au distributeur automatique de lait) présentent des résultats intermédiaires. En parallèle, les différentes pratiques testées ont été bénéfiques à la croissance des veaux avant sevrage (jusqu'à +9.4 kg au sevrage), même si la séparation et/ou le sevrage ont été plus stressants lorsqu'ils ont vécu avec leur mère.

Dairy calves suckled by their dam: which compromise between calf growth, milk production and animal welfare?

BOUCHON M. (1), NICOLAO A. (2,3), STURARO E (3), MARTIN B. (2) , POMIES D. (2)
(1) INRAE, UE Herbipôle, 63122 Saint-Genes-Champanelle, France

SUMMARY - In dairy farms, early separation of calves is a common practice that is becoming increasingly controversial. Two trials were set up to test three rearing practices that allow to maintain the calves with their dam during the day (9am-5pm), up to 3 weeks of age or up to weaning, and compared to calves fed from an automatic milk dispenser. The practices encouraging long contact time (until weaning) resulted in significant losses in milk production at the milking parlour compared to cows not suckling their calves (up to -31% from week 1 to 16), in addition to a significant change in milk composition (up to -5.8 g/kg of fat and -1.3 g/kg of protein). Cows rearing their calves for a shorter time (separation at three weeks and then rearing at the automatic milk dispenser) showed intermediate results. In parallel, the different practices tested were beneficial to calf growth before weaning (up to +9.4 kg at weaning), even if separation and/or weaning were more stressful when they have lived with their dams.

INTRODUCTION

Dans la majeure partie des élevages laitiers européens, les veaux sont séparés de leur mère quelques heures après la naissance (Bush *et al.* 2017). Ils sont ensuite nourris avec des lacto-remplaceurs ou du lait non commercialisable, distribué au seau ou au distributeur automatique de lait (**DAL**), et reçoivent des quantités croissantes d'aliments solides jusqu'au sevrage (Le Cozler *et al.* 2012). Cette pratique permet entre autres de maximiser la quantité de lait commercialisé, de contrôler l'ingestion de colostrum et de lait par les veaux et est réputée permettre une meilleure gestion de leur santé. Bien que courante, cette séparation précoce soulève de plus en plus de controverses, notamment en termes de bien-être animal (Placzek *et al.* 2021), puisque les consommateurs associent le bien-être à la capacité des animaux à exprimer un comportement naturel, ici la tétée. Les pratiques encourageant le contact mère-veau durant plusieurs semaines après la naissance commencent à se répandre pour répondre à ces attentes (Michaud *et al.*, 2018), mais restent assez peu documentées. Les tétées, avant la traite lorsque la durée du contact est limitée (Cozma *et al.* 2013) ou après la traite (Nicolao et al. 2022) affectent peu la production laitière, mais tendent à avoir des répercussions négatives sur la croissance des veaux. A l'inverse, un contact mère-veau permanent réduit fortement les quantités de lait recueillies en salle de traite (Pomies *et al.* 2010). Dans les deux cas, il est reporté que le sevrage et la séparation des veaux de leur mère (qui a lieu entre 8 et 12 semaines), notamment de par sa soudaineté, est une période de stress importante. L'habituation à la séparation pourrait en revanche permettre de réduire ce stress (Loberg *et al.* 2008). Nous proposons donc ici de tester des pratiques d'allaitement des veaux sous la mère pendant une partie de la journée seulement, et qui pourraient représenter un compromis acceptable, en termes de croissance des veaux, de production laitière et de bien-être animal.

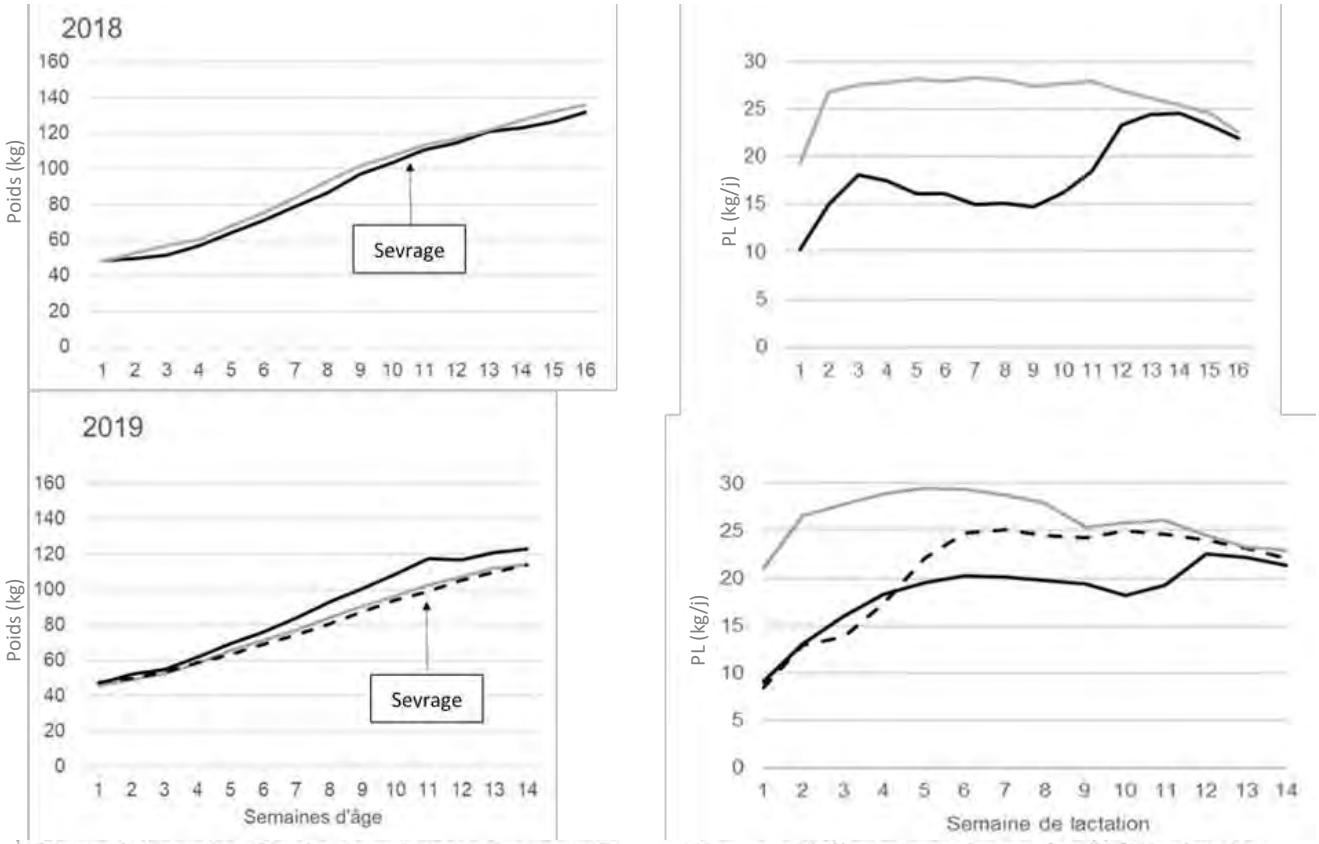


Figure 1 A gauche : Courbe de croissance des veaux T ——, M ——— et MIX – – pour les années 2018 (en haut) et 2019 (en bas) ; à droite : courbes de production laitière en salle de traite pour les vaches T ——, M ——— et MIX – – pour les années 2018 (en haut) et 2019 (en bas)

.

1. MATERIEL ET METHODES

Deux essais ont été mis en place à la ferme INRAE Herbipôle de Marcenat pour tester des pratiques d'élevage permettant le maintien du contact mère-veau tout en (i) minimisant la perte de lait commercialisable, (ii) permettant une bonne croissance des veaux et (iii) favorisant le bien-être des animaux. Dans le premier essai (2018), un groupe **M1** de 14 veaux mâles et femelles ont été laissés avec leur mère entre la traite du matin et la traite du soir, jusqu'au sevrage (± 11 semaines). Dans le second essai (2019), un groupe **M2** de 14 veaux ont également été laissés avec leur mère entre la traite du matin et celle du soir, jusqu'au sevrage (± 12 semaines) pour les 9 femelles et jusqu'à leur vente à 3 semaines pour les 5 mâles. A partir de la mise à l'herbe (début mai), les veaux des lots M sont sortis au pâturage avec leur mère. Dans un autre groupe (**MIX** - 2019), 9 veaux femelles et 5 veaux mâles ont été laissés avec leur mère la journée pendant 3 semaines, âge auquel les mâles ont été vendus et les femelles nourries au DAL avec du lait de tank, jusqu'au sevrage (± 12 semaines). Les veaux MIX n'ont donc pas eu accès au pâturage. Pendant la séparation nocturne des veaux M et MIX, ceux-ci étaient logées dans un parc paillé attenant à celui des mères, avec un contact visuel possible. Dans les deux essais, les différentes pratiques ont été comparées à un groupe Témoin (**T**) de 14 vaches et 14 veaux séparés à la naissance, ces derniers étant nourris au DAL avec du lait de tank jusqu'au sevrage (± 11 semaines et ± 12 semaines en 2018 et 2019) et n'ayant pas eu accès au pâturage. Pour chacun des essais, les vêlages des vaches des différents lots étaient concentrés sur la même période (mi-février à fin avril). En 2018, les quantités de lait distribuées au DAL étaient ajustées à celles potentiellement bues par les veaux M1, soit 11% de leur poids vif (Jasper et Weary 2002), représentant 10kg/j de la semaine 3 au sevrage, tandis qu'en 2019, le plan d'allaitement plafonnait à 10 kg/j de la semaine 4 à la semaine 6 avant une réduction progressive des quantités jusqu'au sevrage. Tous les veaux ont eu accès à du foin et à du concentré, sans contrôle des quantités ingérées.

Les vaches étaient traites deux fois par jour à 07h00 et 16h30 (Delaval, France). La production laitière individuelle (**PL**) a été mesurée à chaque traite et des échantillons de lait ont été prélevés tous les mardis et mercredis. Les échantillons ont été analysés par Agrolab's (15000 Aurillac) pour déterminer les taux butyreux (**TB**) et protéique (**TP**), et le comptage des cellules somatiques (**CCS**). Les évènements sanitaires (mammites, boiteries…) ont été systématiquement enregistrés. Le poids vif (**PV**) des veaux a été mesuré toutes les semaines.

Deux périodes ont été analysées pour évaluer le niveau de stress des veaux et des mères : la séparation et le sevrage.

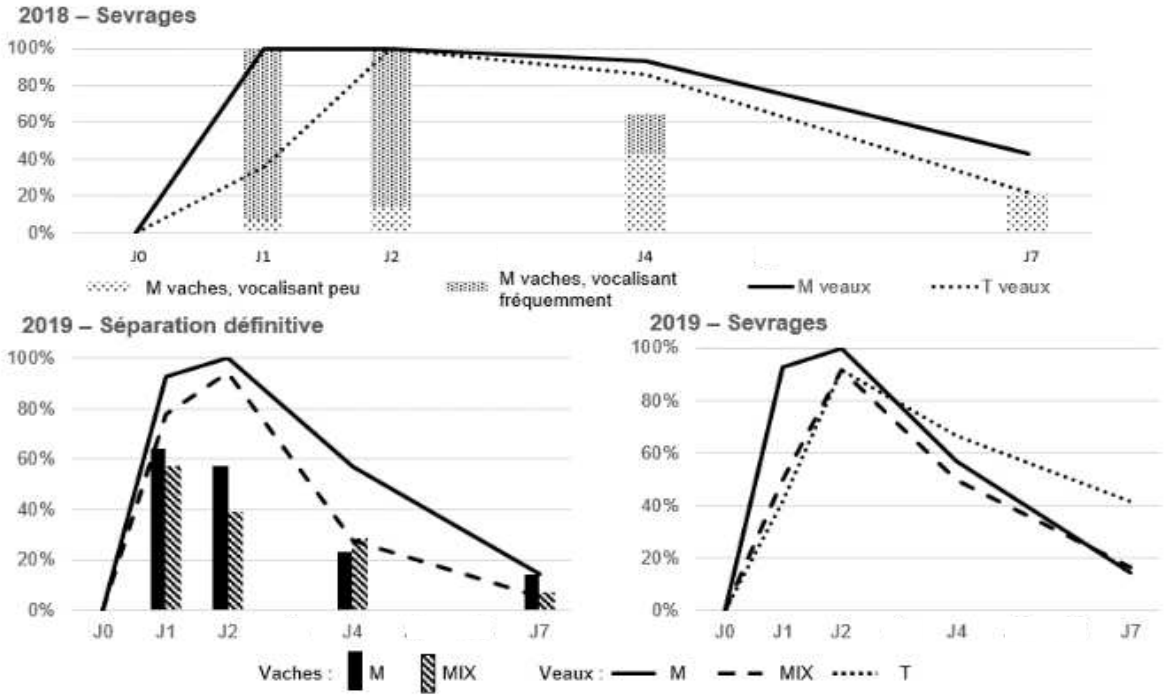


Figure 2 Vocalisation des vaches et des veaux (en pourcentage de l'effectif total) en 2018 (en haut) au sevrage et en 2019 (en bas) à la séparation (M et MIX) et/ou au sevrage (T, M et MIX, sevrage et séparation étant confondus pour les lots M)

Pour les veaux T, seul le sevrage a été observé, puisque la séparation a eu lieu à la naissance Pour les veaux et vaches M, séparation et sevrage sont confondus, puisque le sevrage s'effectuait par séparation « brutale » du veau et de sa mère après la tétée du matin du J0. Pour les veaux et vaches MIX, séparation et sevrage sont distincts, puisque la séparation a eu lieu à l'âge 3 semaines et le sevrage (après la tétée du matin du J0) à 12 semaines en moyenne. Les observations ont consisté en un dénombrement des animaux meuglant juste après la traite du matin et en une estimation de la fréquence de ces meuglements pour les vaches en J0, J1, J2, J4 et J7 après le sevrage et/ou la séparation. Les données de production et de croissance ont été analysées grâce à la procédure MIXED de SAS 9.4 et les fréquences de meuglements à l'aide d'un test du Chi².

2. RESULTATS

2.1. CROISSANCE DES VEAUX

En 2018, aucune différence de croissance n'a été observée entre les veaux M1 et T. En revanche, en 2019, les veaux M2 pesaient 9,4 kg de plus au sevrage (P<0,05), que les veaux MIX ou T, dont les courbes de croissance étaient similaires. On observe par ailleurs une inflexion de la courbe de croissance des veaux M2 au moment du sevrage, à 11 semaines (Figure 1).

2.2. PRODUCTION LAITIERE ET COMPOSITION DU LAIT

En 2018, le lot M1 a produit 31% de lait en moins (-928 kg) en salle de traite que le lot T, entre la première et la 16ème semaine de lactation. En 2019, la perte de lait commercialisable sur la même période était de 30% pour le lot M2 (-894 kg), avec 9 veaux élevés jusqu'au sevrage. Dans les deux cas, en 13ème semaine de lactation, dès que tous les veaux étaient sevrés, la production laitière des lots M a retrouvé un niveau similaire à celle des lots T. Pour le groupe MIX, la perte de lait commercialisable est restée importante (-21%, -605 kg) et le retour à une production « normale » s'est étalé sur une période plus longue (Figure 1).

Le TB des vaches des lots M avant sevrage a été significativement plus faible que celui des vaches T (- 5,8 g/kg en 2018 et -4,0 g/kg en 2019). En revanche, les vaches des lots M ont eu un TP plus élevé que les vaches des lots T (+1,3 g/kg en 2018 et +1,0 g/kg en 2019). Les taux des vaches du lot MIX étaient intermédiaires, avec un TB identique à celui des vaches du lot T (-0,9 g/kg ; ns) et un TP identique à celui des vaches du lot M2 (-0,6 g/kg ; ns) (Tableau 1).

		T	M	MIX
2018	TB (g/kg)	36,1[a]	30,3[b]	-
	TP (g/kg)	29,2[a]	30,5[b]	-
2019	TB (g/kg)	37,2[b]	33,2[a]	36,3[b]
	TP (g/kg)	29,9[b]	31,5[a]	30,9[a]

[a,b] : les valeurs d'une même ligne dont les exposants diffèrent sont significativement différentes (P<0,05)

Tableau 1 Composition du lait trait en salle de traite entre la semaine 1 et la semaine 16.

Aucune différence significative n'a été observée concernant le CCS et la fréquence des mammites, des boiteries et des autres évènements sanitaires.

2.3. VOCALISATIONS AU SEVRAGE ET/OU A LA SEPARATION

Tous les veaux ont meuglé lors de la séparation définitive des mères et/ou du sevrage, mais ceux élevés avec leur mère (M1, M2 et MIX) meuglent plus tôt après l'arrêt de distribution du lait (100% des veaux M1 vocalisent en J1 *vs* 36% pour les veaux T en 2018, P < 0.001 ; 93% des veaux M2 en J1 *vs* 50% des veaux MIX *vs* 42% des veaux T en 2019, P < 0.001). Sept jours après, les veaux du lot M1 sont plus nombreux à meugler que les veaux T en 2018 (43% *vs* 21%, P < 0.001) ce qui n'est pas le cas en 2019. Chez les mères ayant allaité, la séparation provoque également des meuglements et les vaches sont d'autant plus nombreuses à meugler qu'elles ont élevé leur veau longtemps. Les veaux MIX sont quant à eux soumis à deux périodes de meuglements, à la séparation d'avec leur mère à 3 semaines puis au sevrage (Figure 2).

3. DISCUSSION

La quantité moindre de lait recueillie pendant la traite pour les vaches des lots M et MIX s'explique principalement par la tétée des veaux. Toutefois la perte de lait commercialisable est sensiblement supérieure à 11% du PV des veaux, notamment au pic de lactation, qui se trouve écrêté. En effet, en faisant l'hypothèse que le lait ingéré par les veaux élevés par les mères est de l'ordre de 800 kg entre la naissance et le sevrage (Jasper et Weary, 2002), le lait non produit par les vaches, notamment au pic de lactation, peut être estimé à 130 et 100 kg dans les lots M1 et M2. La perte de lait commercialisable, qui n'est donc pas attribuable à la seule quantité de lait bue par les veaux, a déjà été rapportée par Fröberg et al. (2005) ou Barth (2020) qui l'ont associée à une moindre décharge d'ocytocine lors de la traite de vaches allaitant leurs veaux. La baisse de TB du lait provient du fait que les vaches « retiennent » le lait lors de la traite. Le lait récolté en salle de traite correspond ainsi principalement au lait citernal, tandis que les veaux, en provoquant vraisemblablement une décharge d'ocytocine supérieure à celle déclenchée par la machine à traire, arrivent à téter le lait alvéolaire, plus riche en matière grasse (de Passillé et al., 2008). La hausse de TP dans le lait, associé à une production totale sensiblement moindre des vaches M, laisse supposer un meilleur bilan énergétique des vaches élevant leurs veaux, dans la mesure où l'ingestion des vaches n'est vraisemblablement pas influencée par la présence du veau. En 2018, le nombre de veaux M étant équivalent au nombre de vaches, les quantités de lait ingérés par les veaux étaient inférieures à celles ingérées en 2019, où seulement 9 veaux ont été élevés par 14 vaches. Ces derniers ont donc pu boire plus de lait, et n'ont sans doute pas eu besoin de recourir à l'alimentation solide qui était à leur disposition pour combler leurs besoins. Le point d'inflexion de leur courbe de croissance au moment du sevrage pourrait ainsi être lié à la transition brutale de l'alimentation lactée à une alimentation uniquement solide. Dans les premiers jours après le sevrage, les veaux ayant connu leur mère éprouvent un niveau de stress supérieur à ceux ayant été séparés à la naissance. Les veaux ayant été séparés à trois semaines (MIX) subissent quant à eux deux périodes de stress, l'une à la séparation d'avec leur mère et l'autre au sevrage.

4. CONCLUSION

L'allaitement des veaux par leur mère, notamment dans des systèmes où le contact est maintenu jusqu'au sevrage, semble être un compromis intéressant en termes de production et de bien-être animal. La perte de production induite par l'élevage des veaux sous leur mère est sensiblement plus importante que le lait consommé au DAL ou tété par les veaux. Le volume perdu est d'autant plus important que les veaux restent longtemps sous leur mère. Toutefois, il reste acceptable à l'échelle de la lactation, puisqu'après le sevrage, les productions laitières retrouvent des niveaux normaux. Cette pratique affecte également la composition du lait jusqu'au sevrage des veaux. Toutefois, plus les veaux restent longtemps sous leur mère, plus leur croissance est rapide, dû au fait qu'il n'y a pas de contrôle des quantités de lait ingéré. Le stress au sevrage et/ou à la séparation est supérieur pour les animaux ayant connu leur mère et génère également un stress chez les vaches ayant élevé leur progéniture. En revanche, la multiplication des périodes de stress n'apparait pas souhaitable, et plaide en faveur d'un élevage intégralement sous la mère avant sevrage. Des recherches complémentaires sont à mener pour rendre le sevrage et la séparation moins stressants. Pour les éleveurs, la mise en place de telles pratiques doit être compensée par une meilleure valorisation des produits.

Les auteurs remercient le personnel de la ferme INRAE de Marcenat (UE Herbipôle) pour les soins aux animaux. Cette étude faisait partie du projet européen ProYoungStock (n°725495) financé par CORE Organic. Cette recherche a été soutenue par l'initiative IDEXISITE 16-IDEX-0001 du gouvernement français (CAP 20-25).

Barth, K. 2020. Journal of Dairy Research, 87(S1), 133-137
Busch, G., Weary, D. M., Spiller, A., Von Keyserlingk, M. A. G. 2017. PLoS ONE, 12(3), 1–20.
Cozma, A., Martin, B., Guiadeur, M., Pradel, P., Tixier, E., Ferlay, A. 2013. Dairy Science and Technology, 93(1), 99-113
de Passillé, A. M., Marnet, P.-G., Lapierre, H., Rushen, J. 2008. Journal of Dairy Science, 91(4), 1416–1422
Fröberg, S., Lidfors, L., Olsson, I., Svennersten-Sjaunja, K. 2005. Report FOOD21, 34.
Jasper, J., Weary, D.M. 2002. J Dairy Sci., 85(11), 3054-3058
Le Cozler, Y., Recoursé, O., Ganche, E., Giraud, D., Danel, J., Bertin, M., Brunschwig, P. 2012. Journal of Agricultural Science, 150(4), 518-533
Loberg, J., Hernadez, C.E., Thierfiled, T., Jensen, M.B., Berg, C., Lidfors, L. 2008. Appl. Anim. Behav. Sci, 111, 222-234
Michaud, A., Cliozier, A., Bec, H., Chassaing, C., Disenhaus, C., Drulhe, T., Martin, B., Pomiès, D.,Le Cozler, Y. 2018. Renc. Rech. Ruminants, 24, 66–69.
Nicolao, A., Veissier, I., Bouchon, M., Sturaro, M., Martin, B., Pomies, D., 2022. Animal, 16, 1-11
Placzek, M., Christoph-Schulz, I., Barth, K. 2020. Organic Agriculture.
Pomiès, D., Caré, S., Veissier, I. 2010. Renc. Rech. Ruminants, 17, 233–236.

Dynamique d'infestation par les strongles gastro-intestinaux des génisses laitières élevées sous vaches nourrices

CONSTANCIS C. (1,2), RAVINET N. (1), BAREILLE N. (1), CHARTIER C. (1)
(1) BIOEPAR, INRAE, Oniris, 44307, Nantes, France
(2) FiBL France, Institut de Recherche de l'Agriculture Biologique, 26400 Eurre, France

RESUME - La conduite des veaux laitiers sous nourrices, développée en France depuis 2010, est de plus en plus répandue en agriculture biologique. Dans ce système, les génisses pâturent très précocement et avec leurs nourrices ce qui peut modifier l'épidémiologie des strongles gastro-intestinaux (SGI). L'objectif de cette étude était d'évaluer la dynamique d'infestation par les SGI des génisses pâturant avec leurs nourrices durant la première saison de pâturage (SP1) et ses conséquences durant la seconde saison (SP2). Dans le nord-ouest de la France, 74 lots de 3 à 40 génisses de SP1 ont été suivis en 2018 ou 2019 et 34 lots de génisses en SP2 ont été suivis en 2020. Trois indicateurs parasitaires (coprologie, pepsinogène sérique, anticorps anti-*Ostertagia*) ont été mesurés en fin de SP1 en 2018, à 4 reprises en 2019 et à 3 reprises en 2020. Les génisses ont été mises à l'herbe à l'âge d'un mois en moyenne. La durée de la SP1 variait en fonction de la date de naissance. La durée de la SP2 était longue (278 ± 26 jours). Les valeurs moyennes de pepsinogène sérique et du ratio de densité optique (RDO) des taux d'anticorps anti-*Ostertagia* étaient globalement faibles en SP1 (respectivement 0,97 à 1,60 Unité Tyrosine et RDO de 0,23 à 0,71), indiquant une faible exposition des génisses aux SGI en présence des nourrices. Ceci est vraisemblablement dû à l'alimentation majoritairement lactée des jeunes, la présence de vaches nourrices immunes sur les parcelles et une conduite protectrice au pâturage. Les conséquences en SP2 des infestations sont très dépendantes de la durée de la SP1. Les génisses nées au printemps avec une longue SP1 (>180 jours), avaient de faibles niveaux d'excrétion fécale dès le milieu de la SP2 suggérant la mise en place d'une immunité vis-à-vis des SGI. Alors que les génisses nées à l'automne, avec une courte SP1 (< 90 jours) avaient une exposition aux SGI négligeable en SP1. En SP2, leurs indicateurs parasitaires correspondaient à ceux des génisses en SP1. Les niveaux de pepsinogène et de RDO étaient en revanche élevés en fin de SP2 quelle que soit la durée de la SP1 pour des raisons qui mériteraient d'être explorées plus en détail. En conclusion, avec une bonne gestion de pâturage, les génisses nées au printemps avaient peu de risque parasitaire. Une naissance plus tardive entraine une durée de SP1 plus courte, insuffisante pour le développement de l'immunité et pouvant entraîner un risque parasitaire en SP2.

Dynamics of gastrointestinal nematodes infection in dairy heifers reared with nurse cow during their first two grazing seasons

CONSTANCIS C. (1,2), RAVINET N. (1), BAREILLE N. (1), CHARTIER C. (1)
(1) BIOEPAR, INRAE, Oniris, 44307, Nantes, France

SUMMARY - Nurse cow rearing systems, developed in France since 2010, are increasingly implemented or used in organic farming. In this rearing system, heifers graze early with their nurse cows which could modifie the epidemiology of gastrointestinal nematode (GIN) infection. The objective of this study was to evaluate the dynamics of GIN infection of heifers with their nurse cows during their first grazing season (FGS) and its consequences during their second grazing season (SGS). In north-western France, 74 groups of FGS heifers with nurse cows (n= 3 to 40) were enrolled in the study in 2018 or 2019 and 34 groups of SGS heifers were included in 2020. Three parasite indicators (fecal egg count, pepsinogen, *Ostertagia* antibody levels) were measured at the end of FGS in 2018 4 times in 2019 and 3 times in 2020. Heifers were turnout on grass at one month of age. The FGS duration varied according to the date of birth. The SGS duration was long (278 ± 26 days). The mean serum pepsinogen and optical density ratio (ODR) values of *Ostertagia* antibody levels were generally low in FGS (0.97 to 1.60 Tyrosine Units and 0.23 to 0.71 ODR, respectively). This is probably due to the milk feeding of the heifers, the presence of GIN immune nurse cows and protective grazing management. Spring-born heifers with a long FGS (>180 days), had low levels of faecal eggs count by the middle of FGS suggesting the development of immunity to GIN. In contrast, autumn-born heifers with a short FGS (<90 days) had negligible exposure to GIN in FGF. In SP2, their parasite indicators matched those of the heifers in SP1. Pepsinogen and RDO levels were high at the end of SGS, whatever the FGS duration, for reasons that need to be further explored. In conclusion, with good grazing management, spring-born heifers had little GIN risk. A birth later in the season results in a shorter FGS, insufficient for the immunity development and may result in a parasite risk in SGS.

INTRODUCTION

La conduite des veaux laitiers sous nourrices, développée en France depuis 2010 est de plus en plus répandue, notamment en agriculture biologique. Cette conduite consiste à faire adopter 2 à 4 veaux laitiers par une vache nourrice, non traite et séparée du troupeau laitier (Krohn, 2001). Les génisses pâturent avec leurs nourrices pendant la 1ère saison de pâturage (SP1). Une fois sevrées, elles pâturent sans adulte durant leur seconde saison de pâturage (SP2). Cette conduite d'élevage constitue une solution à l'application plus stricte de la règlementation de l'agriculture biologique rentrée en vigueur le 1er janvier 2022, avec une mise à l'herbe des génisses non sevrées dès que les conditions climatiques et l'état du sol le permettent. La pratique s'insère dans des systèmes autonomes basés sur une maximisation du pâturage, satisfait les besoins physiologiques et permet l'expression des comportements naturels (Dumont et al., 2018). La revue de Beaver et al. (2019) indique des impacts positifs de la conduite sur la santé et les performances zootechniques des génisses. Toutefois, aucun

article n'a abordé les infestations par les strongles gastrointestinaux (SGI).
Ostertagia ostertagi est le SGI le plus pathogène chez le bovin et cause des diarrhées et des retards de croissance lors de fortes infestations des génisses (Charlier et al., 2020). L'épidémiologie des strongyloses est liée au nombre de larves infestantes présentes sur les parcelles, influencé par la conduite des bovins au pâturage et par la mise en place de l'immunité chez les génisses (Armour, 1982). Par conséquent, une exposition potentiellement longue des génisses en SP1, associée à un pâturage mixte entre génisses non immunes et adultes immuns, peut modifier l'épidémiologie des infestations par les SGI. Ces infestations ne sont pas comparables à celles des génisses laitières ou allaitantes élevées classiquement. En effet, en système laitier classique, les génisses sont mises à l'herbe une fois sevrées, alors âgées de 6 à 8 mois et pâturent sans vache durant la SP1 (Merlin et al., 2017) alors que les génisses sous nourrices sont mises à l'herbe à 1 mois (Constancis et al., 2022). Tandis qu'en élevage allaitant, le rapport veau/vache est égal à un, ce qui est inférieur à celui des veaux sous nourrices. De plus, les races, le plan d'alimentation et la gestion de pâturage sont différents. L'objectif de cette étude était d'évaluer la dynamique d'infestation par les SGI des génisses laitières pâturant avec leurs nourrices durant la SP1 et les conséquences durant la SP2.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. ANIMAUX ET DATES DE PRELEVEMENT

Des élevages biologiques situés dans le nord-ouest de la France (Bretagne, Normandie, Pays de la Loire) ainsi que la ferme expérimentale INRAE située à Mirecourt (Vosges) ont participé à l'étude. La majorité des génisses étaient croisées (75 %), principalement avec les races Prim'Holstein, Jersiaise, Normande, Montbéliarde, Rouge Suédoise et Brunes des Alpes. Un à quatre lots ont été suivis par ferme.
Cette étude a été réalisée durant 3 années consécutives. En 2018, 33 lots en SP1 provenant de 24 exploitations ont été inclus dans l'étude (497 génisses). Les génisses ont été prélevées une fois à la rentrée en bâtiment. Les lots étaient composés de 3 à 40 génisses avec en moyenne 2,6 génisses (1,5-3,3) par vache nourrice. En 2019, 41 lots en SP1 provenant de 20 exploitations ont été inclus dans l'étude (405 génisses), certaines exploitations avaient déjà participé l'année précédente mais avec des animaux différents. Dans chaque lot, entre 1 et 4 prélèvements ont été réalisés sur les génisses pendant la saison de pâturage : en avril-mai, de mi-juin à mi-juillet, en septembre et à la rentrée en bâtiment (de fin novembre à début janvier). Les génisses nées au début de l'année ont été prélevées 4 fois, tandis que les génisses nées après septembre ont été échantillonnées qu'une seule fois en fin de SP1. Les lots étaient composés de 4 à 19 génisses, avec une moyenne de 2,0 génisses (1,0-3,3) par vache nourrice. Parmi les fermes suivies en 2019, 19 fermes ont accepté de poursuivre l'étude en 2020 sur les mêmes génisses maintenant sevrées et en SP2. Les 34 lots suivis représentaient 312 génisses avec 3 à 21 génisses par lot. Des prélèvements ont été réalisés sur toutes les génisses à trois reprises : à la mise à l'herbe (février-mars), en juin-juillet et à la rentrée en bâtiment entre novembre et janvier.

1.2. PRELEVEMENTS ET ANALYSES DE LABORATOIRE

Des prises de sang et des prélèvements matières fécales ont été réalisés sur toutes les génisses du lot dans le respect du bien-être animal. Le protocole a été approuvé par le Comité d'éthique d'Oniris (CERVO-2018-9-V).
Le nombre d'œufs de SGI par gramme de fèces (opg) a été déterminé selon la méthode mini-Flotac (Cringoli et al., 2017) avec une sensibilité de 10 opg. Les concentrations de pepsinogène sérique ont été déterminées selon Kerboeuf et al. (2002), et exprimées en unités de tyrosine (U Tyr). Il s'agit d'un marqueur indirect des lésions de la muqueuse de la caillette causées par *Ostertagia* Les taux d'anticorps contre *O. ostertagi*, ont été déterminés selon la méthode utilisée par Merlin et al. (2017) et sont exprimés en ration de densité optique (RDO). Il reflète l'exposition des bovins aux parasites.
Le modèle Parasit'Sim a été utilisé afin d'estimer le nombre de générations de larves d'*Ostertagia*, sur les parcelles pour chaque lot (Chauvin et al., 2009). Le nombre maximal de générations larvaires (GLmax) est corrélé positivement avec le niveau d'infestivité des parcelles, et tient compte des températures quotidiennes locales, du planning de pâturage et des périodes de sécheresse accompagnées d'une supplémentation comme décrit par Ravinet et al. (2014). Aucun traitement anthelminthique n'a été appliqué pendant la SP1 et SP2. Toutefois, dans 4 élevages, 7 lots ont été traités en bâtiment en fin de SP1, soit 15% des génisses.

1.3. ANALYSES STATISIQUES

L'unité épidémiologique était le lot, définit comme un groupe de génisses ensemble durant la saison de pâturage. Pour le suivi en SP2, cette notion prenait aussi en compte la durée de la SP1 selon 4 modalités (< 90, 90 - 180, 180 – 240, > 240 jours). Les analyses statistiques ont été réalisés à partir de la version 3.5.3 du logiciel R. Les valeurs de pepsinogène et de RDO en fin de SP1 et de SP2 ont été utilisés pour analyser la variabilité inter-groupe de l'infestation par *O. ostertagia*. L'excrétion fécale n'a pas été utilisée car ce n'est pas un indicateur pertinent à la rentrée en bâtiment (Merlin et al., 2017 ; Shaw et al., 1998). Les modèles statistiques ont été réalisés avec des ANOVA en univariées, puis en multivariées si la *p-value* était inférieure à 0,2 selon la méthodologie décrite dans Constancis et al. (2022). Pour la SP1, les données collectées en 2018 et en 2019 ont été combinées dans un seul jeu de données (n = 74 lots). Des régressions linéaires ont été réalisées à partir des variables explicatives suivantes : année (2018, 2019), nombre de génisses par vache nourrice (< 2, ≥ 2), génisses sevrées pendant la saison de pâturage (oui, non), date de mise à l'herbe (février à avril, mai à juin, juillet à octobre), date de rentrée en bâtiment (18/08 - 21/11, 22/11 - 09/12, 10/12 - 28/01), durée de pâturage (≤ 133, 134 – 207, 208-239, ≥ 240 jours), durée de la sécheresse (≤ 20, > 20 jours), Lgmax1 (0-2, 3-4, 5-7), âge à la mise à l'herbe (< 45, ≥ 45 jours).
Pour la SP2, des régressions logistiques ont été réalisées en utilisant le seuil de 2 U Tyr pour le pepsinogène. La valeur médiane de l'échantillon de 0,8 a été retenue comme seuil pour le RDO. Les variables explicatives étaient les indicateurs relatifs à la SP1 et à la SP2 : durée de la SP1 (< 180, ≥ 180 jours), le temps de contact effectif (TCE) correspondant à la durée du pâturage sans sécheresse TCE 1 (≤ 180, > 180 jours), le RDO en fin de SP1 (≤ 0,32, 0,32-0,8, > 0,8), le pepsinogène en fin de SP1 (≤ 1,4, > 1,4 U Tyr), le GLmax1 (≤ 3, > 3), le nombre de veaux par nourrices (< 2, ≥ 2), la durée de la SP2 (≤ 275, > 275 jours), le TCE2 (≤ 275, > 275 jours), le GLmax2 (≤ 3, > 3) et le TCE cumulé sur les deux saisons de pâturage (≤ 423, > 423 jours). L'odd ratio (OR) et l'intervalle de confiance à 95 % (IC_{95}) ont été calculés pour le modèle final.

2. RESULTATS

2.1. DESCRIPTION DES CONDUITES DE PATURAGE

Les génisses avaient en moyenne un mois lors de la mise à l'herbe. Durant la SP1, 74% des lots étaient conduits sur du pâturage tournant, 20% sur des parcelles successives, sans retour sur les parcelles et 6% des lots, constitués de génisses nées en fin d'année, étaient sur une seule parcelle. La durée moyenne de la SP1 était de 184 ± 71 jours. Plus de la moitié des lots ont été supplémenté à cause de la sècheresse pendant 60 ± 32 jours. Treize lots ont été sevrés au cours de la saison de pâturage. Les génisses ont alors pâturé seules, sans vache

nourrice, pendant 92 ± 62 jours. Les autres lots ont été sevrés en bâtiment entre la SP1 et la SP2. La durée de la SP2 était longue (278 ± 26 jours). Les lots ont été conduits sur du pâturage tournant. Près d'un tiers des lots ont été supplémentés pendant une de sécheresse de 17 ± 7 jours.

2.2. DESCRIPTION DES INDICATEURS PARASITAIRES

La modélisation Parasit'Sim indiquait un contact des animaux avec un nombre modéré de larves sur les parcelles en SP1 (GLmax1=3,3 ± 1,7) et plus élevé durant la SP2 (GLmax2 = 4,5 ± 1,0). Les indicateurs parasitaires étaient faibles durant l'ensemble de la SP1 (Figure 1). Les RDO moyens diminuaient en dessous de 0,3 au 2e point de prélèvement avant d'augmenter jusqu'au environ de 0,8 en fin de SP2. Un pic d'excrétion fécale était observable sur le 2e ou retardé sur 3e point de prélèvement en raison de la sècheresse estivale ou de la rentrée en bâtiment hivernale. L'excrétion fécale diminuait jusqu'à 51 ± 32 opg en fin de SP2. En fin de SP1, les valeurs de pepsinogène et de RDO étaient plus élevées pour les lots avec une longue SP1 (<180 jours) (Figure 1). Les valeurs de pepsinogène étaient élevées en fin de SP2 pour tous les lots.

2.3. VARIABILITE DU PEPSINOGENE ET DU RDO EN FIN DE SP1 ET DE SP2

Concernant la SP1, 6 variables avaient une *p-value* inférieure à 0,2 en univarié avec le pepsinogène et ont été gardées pour l'analyse multivariée : durée de pâturage, âge à la mise à l'herbe, année, pâturage post-sevrage, date de mise à l'herbe et de rentrée en bâtiment. Le modèle multivarié final incluait la durée du pâturage et expliquait 19 % de la variabilité du pepsinogène. Le pepsinogène était plus élevé lorsque la durée de pâturage était supérieure à 240 jours (*p-value* < 0,001).
Concernant le RDO en fin de SP1, toutes les variables ont été conservées pour l'analyse multivariée à l'exception de la date de la rentrée en bâtiment et de la durée de sècheresse. Le modèle multivarié final incluait la durée de pâturage et le nombre de génisses par vache nourrice. Il expliquait 48 % de la variabilité du RDO. Les valeurs augmentaient avec la durée du pâturage (p-value <0,001), et lorsque le nombre de génisses par nourrice était ≥ 2 (p-value = 0,02).
En fin de SP2, les p-values des analyses univariées pour le pepsinogène étaient inférieures à 0,2 pour la durée de la SP1, le TCE cumulé ainsi que le GLmax1 ont été retenues pour le modèle multivarié. Seul GLmax1 a été retenu dans le modèle final. Ainsi, le risque d'avoir une valeur de pepsinogène élevé (> 2 U Tyr) était plus important lorsque GLmax1 était faible (≤ 3), (OR = 8,89 ; IC_{95} [1,12-188], p-value = 0,04).
Concernant le RDO, les variables durée de la SP1, TCE2, RDO en fin de SP1 et nombre de génisses par nourrice en SP1 ont été retenues pour le modèle multivarié. Seul le nombre de génisses par nourrice a été retenu dans l'analyse finale. Le risque d'avoir un RDO élevé (0,8) en fin de SP2 était supérieur lorsque le nombre de génisses par nourrice en SP1 était faible (< 2) (OR = 7,9 ; IC_{95} [1,4 – 69,3], p-value = 0,03).

3. DISCUSSION

Durant la SP1, le nombre de générations larvaires modélisé était élevé dans plus de la moitié des lots (Glmax ≥ 3). Parasit'Sim était paramétré pour des génisses pâturant seules. Cependant, les indicateurs parasitaires mesurés sur les animaux sont restés faibles à modérés même avec une longue saison de pâturage et en l'absence de traitement anthelminthique. En effet, le pepsinogène et les RDO des génisses en fin de SP1 étaient plus faibles (≤ 1,6 U Tyr et RDO < 0,7) que chez des génisses laitières élevées classiquement en agriculture biologique en France (2,4 U Tyr et RDO de 0,89, Merlin et al., 2017). L'excrétion fécale en fin de SP1 se situait également dans la fourchette basse d'autres études portant sur des veaux laitiers ou allaitants (O'Shaughnessy et al., 2015). Plusieurs facteurs pouvaient contribuer à maintenir l'infestation aux SGI à de faibles niveaux chez les génisses malgré le risque élevé modélisé par Parasit'Sim (Constancis et al., 2022). Les vaches immunes ingéraient un grand nombre de larves mais n'excrétaient que de petites quantités d'œufs, exerçant ainsi un

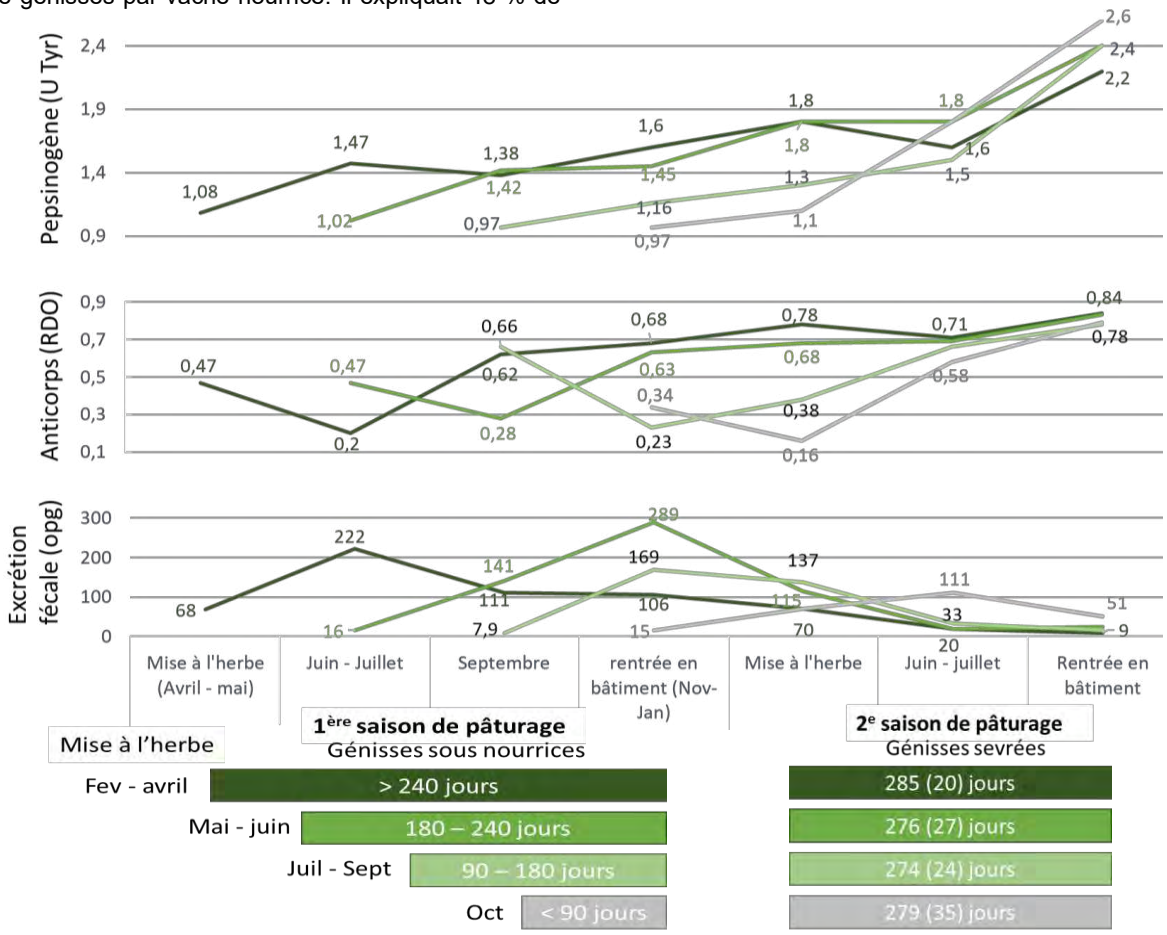


Figure 1 : Evolution des moyennes des 3 indicateurs parasitaires au cours des deux saisons de pâturage en fonction de la durée de la première saison de pâturage.

effet assainissant sur les parcelles et ainsi une moindre contamination des génisses. Cet effet dilution pouvait être modulé par le nombre de génisses par adulte. Plus le nombre de génisses par nourrice est élevé, plus l'exposition des génisses aux SGI est importante, ce qui suggère un effet de dilution moindre par les adultes (Constancis et al., 2022). Par ailleurs, les génisses en tétant les vaches nourrices, ingéraient moins d'herbe et étaient donc moins exposées aux larves présentes sur les parcelles. L'ingestion de lait pourrait de plus avoir un effet négatif sur l'infestation par les SGI comme cela était démontré chez les agneaux avec *O. (Teladorsagia) circumcincta* (Zeng et al., 2001). La conduite du pâturage peut également fortement influencer la quantité de larves sur les pâtures (Armour, 1982). Cela est pris en considération par les éleveurs de l'étude qui avaient une conduite de pâturage plutôt protectrice et avec un faible chargement (Constancis et al., 2022). Les conditions météorologiques influencent aussi le développement larvaire et l'infestivité des parcelles (Armor, 1982). Comparé aux normales saisonnières, les années de l'étude étaient 0,5 à 2°C plus chaudes. La pluviométrie était 40% plus faible en 2018, 25% plus importante en 2019 et dans les normes en 2020. Les conditions météorologiques étaient ainsi plutôt favorables au recyclage parasitaire, contribuant à augmenter l'exposition des génisses en fin de saison comme l'atteste les valeurs du RDO.

Durant la SP2, les indicateurs parasitaires ont montré deux types d'évolutions selon la durée de la SP1. Les valeurs des lots avec une SP1 courte (< 90 jours) étaient similaires à celles de génisses laitières élevées classiquement en SP1 (Šarkunas et al., 2000 ; Höglund et al., 2013). Cela s'explique à la fois par une très courte SP1 durant laquelle l'alimentation était majoritairement lactée jusqu'à l'âge de 3 mois, âge des génisses en fin de SP1. L'ingestion de larves infestantes en SP1 était donc peu importante et de courte durée. Le contact avec les SGI durant la SP1 a ainsi été négligeable et explique des indicateurs parasitaires en SP2 similaires à ceux de génisses en SP1 conduites classiquement. En revanche, les lots avec une SP1 longue (> 180 jours) avaient une excrétion fécale qui diminuait tout au long de la SP2 avec des valeurs autour de 20 opg dès le prélèvement de juin-juillet indiquant le début de l'établissement de l'immunité contre *O.ostertagia* et une immunité déjà acquise vis-à-vis de *Cooperia* (Claerebout et Vercruysse, 2000). Dans les lots dont la SP1 était inférieure à 180 jours, les valeurs de pepsinogène et les RDO *Ostertagia* étaient élevés et stables en fin de SP1 jusqu'au milieu de la SP2. Ces cinétiques sont proches de celles observées sur des génisses laitières élevées classiquement (Gasbarre et al., 1993).

Les valeurs de pepsinogène augmentaient pour tous les lots en fin de SP2 jusqu'à 2,2 à 2,4 U Tyr atteignant des valeurs d'un ostertagiose de type 1, signe clinique de la maladie avec l'apparition de diarrhées et une diminution des capacités digestives des génisses (2-2,5 U Tyr, selon Kerboeuf et al., 2002). Ces valeurs sont similaires à celles trouvées chez des génisses allaitantes (Kerboeuf et al., 1981) mais elles sont plus élevées que chez des génisses laitières en fin de SP2 (Šarkunas et al., 2000 ; Eysker et al., 2000 ; Larsson et al., 2011). Ces valeurs élevées pourraient s'expliquer par une immunité incomplètement acquise vis-à-vis d'*Ostertagia* pour les génisses avec une courte SP1 (Constancis, 2021). Pour les génisses avec une longue SP1, ou du moins une partie d'entre elles, cela pourrait s'expliquer par une réaction allergique de la caillette (Armour et al., 1979, Armour et al., 1987 ; Eysker et Ploeger, 2000). Il y a donc plusieurs explications possibles à ces niveaux de pepsinogène élevés en fin de SP2, selon l'historique de pâturage en SP1.

La durée de la SP1 était corrélée positivement aux valeurs de pepsinogène et de RDO similairement à Charlier et al. (2011) et Höglund et al. (2013). Les indicateurs parasitaires étaient plus élevés en SP2 lorsque l'exposition aux SGI en SP1 était plus faible (Glmax1 ≤ 3 et nombre de génisses par nourrice <2). Cela se traduit en SP2 par un recyclage parasitaire plus intense et un niveau d'exposition plus élevé. Moins d'une dizaine d'études ont été menées sur l'infestation des génisses par les SGI en SP2. Les résultats de cette étude participent à enrichir les connaissances.

CONCLUSION

La conduite de génisses laitières avec des nourrices avait un effet protecteur vis-à-vis des infestations par les SGI durant la SP1 vraisemblablement grâce à l'alimentation lactée des jeunes, la présence de vaches nourrices immunes sur les parcelles et la conduite du pâturage protectrice des éleveurs. Des naissances au printemps permettaient d'avoir une longue SP1 en présence des nourrices et un développement de l'immunité dès le début de SP2. Avec une bonne gestion de pâturage, les génisses avaient alors peu de risques parasitaires sans nécessité d'anthelminthiques. Alors que les génisses nées en fin d'année avaient une SP1 courte et un risque parasitaire en SP2 similaire à celui de génisses élevées classiquement en SP1. Les valeurs élevées de pepsinogène en fin de SP2 nécessitent des études supplémentaires.

Cette étude a été réalisée dans le cadre du projet Européen GrazyDaiSy, financé par Core Organic Cofund. Nous remercions tous les éleveurs qui ont participé à cette étude pour leur disponibilité, leur accueil et le travail rigoureux qu'ils ont accompli. Nous remercions l'unité ASTER de l'INRAE à Mirecourt pour leur implication dans cette étude, la collecte des échantillons de matières fécales et leur collaboration. Merci à Vincent Marinier et Guillaume Morgant pour avoir réalisé les analyses au laboratoire. Merci à Anne Lehébel et à Nadine Brisseau pour leur aide concernant les analyses statistiques. Merci à Morgane Leligois et Vicky Channaux dont une partie de l'étude a fait l'objet de leur thèse vétérinaire.

Armour, J., Bairden, K., Duncan, J.L., Jennings, F.W., Parkins, J.J., 1979. Vet Rec 105, 500–03.

Armour, J. 1982. Internat. Atomic Energy Agency, Vienna. 367- 377.

Armour, J. Duncan, M., 1987. Parasitol. Today 3, 171– 176.

Beaver, A., Meagher, R.K., von Keyserlingk, M.A.G., Weary, D.M., 2019. J. Dairy Sci. 102, 5784– 5810.

Chauvin, A., Vermesse, R., Lardoux, S., Masson, M., Ravinet, N.,
2009. Le Point Vétérinaire 40, 29–30.

Charlier, J., Dorny, P., Levecke, B., 2011. Res. Vet. Sci. 90,451–456.

Charlier, J., Höglund, J., Morgan, E.R., Geldhof, P., Vercruysse, J., Claerebout, E., 2020. Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract.36,1–15.

Claerebout, E., Vercruysse, J., 2000. Parasitol 120 Suppl, S25–S42.

Constancis, C., 2021, Thèse universitaire, 196p.

Constancis, C., Chartier, C., Leligois, M., Brisseau, N., Bareille, N., Strube, C., Ravine,t N., 2022. Vet. Parasitol. 302, 109659.

Cringoli, G., Maurelli, M.P., Levecke, B., Bosco, A., Vercruysse, J., Utzinger, J., Rinaldi, L., 2017. Nat. Protoc. 12, 1723–1732.

Dumont, B., Groot, J.C.J., Tichit, M., 2018. Animal, 12, S210–219.

Eysker, M., Ploeger, H.W., 2000. Parasitol. 120, 109–119.

Eysker, M., Boersema, J.H., Kooyman, F.N.J. Ploeger, H.W., 2000. Vet. Parasitol. 89, 37–50.

Gasbarre, L.C, Nansen, P, Monrad, J, Gronveld, J, Steffan, P, Henriksen, S.A. 1993. Res. in Vet. Sci. 54 (3) p340-344.

Höglund, J., Hessle, A., Dahlström, F., 2013. Vet. Rec. 172(18), 472.

Kerboeuf, D., Le Garff, G., Mage, C., 1981. Ann. Rech.Vet. 12, 201-213.

Kerboeuf, D., Koch, C., Le Dréan, E., Lacourt, A., 2002. Rev. Med.
Vet. 153, 707–712.

Krohn, C.C., 2001. Appl. Anim. Behav. Sci. 72, 271–280**.**
Larsson, A., Uggla, A., Waller, P.J., Hoglund, J. 2011. Vet. Parasitol. 175, 135–140.
Merlin, A., Chauvin, A., Lehebel, A., Brisseau, N., Froger, S.,
Bareille, N., Chartier, C., 2017. Prev. Vet. Med. 138, 104–112.
O'Shaughnessy, J., Earley, B., Mee, J.F., Doherty, M.L., Crosson,
P., Barrett, D., De Waal, T., 2015. Vet. Parasitol. 209, 221–228.
Ravinet, N., Bareille, N., Lehebel, A., Ponnau, A., Chartier, C., Chauvin, A., 2014. Vet. Parasitol. 201, 95-109.
Šarkunas, M., Nansen, P., Hansen, J.W., Paulikas, V., 2000. Vet. Res. Commun. 24, 125–134.
Shaw, D.J., Vercruysse, J., Claerebout, E., Dorny, P., 1998. Vet. Parasitol. 75, 133–151.
Vercruysse, J., Claerebout, E., 2001. Vet. Parasitol. 98, 195-214.
Zeng, S., Lawton, D.E., Przemeck, S.M., Simcock, D.C., Simpson,
H.V., 2001. N. Z. Vet. J. 49, 2-7

Elever des génisses laitières sous vaches nourrices : une voie à explorer pour un vêlage 24 mois en système exclusivement herbager

PUECH T. (1), BRUNET L. (1)
(1) ASTER, INRAE, 88500 Mirecourt, France.

RESUME - Face aux évènements sanitaires et géopolitiques de ces dernières années, l'agriculture et l'alimentation se sont invitées au cœur des débats sociaux et politiques : concurrences d'usage des sols alimentation humaine / alimentation animale, conditions de travail en élevage, bien-être animal. En élevage laitier, certains éleveurs explorent des modes d'élevage des génisses de renouvellement sous vaches nourrices pour réduire le travail d'astreinte et limiter les effectifs improductifs. Cette conduite d'élevage est expérimentée depuis 2016 sur le dispositif expérimental INRAE ASTER de Mirecourt. Nous montrons dans cet article que l'élevage des génisses sous vaches nourrices exclusivement à l'herbe permet (i) un meilleur gain de croissance (834 g/j sur les 9 premiers mois de vie) par rapport à un élevage plus classique au distributeur automatique de lait, pâturage et concentrés (563 g/j sur la même période, soit un différentiel de + 68 kg à la rentrée au bâtiment à l'automne) et (ii) une croissance plus régulière des génisses sous nourrices, en particulier sur la période 3-9 mois. Ce différentiel de croissance permet pour 82 % des génisses de vêler à 24 mois en système sans concentrés, en particulier pour les génisses laitières croisées, plus précoces que les races pures Holstein et Montbéliardes. Outre ces intérêts zootechniques, ce mode d'élevage présente des intérêts d'un point de vue sanitaire pour les veaux et doit être pensé en cohérence avec les autres conduites d'élevage.

Raising dairy heifers under nurses: a way to explore for 24-month calving in an exclusively grassland dairy system

PUECH T. (1), BRUNET L. (1)
(1) ASTER, INRAE, 88500 Mirecourt, France

SUMMARY - In the face of health and geopolitical events of recent years, agriculture and food have been at the heart of social and political debates: competition for land use, human food/animal feed, working conditions in livestock farming, animal welfare. In dairy farming, some farmers are exploring ways of rearing dairy heifers under nurses to reduce workload and limit unproductive livestock. This breeding method has been tested since 2016 on the INRAE experimental farm in Mirecourt. In this article, we show that rearing heifers under nurses exclusively on grass allows (i) a significant gain in growth (834 g/day over the first 9 months of life) compared to a more conventional rearing system with an automatic milk distributor, pasture and concentrate dispenser (563 g/day over the same period, i.e. a differential of + 68 kg at the end of autumn) and (ii) more regular growth of the heifers on grass, in particular over the 3-9 month period. This growth differential allows 82% of heifers to calve at 24 months in a concentrate-free system, particularly for crossbred dairy heifers, which are more precocious than purebred Holsteins and Montbeliards. In addition to these zootechnical advantages, this method of rearing has health benefits for the calves and must be considered in conjunction with other rearing methods.

INTRODUCTION

Ces dernières décennies, les systèmes agricoles se sont spécialisés et ont entrainé une progressive déconnexion entre productions animales et productions végétales, une diminution d'un facteur 6 du nombre d'exploitations ($2.3.10^6$ en 1906 – Lebeau, 2002 – à $0.39.10^6$ en 2020 – Agreste, 2021) et d'un facteur 13 du nombre d'actifs agricoles ($6.2.10^6$ en 1906, $0.5.10^6$ en 2020) en France métropolitaine. Si ces dynamiques sont en grande partie liées aux évolutions des politiques publiques, un usage accru des intrants et une mécanisation croissante, elles trouvent également une origine dans la faible attractivité des métiers de l'agriculture, et en particulier en élevage, du fait de nouvelles attentes notamment du point de vue du travail (Serviere *et al.*, 2019). De nombreuses institutions appellent une transformation des systèmes agricoles vers plus de durabilité (Tomich *et al.*, 2011), au sein desquels les systèmes d'élevage ont un rôle particulier à jouer pour valoriser des ressources non directement valorisables en alimentation humaine (Mottet *et al*., 2017). De notre point de vue, ces évolutions nécessitent de repenser certaines conduites d'élevage, en particulier en systèmes laitiers, de manière à réduire voire supprimer les concurrences d'usage des sols agricoles entre alimentation humaine et alimentation animale tout en assurant la productivité de ces systèmes.
Pour ce faire, l'installation expérimentale INRAE ASTER de Mirecourt expérimente depuis une quinzaine d'années des systèmes d'élevage bovin en herbivorie stricte pour limiter les concurrences d'usage des sols (feed/food). Les génisses de renouvellement y sont élevées depuis quelques années exclusivement à l'herbe sous vaches nourrices dans l'objectif d'atteindre un vêlage 24 mois. L'objectif de cet article est d'évaluer les performances techniques permises par ce mode de conduite expérimenté depuis 2016.

1. MATERIEL ET METHODES

A l'issue de 10 années d'expérimentation systèmes autonomes et économes en agriculture biologique, dominés par des productions bovin lait (Coquil *et al*., 2009), le projet scientifique et agricole sur l'installation expérimentale INRAE-ASTER Mirecourt a été reconçu en 2016. Il vise la conception et la conduite d'un système agricole diversifié favorisant un usage direct des terres pour l'alimentation humaine. Conçu dans une logique d'autonomie et à l'échelle ferme entière selon une démarche « pas à pas » (permettant de remobiliser les apprentissages acquis en cours d'expérimentation au service du pilotage et de la reconception du système - Coquil *et al.*, 2014), ce système s'appuie sur une diversification et une recherche de complémentarités entre productions animales et végétales. Ainsi, l'ensemble des cultures annuelles sont exclusivement destinées à l'alimentation humaine (blé meunier, oléagineuses, lentilles…). Le troupeau bovin, historiquement présent sur le dispositif expérimental, a été complété par une troupe de porcs permettant de valoriser l'ensemble des productions non commercialisables (issues de tri, lait non commercialisable) et une troupe d'ovins allaitants

conduite en complémentarité des bovins (pâturage simultané), toutes deux conduites en plein air intégral. Ces évolutions de système ont nécessité des ruptures dans les choix de conduite du troupeau bovin pour diminuer (i) le temps de travail (en particulier le travail d'astreinte) et (ii) l'emprise spatiale du troupeau bovin (par une réduction des effectifs improductifs et une évolution du régime alimentaire) à destination des activités de diversification, tant animales que végétales, tout en capitalisant sur les acquis d'expérience des systèmes autonomes précédents pour lever certaines difficultés rencontrées (reproduction des vaches laitières, efficacité au pâturage…).

Par conséquent, les conduites d'élevage ont été reconçues dans le projet TEMPO (Coquil *et al.*, 2017), en particulier par l'instauration de l'herbivorie exclusive sur le troupeau bovin laitier, la mise en place de la monotraite intégrale, le croisement de races et l'élevage des génisses de renouvellement sous vaches nourrices.

Sur ce dernier point, Coquil *et al.* (2017) présentent la conduite d'élevage des génisses élevées sous vaches nourrices (Krohn, 2001). Les vêlages sont groupés et se déroulent principalement entre mi-janvier et mi-avril. Après 24 h avec leurs mères biologiques, les veaux sont séparés et élevés en case collective puis adoptés en bâtiment quelques jours plus tard par une vaches nourrice (2 à 3 veaux par nourrice, selon sa production laitière). La mise à l'herbe a lieu début avril, en moyenne 6 semaines après la naissance des veaux. Les génisses et leurs nourrices sont conduits en pâturage tournant sur un secteur dédié (ombrage) jusqu'à la rentrée en bâtiment réalisée généralement durant la seconde quinzaine de novembre lorsque les conditions de portances ne sont plus satisfaisantes. Les génisses sont ensuite sevrées, à l'âge de 8 à 9 mois. Aucun concentré n'est apporté aux génisses ou à leur nourrice, quel que soit leur stade physiologique. En revanche du foin peut être apporté si la production des pâtures ne couvre pas les besoins des animaux. Cette conduite d'élevage vise une diminution des effectifs improductifs par une baisse de l'âge au vêlage de 36 à 24 mois (suppression de la cohorte 24-36 mois) via l'amélioration de la croissance et de la précocité des génisses de renouvellement tout en maintenant un régime alimentaire exclusivement à base d'herbe (pâturée ou foins).

Du point de vue des performances de croissance des génisses, nous comparons ce mode d'élevage avec les performances d'élevage des génisses élevées au Distributeur Automatique de Lait (DAL) conduit dans le cadre du Système Herbager (SH) expérimenté entre 2006 et 2015 sur le même dispositif expérimental. Les génisses laitières (Holstein, Montbéliard) sont nées sur la même période (85% des vêlages ont eu lieu sur la période 15/01-15/04) et ont été élevées au DAL pendant 96j en moyenne. Les génisses ont été sevrées et alimentées en bâtiment (avec du foin et du concentré fermier) jusqu'à la mise à l'herbe début juillet. Elles ont été conduites en pâturage (pour partie complémenté) jusqu'à la rentrée en bâtiments fin octobre – début novembre. Sur les 9 premiers mois de vie, les génisses du SH ont été complémentées à hauteur de 118.5 kg par génisse, principalement répartis sur les trois premiers mois correspondant à la période naissance-sevrage (39.6 kg/génisse) et les trois mois suivants (55.4 kg /génisse sur la période 3-6 mois) et plus marginalement sur les trois mois suivants (23.5 kg/génisse sur la période 6-9 mois) du fait de leur mise à l'herbe en moyenne à 5 mois jusqu'à la rentrée à l'automne à 8 mois. Les concentrés fermiers apportés étaient principalement composés de céréales (44 % d'épeautre, 25 % d'orge, 10 % d'autres céréales) et de méteils (21 %). Les génisses du SH ont vêlé à l'âge de 36 mois du fait (i) d'une croissance insuffisante pour un vêlage à 24 mois (faible quantité de concentrés en première année) et (ii) de la volonté n'avoir que des vêlages de printemps.

Le présent travail vise à faire un point d'étape après 6 années d'expérimentation.

Dans un premier volet, nous analyserons les performances de croissance des génisses élevées sous nourrices (période 2016-2021) au regard des performances observées dans le SH (2006-2016[1]). Pour ce faire, nous nous appuyons sur des pesées mensuelles des animaux pour évaluer les croissances sur 3 périodes de trois mois environ : la période 0-96 j (correspondant à la durée moyenne d'alimentation lactée des génisses du SH, sevrées à 96j), les trois premiers mois suivant le sevrage pour les génisses du SH (période 96-180 j) et les trois mois suivants correspondant à la fin de saison de pâturage (période 180-270 j). Les données seront présentées sous forme de poids à âge type à 96 j, 180 j et 270 j (respectivement PAT96, PAT180 et PAT270) et des gains moyens quotidiens sur ces mêmes périodes.

Le second volet, nous évaluerons les performances de reproduction des génisses de TEMPO élevées sous nourrices vis-à-vis de l'objectif de vêlage 24 mois en système exclusivement herbager, au regard du vêlage 36 mois des génisses du SH.

2. RESULTATS

2.1. DES CROISSANCES SOUTENUES EN ELEVAGE SOUS NOURRICES

Dans la continuité des premiers résultats de Coquil *et al.* (2017), nous montrons (Figure 1) que les croissances des génisses élevées sous vaches nourrices sont plus élevées que les croissances des génisses élevées au DAL puis au pâturage, malgré un apport de concentrés pour ces dernières (limité à 126 kg sur les 9 premiers mois). Les poids de naissance des génisses de TEMPO (moy. 39.9 kg) sont inférieurs à celui des génisses du SH (moy. 44.6 kg). Cette différence est due (i) à de plus faibles poids de naissance des génisses Holstein et Montbéliardes nées dans TEMPO (resp. 42.2 kg et 41.5 kg) par rapport au SH (resp. 43.9 kg et 45.3 kg) et (ii) aux petits gabarits des génisses croisées issues de TEMPO (37.5 kg, notamment par des croisements Jersiais, rouge scandinave ou vosgien).

Malgré ces différences à la naissance, les génisses élevées sous vaches nourrices présentent des croissances significativement plus élevées qu'en élevage au DAL: 812 g/j sur la période 0-96 j (549 g/j en modalité DAL), 917 g/j sur la période 96-180 j (478 g/j en modalité DAL) et 779 g/j sur la période 180-270 j (657 g/j en modalité DAL). Ces différences de croissance entrainent une différence de 68 kg à l'âge de 9 mois entre les deux modalités d'élevage (Figure 1).

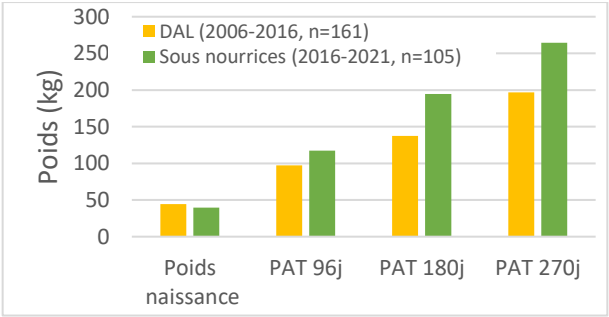


Figure 1 : Poids de naissance et à âge type selon le mode d'élevage des génisses en première année.

Outre les meilleures performances de croissance des génisses élevées sous vaches nourrices, ces performances sont relativement stables entre les années sur les 6 premiers mois de vie. La figure 2 permet de mettre en avant que le mode d'élevage des génisses sous vaches nourrices présente moins de variabilité qu'en élevage au DAL. En effet, si la régularité

[1] En 2016, la moitié de la cohorte de génisses (n=9) a été élevée selon les conduites du SH et l'autre moitié (n=9) a été élevée sous nourrice.

des croissances est comparable entre les deux modes d'élevage sur la période 0-96 j (coefficient de variation pour la modalité DAL – cv_{DAL} – de 16 %, $cv_{nourrices}$16 % pour la modalité élevage sous vache nourrice), on observe que le mode d'élevage sous vache nourrice présente des croissances plus stables sur la période 3-6 mois (cv_{DAL}=29 %, $cv_{nourrices}$=18 %) ainsi que sur la période 6-9 mois (cv_{DAL}=40 %, $cv_{nourrices}$=27 %).

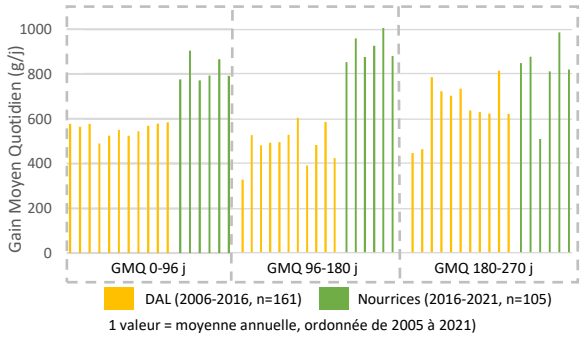


Figure 2 : Variabilité des croissances des génisses élevées au DAL ou sous vaches nourrices.

Toutefois, si on observe une stabilité des performances des croissances des génisses sous nourrices durant les 6 premiers mois de vie, il est à noter que ce mode d'élevage semble dépendant des conditions de milieu et en particulier de la qualité des fourrages disponibles. En effet, on observe un décrochement des croissances des génisses à l'automne 2018 (GMQ moyen 180-270 j=506 g/j) au regard des croissances observées les 5 autres années (en moyenne de 856 g/j sur la même période). Le déficit hydrique marqué observé en 2018 sur la période juin-novembre (-341 mm) a entrainé une complémentation des animaux à hauteur de 79 % de la ration sur la période automnale (septembre – octobre – novembre). Ce fort niveau de complémentation (uniquement à base de fourrages grossiers, sans concentrés) semble être un facteur de premier ordre dans la baisse de croissance des génisses. En effet, à titre de comparaison, les sécheresses des années 2019 et 2020 (et des déficits hydriques sur la même période respectivement de -142 mm et -204 mm) ont entrainé également une complémentation mais à un niveau moindre (respectivement 50 et 60 % de la ration sur la même période) peu pénalisant pour la croissance des génisses (Figure 2 – les années 2016-2017 et 2021 ont pas ou peu nécessité de complémentation – avec des déficits hydriques respectivement de -15 mm, -58 mm et +1 mm).

2.2. DES CROISSANCES PERMETTANT, POUR PARTIE, UN VELAGE A 24 MOIS EN SYSTEME SANS CONCENTRES

Si le SH comprenait une seule période de reproduction (vêlages groupés au printemps, pas de rattrapage en automne), les conduites d'élevage de TEMPO ont évolué avec une période de rattrapage à l'automne (pour un vêlage 30 mois en croisement viande) voire au printemps suivant (pour un vêlage 36 mois). La majorité des génisses élevées sous vaches nourrices sont mises à la reproduction pour un vêlage 24 mois (94 %, n=99/105), soit à un âge moyen de 14.5 mois. Le poids à la mise en reproduction est en moyenne de 360 kg (353 kg pour les génisses croisées, 354 kg pour les Holstein et 378 kg pour les Montbéliardes). Les petites génisses (moins de 300 kg) sont mises en reproduction sur la période de rattrapage automnale (vêlage 30 mois). Les poids de mise en reproduction sont en deçà de 120 kg comparativement aux génisses du SH (475 kg pour les montbéliardes, 490 kg pour les Holstein) présentées à 25.9 mois pour un vêlage en moyenne à 36.2 mois.

A l'issue des différentes campagnes de reproduction, 90 % des génisses élevées sous nourrices mises en reproduction ont mis bas (87 % pour les génisses élevées au DAL). La majorité des génisses ont mis bas à 24 mois (81 %). On observe une disparité marquée entre les génisses croisées et les races pures. En effet 92 % des génisses croisées ont vêlé à 24 mois (n=33/36), alors que seules 64 % des génisses Holstein (n=7/11) et 50 % des génisses Montbéliardes (n=6/12) ont vêlé à 24 mois (cohortes de génisses nées entre 2017 et 2020). Par ailleurs, les 9 génisses élevées sous nourrices en 2016 ont été présentées à la reproduction et gestantes pour un vêlage à 27 mois (génisses nées entre janvier et février 2016 pour un vêlage en avril-mai 2018, n=6 Montbéliardes, n=3 Holstein). Ces résultats suggèrent que la maturité sexuelle des génisses en race pure et élevées sous vaches nourrices s'acquière au cours du 15ème mois : 68% des génisses présentées en reproduction au cours de leur 15ème mois ont été gestantes à l'issue de la campagne de reproduction (n=13/19), alors que moins d'une génisse sur deux présentée à la reproduction avant le 15ème mois est gestante pour un vêlage 24 mois (n=4/9). L'acquisition de la maturité sexuelle semble plus précoce pour les génisses croisées : 88 % des génisses croisées présentés dans leur 15ème mois ou après sont gestantes à l'issue de la période de reproduction (n=23/26) et près de 80 % le sont également lorsque présentées dans leur 13ème ou 14ème mois (n=10/13).

3. DISCUSSION

3.1. UN MODE D'ELEVAGE D'INTERET D'UN POINT DE VUE SANITAIRE ET POUR VALORISER CERTAINS ANIMAUX PEU ADAPTES AU SYSTEME

Si l'élevage des génisses sous vaches nourrices présente un intérêt du point de vue de la croissance des génisses et de la capacité à vêler à 24 mois, ce mode d'élevage présente un intérêt du point de vue sanitaire. En effet, ce mode d'élevage présente un intérêt par la forte diminution des fréquences des diarrhées. 30% des génisses du SH ont été traitées pour cause de diarrhée (n=48/161, soit 55 évènements sanitaires nécessitant un traitement allopathique ou non, principalement sur la période naissance-sevrage, n=52/55). Environ un quart des diarrhées étaient considérées comme sévères (entrainant des traitements allopathiques – n=15/55 ou la mort des animaux n=6/55). Entre 2016 et 2021, aucune diarrhée sévère n'a été constatée sur les génisses élevées sous nourrices et aucun traitement anti-diarrhéique (allopathique ou non) n'a été réalisé, dans la continuité des résultats de Michaud *et al.* (2018).

Par ailleurs, Constancis (2021) montre que l'élevage des génisses sous nourrices sur la saison de pâturage permet une acquisition plus rapide de l'immunité vis-à-vis des strongles gastro-intertinaux, avec une mise en place de celle-ci dès le début de la seconde saison de pâturage.

Par ailleurs, du point de vue du choix des vaches nourrices, ce mode d'élevage permet de valoriser certains animaux peu adaptés au système. En effet, outre deux facteurs essentiels pour définir les nourrices que sont le niveau de production et le tempérament de la future nourrice (Vaarst *et al.*, 2020), ces dernières peuvent être choisies sur certains critères devenus non fonctionnels en système laitier pâturant : boiteries récurrentes, quartiers défectueux, taux cellulaires élevés… Dans le système expérimenté, on observe que la moitié des vaches nourrices sont réformées à l'issue de la saison de pâturage, principalement pour cause de non gestation. La réforme des vaches nourrices s'est faite dans les 3 à 6 mois après la fin la période de pâturage. Compte tenu de la sollicitation physiologique par les veaux et de la volonté de grouper les vêlages au printemps, seules 5 % des vaches nourrices présentées en reproduction en cours de saison de pâturage avec des veaux ont été gestantes à l'issue de celle-ci. Pour autant, la moitié des nourrices ont été maintenues dans le troupeau laitier à l'issue de la campagne de pâturage (poursuite de la lactation, insémination fécondante ante ou

post saison de pâturage), certaines vaches nourrices ayant réalisé plusieurs campagnes d'allaitement.

3.2. UN MODE D'ELEVAGE QUI S'INCRIT DANS UNE LOGIQUE SYSTEME

Jusqu'en 2015, les systèmes expérimentés sur l'installation expérimentale ASTER étaient dominés par la production bovin lait. La diversification engagée en 2016 a nécessité une évolution forte des conduites d'élevage sur le troupeau bovin, notamment pour réduire l'emprise du troupeau bovin sur le système. A ce titre, l'élevage des génisses sous vaches nourrices s'inscrit dans un schéma de cohérence (herbivorie stricte – monotraite – croisement de races – élevage des génisses sous vaches nourrices décrit par Coquil *et al.*, 2017). Du point de vue de la productivité, la monotraite a réduit la productivité des vaches laitières de 33% (3 351 kg de lait / vache laitière / an) par rapport au SH (4 998 kg de lait commercialisé / vache laitière / an). Or, (i) la diminution des effectifs improductifs permise, pour partie, par un vêlage 24 mois des génisses (23 % d'effectifs bovins improductifs en 2015 dans le SH, 11 % en 2021) et (ii) l'augmentation du prix de vente du lait, pour partie lié à l'augmentation des taux de matière utile par la monotraite, a permis de maintenir certaines performances à l'échelle du troupeau bovin (1 199 € de lait commercialisé / UGB bovin en 2015, 1 174 € de lait commercialisé / UGB bovin en 2021, 972 €/UGB sur la période 2016-2021). Des investigations complémentaires devront, de ce point de vue, être conduites à l'échelle du système de production pour évaluer les complémentarités entre les différents ateliers et leurs dynamiques temporelles.
Par ailleurs, l'élevage des génisses sous vaches entraine une évolution marquée du travail quotidien quant à l'élevage des veaux (Vaarst *et al.*, 2020). En effet, l'élevage des génisses sous nourrices déplace voire réduit (Michaud *et al.*, 2018) le travail d'astreinte d'alimentation des veaux vers un travail de présence et de surveillance quotidien de manière à élever des génisses dociles (le choix des nourrices représente un critère essentiel). De ce point de vue, la dimension expérimentale du dispositif ASTER représente une spécificité peu transposable en ferme commerciale du fait du contact et la manipulation régulière des animaux (par exemple pesées à des fins de suivis scientifiques). Des expérimentations de construction de relation Homme-animal ont été récemment menées en période de sevrage pour penser leur adaptation en élevage commercial.

CONCLUSION

Dans cet article, nous présentons les résultats de croissance et reproduction de génisses conduites sous vaches nourrices. Ce mode de conduite vise à faire adopter entre 2 et 3 velles destinées au renouvellement à une vache nourrice. Les animaux sont conduits principalement au pâturage dans l'objectif d'un premier vêlage à 24 mois, sans concentré quel que soit le stade physiologique. Dans ce mode d'élevage, nous montrons dans cet article que l'élevage des génisses sous vaches nourrices permet une meilleure croissance des génisses sur les 9 premiers mois (+ 68 kg) par rapport à une modalité d'élevage couramment rencontré au distributeur automatique de lait puis au pâturage, et ce malgré l'utilisation de concentrés pour ces dernières (118.5 kg/génisse sur la même période). Toutefois, si la croissance des génisses sous nourrice est plus stable qu'en modalité classique, celle-ci semble particulièrement dépendante des conditions de milieu à l'automne, notamment des fourrages disponibles au pâturage. Les différentiels de croissance obtenus permettent pour 81 % des génisses élevées sous nourrices de mettre bas à 24 mois, particulièrement pour les génisses croisées (92 %) par rapport aux races pures Holstein (64 %) et Montbéliardes (50 %). De ce point de vue, il semblerait que l'acquisition de la maturité sexuelle soit plus précoce pour les génisses croisées (13ème mois) que les races pures (15ème mois). Au-delà des résultats présentés, ce mode d'élevage présente des intérêts d'un point de vue sanitaire pour les génisses (diarrhées, immunité vis-à-vis des strongles gastro-intestinaux). Inscrit dans une cohérence systémique, qui dépasse le seul cadre de l'élevage des génisses de renouvellement, ce mode d'élevage s'inscrit dans un cadre plus large de reconception de conduites d'élevage au sein d'un système de polyculture-polyélevage diversifié.

Les auteurs remercient le relecteur pour ses remarques et le collectif technique ASTER pour son engagement et la qualité des données nécessaires à ce travail.

Agreste, 2021. Agreste primeur (5). 4 p.
Coquil, X, Blouet, A, *et al.*, 2009. Inra Prod. Anim., 22 (3), 221-234
Coquil X, Fiorelli JL, *et al.*, 2014. Renew. Agri. Food Syst. 29, 195-205
Coquil X, Brunet L , 2017. Fourr. 231, 213-222
Constancis C, 2017. Thèse de doctorat, 196p.
Krohn C, 2001. Appl. Anim. Behav. Sci. 72, 271–280
Lebeau R, 2002. Armands Colin Eds. Les grands types de structure agraire dans le monde. 182p.
Michaud A, Cliozier A, *et al., 2018*. Renc. Rech. Ruminants. 66–69
Mottet A, De Haan A, *et al.*, 2017. Glob. Food. Secur.,14,1-8.
Serviere G, Chauvat S, *et al.*, 2019. INRA Prod. Anim., 32 (1), 13-24
Tomich T, Brodt S *et al.*, 2011. Annu. Rev. Environ., 36 (1), 193-222
Vaarst M, Hellec F, *et al.*, 2020. J. Sust. Organic Agric. Syst. 70(1), 49–57.

Vêlages à 2 ans en élevage laitier : un vieux débat remis au goût du jour.

DELABY L. (1), LELOUP L. (2), GABORIT M. (2), LEURENT-COLETTE S. (2), LAUNAY F. (2)
(1) INRAE, l'Institut Agro, UMR Pegase, 16 Le Clos 35590 Saint Gilles
(2) INRAE, Domaine du Pin, Borculo, Exmes, 61310 Gouffern en Auge

RESUME
L'âge au 1er vêlage des génisses laitières en France reste élevé et la pratique d'un vêlage précoce à 2 ans, bien que possible et recommandée, est très faible (6 à 8%) chez les vaches Montbéliarde et Normande (No) et minoritaire (32%) même chez les vache Holstein (Ho). L'expérience « Quelle vache pour quel système ? » conduite à INRAE du Pin apporte de nouveaux éclairages à ce vieux débat. Durant 14 années, 325 génisses de race Ho et No, conduites en vêlages groupés (3 mois) en fin d'hiver et selon 2 stratégies d'alimentation Haut ou Bas, ont été suivies jusqu'à la réforme, après un 1er vêlage à 24 (Vel2) ou 36 mois (Vel3). Le poids vif au 1er vêlage est inférieur de 90 kg chez les primipares Vel2, La production laitière en 1ère lactation est inférieure à celle observée lors d'un 1er vêlage à 3 ans (5150 vs 5900kg), avec des différences plus marquées chez les animaux affectés à la stratégie aux plus bas apports alimentaires. Au cours de leur 1ère lactation, les vaches Normande Vel2 continuent leur croissance et assurent une 2nde lactation, avec un taux de revêlage élevé. L'inaptitude à se reproduire en temps limité des vaches Ho vient perturber la suite de leur carrière, et ce notamment chez les Vel2. Le poids de carcasse, plus élevé chez les No (+38 kg), varie peu en fonction de l'âge au 1er vêlage, en faveur des Vel3 (+15kg). Finalement, les performances de reproduction associées à la conduite en vêlages groupés très contraignante modifient quelque peu les effets favorables classiquement associés aux vêlages précoces, notamment en termes de nombre de jours productifs et de production laitière cumulée.

Calving at 2 years old in dairy farming: an old debate revived.

DELABY L. (1), LELOUP L. (2), GABORIT M. (2), LEURENT-COLETTE S. (2), LAUNAY F. (2)
(1) INRAE, l'Institut Agro, UMR Pegase, 16 Le Clos 35590 Saint Gilles

SUMMARY
The age at first calving of dairy heifers in France remains high and the practice of early calving at 2 years of age, although possible and recommended, is very low (6 to 8%) in Montbeliarde and Normande cows (No) and a minority (32%), even in Holstein cows (Ho). The experiment "The cow for the system?" conducted at INRAE du Pin sheds new light on this old debate. During 14 years, 325 heifers of Ho and No breeds, managed in compact calving (3 months) at the end of winter and according to two feeding strategies High or Low, were followed until culling, after a 1st calving at 24 (Vel2) or 36 months (Vel3). The liveweight at first calving was 90 kg lower in Vel2 primiparous cows. Milk production in first lactation was lower than at first calving at 3 years of age (5150 vs 5900kg), with more marked differences in the animals assigned to the lower feed intake strategy. During their first lactation, the Normande Vel2 cows continue to grow and ensure a second lactation with a high recalving rate. The inability of Ho cows to reproduce in a limited period of time disrupts the rest of their career, especially for Vel2 cows. The carcass weight, which is higher for the No cows (+38 kg), varies little according to the age at first calving, in favor of the Vel3 cows (+15kg). Finally, the reproductive performances associated with the very restrictive group calving system modify somewhat the favorable effects traditionally associated with early calving, particularly in terms of productive days and cumulative milk production.

INTRODUCTION

La pratique d'un 1er vêlage à 2 ans en élevage bovin laitier est possible et recommandée de longue date (Troccon et Petit, 1989). Pourtant, les données récentes issues des statistiques nationales (Idèle, S. Dominique, comm. personnelle) confirment que 1/ cet âge reste élevé, notamment chez les vaches Normande ou Montbéliarde (en moyenne 2017-21, No - 32 mois et Mo - 33 mois) et un peu moins chez les vaches Holstein (Ho - 29 mois) et 2/ évolue peu depuis de nombreuses années. En 2021, si 32% de primipares Ho vêlent à moins de 26 mois, seuls 8 et 6% des primipares No et Mo sont concernés. Au-delà des surcoûts alimentaires et de logement associés à cette longue période d'élevage des génisses, la réduction de l'âge au 1er vêlage reste un des moyens les plus efficaces pour réduire l'empreinte carbone de l'élevage laitier (Foray et al, 2020), en réduisant la durée période improductive. L'attitude invariable des éleveurs laitiers face à cet enjeu conséquent mérite que l'on s'en préoccupe, tant du point de vue de l'éleveur (au sens du pourquoi de tels freins à l'adoption d'une pratique pourtant sans débat dans d'autres pays ?) que de l'animal (au sens de quelles performances globales, de la 1ère lactation à l'ensemble de la carrière ?).

L'expérimentation « Quelle vache pour quel système ? » (QVQS) réalisée sur le domaine INRAE du Pin en Normandie (DOI : 10.15454/1.5483257052131956E12) durant 14 années (2006-19) a permis de revisiter sur un temps long cette question de l'âge au 1er vêlage. Elle apporte notamment de nouveaux éclairages chez les vaches de race Ho et No, conduites en vêlages groupés et dans deux systèmes d'alimentation représentatifs des élevages laitiers de l'Ouest de la France.

1. MATERIEL et METHODES

L'expérimentation QVQS détaillée par Dall-Orsoletta et al (2018), et sommairement décrite à la figure 1, a comparé, entre autre, l'influence de deux âges au 1er vêlage (AgVel : 24 et 36 mois) chez des vaches de race Holstein (Ho) et Normande (No), affectées à l'une des 2 stratégies d'alimentation opposées (StrAli : Haut et Bas) en systèmes herbagers. La stratégie Haut vise à exprimer le potentiel des animaux, avec une ration hivernale à base d'ensilage de maïs (55%) et de luzerne déshydratée (15%) et 30% de concentré, et au pâturage, un apport de 4 kg de concentré par vache et par jour. La surface en herbe accessible (35 ares) nécessite l'apport

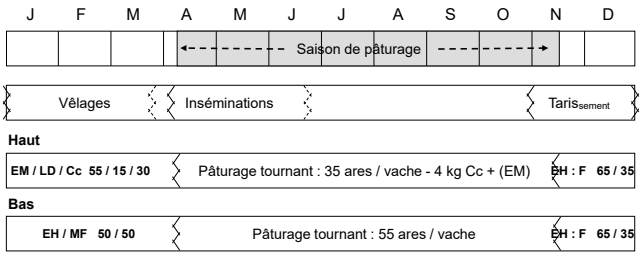
d'ensilage de maïs en été-automne (5 à 8 kg MS par jour). Ces vaches consomment en moyenne 1500kg de concentré par lactation. A l'opposé, la stratégie Bas repose sur une ration hivernale composée d'ensilage d'herbe (50%) et de mi-fané enrubanné (50%) et dispose d'une surface en herbe importante au pâturage (55 ares). Les vaches affectées au lot Bas ne reçoivent aucun apport de concentré. Les animaux sont affectés durant toute leur carrière à une stratégie d'alimentation.

Cette expérimentation s'inscrit dans le cadre d'une conduite en vêlages groupés stricte de 3 mois (IA possibles sur chaleurs naturelles observées, du 21 mars au 21 Juin, si la vache est au-delà de 42 jours post partum). Toute vache vide en fin de saison de reproduction est réformée à la suite de son tarissement.

Au cours des 14 années d'expérimentation, 342 génisses nées au Pin en hiver à un poids moyen de 41,5 kg et 22 génisses achetées ont intégré l'expérimentation. Finalement, 325 primipares (dont 17 des achats extérieurs) ont validé leur 1ère lactation de 44 semaines (165 Ho et 160 No). La conduite alimentaire des génisses a été différenciée après le sevrage selon l'affectation pour un 1er vêlage à 2 (Vel2 - n=144) ou 3 ans (Vel3 - n=181). Après la phase lactée commune (environ 500 kg de lait consommés pour un sevrage à 94 j et un poids moyen de 113 kg), les génisses dédiées à un 1er vêlage à 2 ans reçoivent de l'ensilage de maïs durant leur 1er automne-hiver en stabulation associé à 1 kg de concentré environ tandis que les autres génisses sont alimentées en stabulation avec un régime à base d'ensilage d'herbe et de foin. Ensuite, et ce jusqu'à leur 1er vêlage, ces génisses ont alterné les séquences alimentaires au pâturage (avril à oct) et en stabulation (nov à mars) avec des rations à base d'ensilage d'herbe pour les Vel2 et associé à du foin pour génisses Vel3. La saison de reproduction se déroule, comme pour les vaches durant 3 mois, du 21 mars au 21 juin, par inséminations sur chaleurs naturelles observées. Une forte proportion des génisses s'avère gestantes (85%) et intègre l'expérimentation QVQS, 3 semaines avant la date présumée de leur 1er vêlage.

Les pesées des génisses toutes les 2 semaines ont permis de suivre les performances de croissance et d'extrapoler les caractéristiques de poids à âge fixe ou aux dates des critères d'évaluation des performances de reproduction.

Après leur 1er vêlage, les performances de lactation et de reproduction (date et réussite ou échec aux diverses IAs) ont été mesurées sur l'ensemble des lactations réalisées. Ainsi, la production laitière a été mesurée lors des 2 traites quotidiennes. Les taux butyreux et protéique ont été évalués chaque semaine, lors de 6 traites consécutives (Ma, Me et Je). Les vaches ont été pesées une fois par semaine durant toute leur lactation et tous les 15 jours durant la phase de tarissement. Les notes d'état corporel ont été évaluées chaque mois par deux agents identiques et expérimentés. Enfin, les caractéristiques des animaux après abattage, notamment le poids de carcasse, sont également disponibles.



EM : Ensilage de maïs / LD : Luz. Déshydratée / Cc : Concentré / EH : Ensilage d'herbe / MF : Mi-fané enrubanné / F : Foin.
Les chiffres correspondent à la composition des diverses rations exprimée en % de la MS.

Figure 1 : Calendriers d'alimentation et de reproduction des vaches laitières lors de l'expérimentation « Quelle vaches pour quel système »

Les performances des génisses ont été analysées selon un modèle linéaire mixte intégrant l'année de naissance, la race, la stratégie d'alimentation future, l'âge au 1er vêlage et les interactions double et triple concernant ces 3 derniers facteurs (Proc Mixed, SAS Institute Inc.).

Les performances des primipares (production et composition du lait, poids vif et état corporel) ont été traitées par analyse de covariance, selon un modèle un peu plus riche intégrant comme covariable, l'index génétique pour le lait et les taux ou le poids vif et l'état corporel avant le 1er vêlage (Proc Mixed, SAS Institue Inc.).

Les performances de reproduction correspondant à des intervalles de temps ont été analysées selon un modèle linéaire identique au précédent, en y ajoutant l'existence ou pas d'un problème au vêlage précédent (Proc Mixed, SAS Institue Inc.). Les taux de réussite aux IAs et de revêlage en 1ère lactation ont été traités selon un modèle logistique (Proc Glimmix, SAS Institute Inc.) avec les mêmes facteurs que ceux décrits précédemment.

2. RESULTATS et DISCUSSION

Dans un souci d'exhaustivité, les résultats présentés au tableau 1 détaillent les moyennes ajustées des combinaisons de facteurs Race x StrAli x AgVel. En l'absence d'interaction significative avec la stratégie d'alimentation, le texte s'attachera surtout à synthétiser et discuter les effets de l'âge au 1er vêlage selon les races Ho et No et/ou selon les stratégies d'alimentation Haut et Bas.

2.1 Poids et mise à la reproduction des génisses

Durant la phase d'élevage, la stratégie d'alimentation favorable aux génisses Vel2 se traduit par un poids vif (PV) plus élevé de respectivement 10, 45 et 73 kg à l'âge de 6, 12 et 18 mois. De même, en regard des No, il est significativement supérieur de 10 à 15 kg à chaque âge chez les génisses Ho.

La mise à la reproduction est réalisée à un âge de 14,2 et 25,4 mois, et un poids de respectivement 405 et 500 kg pour les Vel2 et 3 ans, sans différence entre les 2 races Ho et No. L'insémination fécondante (IAféc) intervient en moyenne 1 mois plus tard, pour obtenir un 1er vêlage à 24,5 et 35,6 mois et un poids après la mise bas plus faible de 90 kg (555 vs 645 kg) chez les vaches Vel2, sans différence significative entre Ho et No. En terme de calendrier, le protocole observé est conforme à l'attendu, avec un 1er vêlage qui se réparti entre 22 et 26 mois ou entre 34 et 38 mois d'âge. Si l'on admet un poids adulte de 650 et 700 kg pour les vaches Ho et No, les poids à l'âge de 6 mois, à la mise à la reproduction et après le 1er vêlage représentent en moyenne des 2 races, respectivement 27, 60 et 82% du PV adulte pour les Vel2 et 27, 75 et 95% pour les Vel3. Ces résultats sont globalement, proches des recommandations (Wathes et al, 2014 ; Le Cozler et al, 2008). Néanmoins, avec des vêlages groupés et une date unique de début de saison de reproduction pour toutes les génisses, un peu plus d'un quart des Vel2 (28%) et Vel3 (27%) sont respectivement mises à la reproduction à un poids inférieur à 55 et 70 % du PV adulte. Le poids après vêlage atteint alors 76 et 88% du PV adulte, respectivement pour ces primipares Vel2 et Vel3.

2.2 Performances en 1ère lactation

La production laitière totale en 44 semaines (PLt44s) des primipares Vel2 (5150 kg) est inférieure de 750 kg de lait ($P<0,001$) à celle des Vel3 (5900 kg), avec une différence à peine plus marquée chez les Ho (875 kg - 5900 et 6775 kg) que chez les No (615 kg - 4390 vs 5005 kg). La différence de réponse la plus remarquable ($P<0,001$) est celle associée à la stratégie d'alimentation, avec un écart entre Vel2 et 3 de 500 kg et 1000 kg respectivement chez les primipares des lots Haut et Bas. En d'autres termes, l'influence défavorable de la stratégie d'alimentation de niveau Bas est plus marquée chez les primipares Vel2, notamment de race No (3675 kg de lait). Avec des taux butyreux et protéique un peu plus élevés chez les Vel3, les effets observés pour PLt44s se confirment sur la matière utile (MUt44s), avec une synthèse plus importante de 57 kg pour les Vel3 ($P<0,001$), et un écart entre les Vel2 et

Vel3 significativement plus fort dans le lot Bas (70 kg) que Haut (45 kg).
Les génisses conduites en Vel3 arrivent au 1er vêlage avec une NEC supérieure à leurs congénères, et ce chez les Ho comme chez les No. Malgré une perte d'état maximale un peu plus importante en Vel3, notamment chez les primipares du lot Bas, ces animaux parviennent en fin de lactation avec un état corporel supérieur d'environ 0,25 point.
En fin de 1ère lactation, les vaches Vel2 ont en partie comblé leur différence de poids d'après vêlage. Néanmoins une différence de 70 kg persiste en faveur des Vel 3, avec des poids moyens de respectivement 593 et 663 kg. En moyenne, au cours de leur 1ère lactation, les primipares Ho ne vont quasiment pas varier de poids (+ 6 kg) tandis que les No vont gagner 50 kg de PV. Mais ces moyennes entre race de précocité différente, masquent des différences significatives d'évolution associées à l'âge au 1er vêlage et à la stratégie d'alimentation. Les vaches Ho Vel 2 et 3 du lot Haut gagnent au cours de leur lactation 40 et 25 kg respectivement. A l'inverse, dans le lot Bas, ces mêmes animaux perdent respectivement 23 et 18 kg de PV. Chez les primipares No, la 1ère lactation va « servir » à prendre du poids et poursuivre leur croissance, avec respectivement 90 et 60 kg de gain pour les Vel 2 et 3 de la stratégie Haut. Même, les vaches No Vel2 du lot Bas vont aussi gagner 47 kg de PV tandis que les primipares Vel3 du lot Bas ne varient pas de PV au cours de leur lactation (-3kg). Ainsi, les stratégies d'allocation de nutriments varient entre race, en interaction avec l'âge au 1er vêlage, avec en moyenne des vaches No qui gagnent du poids dans les 2 stratégies d'alimentation, ce d'autant plus qu'elles ont vêlé à 2 ans.

La fertilité globale en 1ère lactation, et l'aptitude à revêler différent sensiblement entre les vaches de race Ho et No, avec un avantage notable de15 points (P<0.001) en faveur de la race mixte (61 vs 76% de vêlages). Cet avantage est encore plus marqué chez les primipares Vel2 avec un taux de revêlage remarquable chez les vaches No de 80%. Tout se passe comme si, après un vêlage à 2 ans, en 1ère lactation, les vaches No privilégiaient le futur, avec une croissance soutenue, une fertilité remarquable, au détriment d'une production laitière modeste. A l'inverse, les primipares Ho vont produire du lait, sans gain de poids important et au détriment d'une fertilité qui s'avère très dégradée. Ce notamment chez les Ho Vel2 du lot Bas où finalement seule une vache sur deux réalisera une 2nde lactation. Cette infertilité globale, rédhibitoire pour une conduite en vêlages groupés, est associée à des problèmes de reprise de cyclicité et surtout de fréquence élevée de cycles anormaux chez les Ho mise en évidence par Bedere et al (2016, 2017). L'absence de différence sur l'intervalle IA possible et IA fécondante, que ce soit entre race et selon l'âge au 1er vêlage tout comme les taux de réussite à l'IA 1 similaires traduisent bien le fait que les vaches fertiles de chaque groupe ont par ailleurs bien été fécondées.

2.3 Production en 2nde lactation, âge et valeur de réforme

Pour les 182 vaches qui réalisent une 2éme lactation, la différence de production laitière totale en 44 semaines entre les vaches Vel2 et 3 ans s'estompe mais reste significativement supérieure (+530 kg) en faveur des Vel3, sans différence significative entre les deux races. La différence de poids vif en fin de lactation se réduit encore, avec un écart significatif de 50 kg en faveur des Vel 3 ans, et significativement plus marqué chez les vaches Ho (70 kg) que No (30kg). Si toutes les vaches gagnent du poids entre la 1ère et 2ème lactation, ce sont les vaches Vel2 des lots Bas, Ho comme No, qui augmentent le plus, avec 80 et 77 kg de gain de poids.
En moyenne, et en conséquence des performances de reproduction, l'âge à la réforme des 320 primipares expérimentales (5 vaches sont toujours présentes au Pin) est de 60,6 mois. Cet âge moyen est significativement plus élevé chez les vaches No que Ho, avec respectivement 63,1 et 57,7 mois. Enfin cet âge à la réforme est supérieur de respectivement 14 et 5 mois environ chez les vaches Vel3 de race Ho et No. Ainsi le fait de vêler plus tardivement pour la 1ère fois améliore la durée de vie de plus d'un an chez les Ho mais de moins de 6 mois chez les No. Les performances de reproduction des Vel 2 ans très dégradées en 1ère lactation chez les primipares Ho et à l'inverse, très bonnes chez les primipares No expliquent à elles seules ces différences significatives de durée de vie. En effet, dans un système en vêlage groupé sur 3 mois, l'infertilité est la cause essentielle de réforme (plus de 80%), suivi de très loin par la mortalité accidentelle subie. La mise à la reproduction un an plus tôt augmente les risques de réforme plus précoce, surtout chez les primipares Ho conduites en vue d'un 1er vêlage à 2 ans.
En conséquence, le nombre de jours de lactation total réalisé s'avère plus faible chez les Ho du groupe Vel2 que Vel3 (657 vs 720 jours) tandis qu'il est plus élevé chez les No (873 vs 752 jours). Selon les races, et leur aptitude à se reproduire, l'influence de l'âge au 1er vêlage diverge significativement. Le lait produit par jour de vie est, comme attendu, significativement plus élevé chez les vaches Ho (8,4 kg) que No (6,7 kg), et chez les vaches du lot Haut (8,7 kg) que Bas (6,4 kg), sans effet notable moyen de l'âge au 1er vêlage. Ce résultat est contradictoire de divers travaux qui stipulent un effet favorable d'un 1er vêlage à 24 mois sur la production laitière par jour de vie (Lin et al, 1988 ; Wathes et al, 2014 ; Eastham et al, 2018). Mais aucun de ces travaux n'impose une saison de reproduction aussi contraignante que celle appliquée au Pin.
Après abattage, les vaches de race No se caractérisent par un poids de carcasse supérieur de 38 kg à celui de Ho (368 vs 330 kg - P<0,001). Un 1er vêlage à 2 ans aboutit à la réforme, à un poids de carcasse plus faible de seulement 15 kg (P<0,02), avec une différence plus marquée chez les vaches Ho (22 kg) que No (8 kg). Cette différence plus marquée est à mettre en relation avec l'âge à la réforme, plus précoce chez les Ho que les No en Vel2. Chez les vaches No conduites en vêlage 2 ans, le gain de poids régulier au cours des lactations successives leur permet finalement de combler leur faible poids au 1er vêlage, sans trop pénaliser leur valeur de réforme.

CONCLUSION

La pratique d'un 1er vêlage à 2 ans est possible, même avec des races laitières plus tardives telles que la race No. Avec une saison de reproduction de durée limitée et à dates fixes, environ 30% des génisses sont alors mises à la reproduction à un poids et âge inférieur à 60% du poids adulte et à 15 mois. Dans tous les cas, en 1ère lactation, la production laitière est des Vel2 est inférieure à celle des primipares conduites en vêlage 3 ans. Contrairement aux primipares Ho, qui se « sacrifient » à la production laitière, les primipares No « profitent » de leur 1ère lactation Vel2 pour poursuivre leur croissance, et assurer une nouvelle gestation. La conduite en vêlages groupés de fin d'hiver, imposée en système herbager pour profiter de la saison de pâturage en phase avec la lactation, vient perturber les résultats de longévité et donc les avantages du vêlage à 2 ans en termes de vie productive et lait total produit. Néanmoins, malgré un âge plus faible à l'abattage, la valorisation à la réforme n'est que peu impactée par l'âge au 1er vêlage.

Les auteurs tiennent à remercier les étudiantes-ingénieures Anna Reiche (AgroCampus Rennes) et Doriane Moreaux (VetAgroSup Clermont Ferrand) pour leur contribution appréciée à l'analyse préliminaires des résultats.

Bedere, N., Delaby, L., Ducrocq, V., Leurent-Colette, S., Disenhaus, C., 2016. J. of Dairy Sci., 99,1-11.
Bedere, N., Disenhaus, C., Ducrocq, V., Leurent-Colette, S., Delaby, L., 2017. Animal, 11, 826-835.
Dall-Orsoletta, A., Leurent-Colette, S., Foray, S. Launay, F., Delaby, L., 2018. Renc. Rech. Ruminants, 24, 488, 491.

Eastham, N.T., Coates, A., Cripps, P., Richardson, H., Smith, R., Oikonomou, G., 2018. Plos One, 13(6), e0197764
Foray, S., Gaborit, M., Launay, F., Delaby, L., 2020. Renc. Rech. Ruminants, 25, 115-119.
Lin, C.Y., McAllister, J., Batra T.R., Lee, A.J., 1988. J. Of Dairy Sci, 71, 2735-2743.
Troccon, J.L., Petit, M., 1989. INRA, Prod Anim, 2, 55-64.
Wathes, D.C., Pollott, G.E., Johnson, K.F., Richardson, H., Cooke, J.S., 2014. Animal, 8:s1, 91-104.

Race	Holstein				Normande					Effet (P<)		
Stratégie alimentaire	Haut		Bas		Haut		Bas					
Age au 1er vêlage	2 ans	3 ans	2 ans	3 ans	2 ans	3 ans	2 ans	3 ans	ETR	Race	StrAli	AgVel
Poids à âge fixe durant la phase d'élevage / post sevrage (n=342)												
Poids - 6 mois (kg)	190	178	190	179	175	168	177	168	17.3	0.001	NS	0.001
Poids - 12 mois (kg)	345	297	341	301	322	280	323	276	32.6	0.001	NS	0.001
Poids -18 mois (kg)	476	402	476	408	461	386	458	385	41.8	0.001	NS	0.001
Age et poids à la 1ère mise à la reproduction (n=325)												
Age MàRep (jours)	428	773	429	771	434	769	433	775	32.2	NS	NS	0.001
Poids MàRep (kg)	407	498	404	505	406	495	399	499	46.2	NS	NS	0.001
Age IAféc (jours)	461	802	466	801	466	797	467	805	41.9	NS	NS	0.001
Poids IAféc (kg)	425	515	422	524	420	507	412	516	50.7	NS	NS	0.001
Age 1er Vêl (jours)	738	1082	745	1081	747	1082	749	1080	43.6	NS	NS	0.001
Performances en 1ère lactation (n=325)												
Lait total - 44s (kg)	7008	7573	4797	5974	5111	5538	3674	4473	667.0	0.001	0.001	0.001
TB 44s (g/kg)	36.5	37.4	38.2	38.1	40.1	41.1	40.4	41.2	1.86	0.001	0.002	0.005
TP 44s (g/kg)	31.4	31.7	29.7	29.9	34.7	34.8	32.0	32.4	0.95	0.001	0.001	0.040
MU totale 44s - kg	469	519	327	404	380	416	265	328	43.3	0.001	0.001	0.001
Poids après Vêl (kg)	559	647	552	644	564	651	543	644	39.0	NS	NS	0.001
Poids fin lact. (kg)	598	672	529	627	655	711	590	641	56.5	0.001	0.001	0.001
NEC Vêl (pts)	2.85	3.10	2.55	3.05	3.20	3.40	2.95	3.30	0.456	0.001	0.001	0.001
NEC mini (pts)	1.85	2.10	1.40	1.70	2.75	2.85	2.10	2.25	0.407	0.001	0.001	0.001
NEC fin lact (pts)	2.25	2.50	1.80	2.00	3.20	3.35	2.45	2.60	0.41	0.001	0.001	0.001
Int. IAposs-IAfec (j)	34	29	22	31	36	29	34	25	23.9	NS	NS	NS
Gest à l'IA n°1 (%)	47	41	38	34	39	52	39	50	/	NS	NS	NS
Revêlage (%)	66	63	50	64	79	78	81	67	/	0.001	NS	NS
Performances en 2ème lactation (n=182)												
Lait total - 44s (kg)	8610	9150	5847	6367	5976	6331	4383	5097	722.3	0.001	0.001	0.001
Poids fin lact. (kg)	622	698	609	675	710	746	667	691	41.3	0.001	0.001	0.001
Performances à l'échelle de la carrière (n=320, sauf pour le poids de carcasse n=290**)**												
Age réforme (mois)	52.4	64.0	49.4	65.2	60.2	66.9	59.6	65.6	17.7	0.010	NS	0.001
Total jours lactation	707	707	607	733	877	773	869	732	454.1	0.002	NS	NS
Lait / jour de vie (kg)	10.3	9.2	6.7	7.3	8.2	6.9	5.9	5.6	3.0	0.001	0.001	NS
Poids carcasse (kg)	328	347	310	334	377	384	350	360	36.2	0.001	0.001	0.002

Tableau 1 : Synthèse des performances zootechniques des génisses et primipares conduites pour un 1er vêlage à 24 ou 36 mois dans le cadre de l'expérimentation QVQS (INRAE du Pin – 2006/19).

ETR : Ecart type résiduel du modèle - StrAli : Stratégie d'alimentation – AgVel : Age au 1er vêlage - MàRep : Mise à la reproduction - IAféc : IA fécondante - IAposs : IA possible - TB : Taux butyreux – TP : Taux protéique – MU : Matières utiles – NEC : Note d'état corporel – Gest : Gestante

Ingestion des génisses laitières : partir sur de bonnes bases pour bien les nourrir

JURQUET J. (1), LE COZLER Y. (2), TREMBLAIS D. (1), LAUNAY F. (3), DELABY L. (2)
(1) Institut de l'Elevage, 42 rue Georges Morel, CS 60057, 49071 Beaucouzé cedex, France
(2) PEGASE, INRAE, Institut Agro, 35590 Saint-Gilles - France
(3) INRAE, Domaine expérimental du Pin, Borculo, Exmes, 61 310 Gouffern en Auge - France

RESUME - Le projet INGELA a pour but de décrire les pratiques de rationnement des génisses laitières et de vérifier la pertinence des équations de prédiction de leur capacité d'ingestion (CI) proposée par INRAE. Une enquête nationale auprès de 21 conseillers montre qu'en période hivernale, les régimes à base d'herbe conservée prédominent. Le calcul de ration est fréquent et la majorité des conseillers utilisent un logiciel de rationnement basé sur le système INRA (2018). Pour 16 d'entre eux, ce système d'alimentation prédit correctement l'ingestion des génisses. Cependant, la plupart des éleveurs ne pèse pas leurs génisses et n'analyse pas les fourrages qui leur sont destinés. Les données d'ingestion moyenne de 58 lots de génisses issues de 4 fermes expérimentales ont également été analysées. Les lots se composent en moyenne de 15 génisses (±7), de poids vif (PV) et d'âge moyens au cours des essais de respectivement 400 (± 84) kg et 15 (± 3,5) mois. Les principaux fourrages utilisés sont l'ensilage de maïs, le foin et le mi-fané enrubanné. La différence moyenne entre les ingestions prédites avec le logiciel INRAtion V5.0 et les ingestions mesurées s'élève à -0,3 kg de matière sèche ingérée (MSI) et deux tiers des écarts sont compris entre -1 et +1 kg MSI/jour. Enfin, deux essais ont été réalisés au domaine expérimental INRAE du Pin (61) en automne 2019 et 2020 sur respectivement 47 et 42 génisses (Holstein, n=54 et Normande, n=35, 17 mois d'âge moyen). Le 1er a été conduit avec de l'ensilage d'herbe d'excellente qualité, le second avec du foin de faible valeur alimentaire. La CI des génisses a été évaluée par 2 approches. La 1ère consiste à déterminer la valeur d'encombrement (Unité d'Encombrement Bovin, UEB) du fourrage au travers des quantités de matières sèches volontairement ingérées (qMSVI) par les génisses. La 2nde repose sur la mesure des qMSVI par des moutons adultes lors de périodes de mesures de digestibilité. Le coefficient « a », de l'équation de prévision de la CI ($CI= a\ PV^b$) a été ajusté avec les données issues des deux approches en fixant le coefficient « b » à 0,9 (valeur proposée par INRA 2018). Les valeurs obtenues pour le coefficient « a » avec la première approche (respectivement égal à 0,03729 et 0,03749 pour l'ensilage et le foin) sont très proches de la valeur prise en compte dans INRA 2018 (0,03915). La seconde approche confirme ce résultat pour l'ensilage mais pas pour le foin. En conclusion, l'analyse des ingestions moyennes de lots de génisses et des deux essais conduits au Pin montre que l'équation de prévision de l'ingestion, proposée par INRAE en 2018, basée sur le seul PV, reste d'actualité. L'absence de pesées des génisses en élevage et/ou la méconnaissance de l'encombrement des fourrages utilisés semblent être à l'origine d'imprécisions dans le rationnement conduisant à des performances de croissance aléatoires.

Dairy heifer intake: start on the right basics to feed them well

JURQUET J. (1), LE COZLER Y. (2,3), TREMBLAIS D. (1), LAUNAY F. (4), DELABY L. (2)
(1) Institut de l'Elevage, 42 rue Georges Morel, CS 60057, 49071 Beaucouzé cedex, France

SUMMARY - The aim of the INGELA project was to understand the on-farm feeding practices of dairy heifers and to test the relevance of the equations to predict the intake capacity (IC) of these animals. proposed by INRAE. Responses of 21 advisors indicate that during winter period, stored grass-based diets were mainly used to feed heifers. Ration calculation is frequent; the majority of advisors using a software based on the INRA (2018) system. Sixteen of them considered that it correctly predicted the intake of heifers. However, most farmers do not weigh the heifers or analyzed the dedicated feed. Average intake measurements of 58 heifers groups from 4 experimental farms were then analysed. The groups size averaged 15 heifers (±7), with average body weight (BW) and age during the trials being equal to 400 (± 84) kg and 15 (± 3.5) months, respectively. The main forages used were corn silage, hay and wrapped haylage. The average difference between the predicted intakes from INRAtion V5.0 software and measured intakes was -0.3 kg dry matter intake (DMI) and two thirds of the differences less than 1 kg DMI/day. Finally, two trails aiming to measure precisely DMI were carried out at the INRAE experimental unit of Le Pin (61) during autumns 2019 and 2020, on 47 and 42 heifers, respectively (Holstein breed, n=54 and Normande breed, n=35; average age :17 months). The animals were fed *ad libitum*. In trial 1, heifers were fed with high quality grass silage, while in trial 2, they received a low feed value hay. The IC was evaluated thanks to 2 approaches. The first one determined the fill value (UEB) of the forage through the DMI of the heifers. The second measured the DMI *ad libitum* of adult sheep. The coefficient "a" of the IC prediction equation ($IC= a\ BW^b$) was adjusted with the data from both approaches by setting the coefficient "b" to 0.9 (as proposed by INRA 2018). The "a" values with the first approach (0.03729 and 0.03749 for silage and hay, respectively) were very close to the value published by INRA in 2018 (0.03915). The second approach confirmed this result for silage. In conclusion, the analysis of average intakes of groups of heifers and the two trials conducted at Le Pin showed that the intake prediction equation proposed by INRAE in 2018, based on BW alone, remains valid. The lacks of heifers weighing on-farm and/or of knowledge of the fill value of the forages seemed to be the source of errors in rationing, leading to altered growth performances.

INTRODUCTION

Optimiser la conduite des génisses de renouvellement est un levier d'amélioration de l'efficience globale des élevages laitiers. Cela suppose de les alimenter en cohérence avec les objectifs de croissance. En France, le calcul des rations hivernales des génisses s'appuie sur les équations de prévisions de l'ingestion des jeunes bovins en croissance publiées par Agabriel et al. (2018). Or, la sélection génétique a eu notamment pour conséquences une augmentation du gabarit des animaux et de leur précocité sexuelle (Le Cozler et

al, 2009). Ces évolutions ont pu modifier la capacité d'ingestion des génisses actuelles durant leur phase d'élevage. Le projet INGELA a pour but de mettre à jour les connaissances d'ingestion des génisses laitières. Pour y parvenir, deux démarches complémentaires ont été mises en œuvre : (i) un état des lieux des pratiques de terrain, associé à une comparaison des ingestions moyennes de lots de génisses suivies en fermes expérimentales aux ingestions prédites avec le système INRA 2018 et (ii) deux essais de mesures individuelles des quantités de matière sèche volontairement ingérées (qMSVI) en vue de déterminer la capacité d'ingestion des génisses (CI) et d'évaluer la pertinence de l'équation de prévision des qMSVI publiée en 2018.

1. MATERIELS ET METHODES

1.1. PRATIQUES DE TERRAIN ET INGESTIONS EN LOT DES GENISSES

Un questionnaire d'enquête en ligne a été transmis à des conseillers spécialisés en élevage de génisses laitières des Chambres d'Agriculture et d'organismes de conseil en élevage, répartis sur toute la France. Les questions se décomposaient en trois grandes rubriques : (i) le profil du répondant, sa localisation et la description de son activité ; (ii) le recensement des pratiques d'alimentation des génisses sur la zone de conseil et (iii) les outils et les repères de rationnement utilisés, ainsi que leur perception.

En complément, les données de suivis de croissance hivernales, en bâtiment, de 58 lots de génisses de race Holstein (n=49), Montbéliarde (n=8) et Normande (n=1) des fermes expérimentales des Trinottières en Maine-et Loire (TRI), de Trévarez dans le Finistère (TZ), de la Blanche Maison dans la Manche (LBM) et de Mirecourt dans les Vosges (MIR) ont été collectées et analysées. Pour chaque lot, l'âge et le poids moyen, la croissance moyenne, la nature et la quantité quotidienne d'aliment ingérée ont été collectées et analysées. Les ingestions moyennes de chaque lot ont été comparées aux ingestions prédites à l'aide du logiciel de rationnement INRAtion V5.0. Le calcul des ingestions prédites a été réalisé en se basant sur le poids vif moyen du lot, en intégrant le fourrage « à volonté » et en imposant la quantité moyenne de concentré réellement consommée par les animaux.

1.2. PERTINENCE DE L'EQUATION DE PREVISION DE LA CAPACITE D'INGESTION DES GENISSES LAITIERES

Deux essais de mesures des qMSVI ont été réalisés au domaine expérimental INRAE du Pin (Orne) en automne 2019 et 2020, sur respectivement 47 et 42 génisses Holstein (Ho) et Normande (No), âgées en moyenne de 17 mois (Tableau 1). Le premier a été conduit avec de l'ensilage d'herbe d'excellente qualité, le second avec du foin de faible valeur alimentaire (Tableau 2).

Essai	Ens. d'herbe (2019)		Foin (2020)	
Race	Ho	No	Ho	No
Effectif	30	17	24	18
Age moyen (mois)	16,8	17,6	16,4	19,7
Poids moyen (kg)	471	471	437	499

Tableau 1 : Caractéristiques des animaux en début d'expérimentation

Les deux essais ont duré respectivement 56 et 77 jours. Chaque génisse disposait d'une auge individuelle, avec accès contrôlé par identification électronique. Toutes étaient alimentées à volonté (10 % de refus) avec le seul fourrage de l'essai. L'ingestion quotidienne a été calculée par différence entre la quantité distribuée et la quantité non consommée sur 24 h. Chaque génisse a été pesée une fois par semaine.

La composition chimique des fourrages issus des analyses et leurs valeurs nutritives sont présentées au tableau 2. Une période de 5 jours de mesures d'ingestibilité et de digestibilité a également été réalisée pour chacun des deux fourrages expérimentaux sur 5 à 6 moutons adultes castrés selon le protocole décrit par Demarquilly et al (1995).

Pour quantifier l'influence du type de fourrages (Fg – Ensilage ou Foin) et de la race (Race – Ho ou No) sur les qMSVI, les données moyennes par animal ont été regroupées (n=89) et l'effet de ces 2 facteurs a été estimé par analyse de variance-covariance selon le modèle :

$qMSVI_{ijk} = Fg_i + Race_j + Fg_i \times Race_j + PVmoy_{ijk} + e_{ijk}$

Afin d'évaluer la pertinence de l'équation de prévision des qMSVI, les données observées ont été ajustées selon le même modèle : $CI = a \times PVmoy^b$, en fixant b à 0,9, comme retenu par INRAE (2018). La CI des génisses qui résulte des quantités de MSVI (exprimées en g/kg $PV^{0,75}$) et de la valeur UEB (unité d'encombrement du fourrage) des fourrages testés a été estimée selon deux approches complémentaires. La 1ère approche consiste à évaluer la valeur UEB du fourrage au travers les qMSVI des génisses, selon la définition de l'UEB = 95 / qMSVI (g/kg $PV^{0,75}$). La 2nde approche repose sur la mesure des qMSVI par les moutons (qMSVIm) lors des périodes de mesures de digestibilité. La valeur UEB correspondante est calculée à partir des relations entre les qMSVIm et qMSVIb des ensilages ou des foins décrites à partir des données des tables INRA 2018 (Baumont et al. 2018).

Eq 1 : Ensilage d'herbe : qMSVIb = 32,0 + 0,892 x qMSVIm et UEB = 95 / (32 + 0,89 x qMSVIm)

Eq 2 : Foin : qMSVIb = 16,4 + 1,265 x qMSVIm et UEB = 95 / (16,4 + 1,265 x qMSVIm)

La capacité d'ingestion des génisses a été déduite en appliquant l'équation CI = UEBfg x qMSVI (kg MS). Cette CI des génisses a ensuite été ajustée sur le poids vif selon le modèle proposé par INRAE en 2007 et 2018.

	Ensilage herbe - 2019			Foin - 2020		
	Récolte	Offert	Digestibilité	Récolte	Offert	Digestibilité
MS (%)	35,0	29,6	30,0	88,0	90,0	89,0
MAT (g/kg MS)	134	132	141	63	67	63
CB (g/kg MS)	197	238	241	340	333	354
dig MO (%)	75,3[1]	75,8[1]	78,5[1]	54,3[1]	53,1[1]	44,2[1]
UFL (/kg MS)	0,94	0,97	0,98	0,64	0,62	0,48
PDI (g/kg MS)	68	67	73	60	61	57
UEM (/kg MS)	1,46[2]	1,48[2]	0,88[3]	1,69[2]	1,69[2]	0,96[3]
UEB (/kg MS)	1,12[2]	1,08[2]	/	1,28[2]	1,28[2]	/

[1] estimée à partir de la dCs pour les valeurs obtenues à la récolte et offerts et mesurées sur moutons pour celles en digestibilité.

[2] valeurs calculées selon les équations proposées par l'INRA en 2018

[3] valeurs mesurées *in vivo* sur moutons avec UEM = 75/qMSVIm, qMSVIm de l'ensilage = 85 g/kg $PV^{0,75}$ et qMSVIm du foin = 78 g/kg $PV^{0,75}$

Tableau 2 : Compositions et valeurs alimentaires des fourrages expérimentaux

2. RESULTATS

2.1. ENQUETES AUPRES DES CONSEILLERS

Au final, 21 conseillers sur 50 ayant eu accès à l'enquête en ligne ont répondu au questionnaire. Ils sont situés dans le grand-Ouest (15), en région Auvergne-Rhône-Alpes (5) et en Alsace (1). Huit organismes sont représentés. Les répondants suivent en moyenne 37 élevages et réalisent du conseil sur l'élevage des génisses dans deux tiers des élevages suivis. Des rations pour les génisses sont calculées dans 80% des élevages ayant recours à du conseil sur la conduite des génisses. Vingt répondants utilisent un logiciel de rationnement dont 14 avec un moteur de calcul utilisant le

système INRA (2018). La majorité des répondants (16/21) considère que l'ingestion des génisses est correctement prédite (10/14 pour les utilisateurs du système INRA). Trois considèrent qu'elle est sous-évaluée. Dans la majorité des élevages conseillés, les génisses ne sont pas pesées et les vêlages sont étalés, ce qui rend difficile la constitution de lots homogènes. Selon les conseillers, le foin, l'ensilage d'herbe et l'ensilage de maïs (pour respectivement 12/21, 10/21 et 9/21 répondants) constitue le fourrage principal dans plus de 25% des élevages suivis pour alimenter les génisses de 12 à 18 mois en hiver. Pour 15 répondants sur 21, les fourrages composants la ration hivernale des génisses ne sont pas analysés dans au moins 75% des élevages suivis.

2.2. INGESTIONS MESUREES ET PREDITES

Les 58 lots de génisses se composent en moyenne de 15 génisses (±7), de poids vif (PV) et d'âge moyen au cours des essais de respectivement 400 (± 84) kg et 15 (± 3,5) mois. Les principaux fourrages utilisés sont le foin (18/58), l'ensilage de maïs (17/58), et le mi-fané enrubanné (13/58). La part médiane de fourrages dans les rations s'élève à 76 % et la part médiane de concentré est de 10 %. La majorité des données provient de la ferme des Trinottières (39/58).

Fourrage principal	TRI	TZ	LBM	MIR
Foin	10			8
Enrubannage	7	5	1	
Ens. maïs	12	5		
Autres	10			

Tableau 3 : Origine des données selon le fourrage principal

Les génisses de la classe de poids 350-400 kg ingèrent en moyenne 7,5 kg MS/j avec des régimes à base de foin ou d'enrubannage, pour des croissances moyennes de respectivement 585 g/j et 786 g/j. Les génisses de la classe de poids 400 à 450 kg ingèrent en moyenne 8,8 kg MS/j avec des rations à base de foin, pour une croissance de 608 g/j. Les lots de la même classe de poids nourris à l'enrubannage ont ingéré en moyenne 8,0 kg MS/j, pour une croissance identique (Tableau 4).

Classe de poids (kg)	Foin (n=12)		Enrubannage (n=13)	
	Ing. totale (kg MS)	*GMQ (g/j)*	*Ing. totale (kg MS)*	*GMQ (g/j)*
300-350	6,5	463	-	-
350-400	7,6	585	7,5	786
400-450	8,8	608	8,0	604

Tableau 4 : Ingestion et croissance moyennes

La différence moyenne entre l'ingestion prédite par le système INRA 2018 et les ingestions mesurées (MSI prédite – MSI mesurée) est de -0,3 kg MS/génisse/jour. Pour 32 lots sur 42, l'écart compris entre -5 et +5 % de l'ingestion mesurée (soit -0,4 à +0,4 kg MS/jour) (Figure 1). Les ingestions des lots de génisses alimentées à base de mi-fané enrubanné sont relativement proches de la droite d'égalité y=x. Pour les lots avec des rations à base de maïs, les prédictions d'ingestion sont dans la majorité des cas proches de la droite d'égalité à l'exception de deux lots pour lesquels l'ingestion prédite est nettement supérieure à l'ingestion mesurée. Pour lots alimentés principalement avec du foin, les ingestions prédites pour les animaux ingérant le moins semblent sous estimées. Ces situations correspondent à des lots issus de la ferme expérimentale de Mirecourt. Dans les autres situations, elles sont relativement bien prédites.

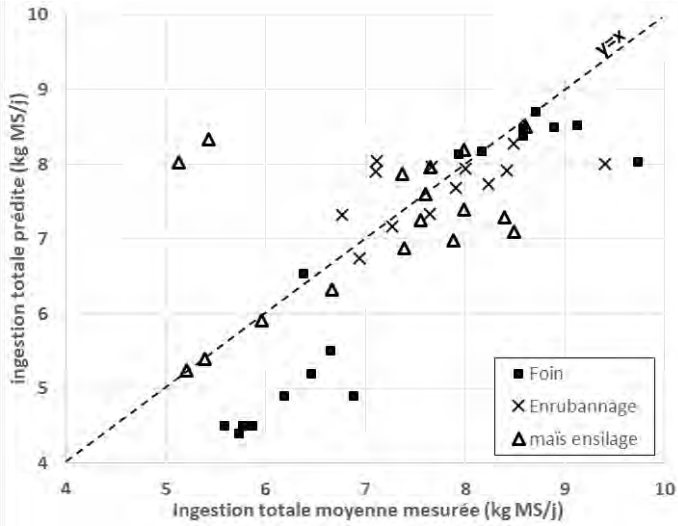


Figure 1 : Ingestion moyenne prédites et ingestions moyennes mesurées selon le type de fourrage principal

2.3. CAPACITE D'INGESTION DES GENISSES LAITIERES

En 2019 et 2102, les quantités moyennes ingérées ont été respectivement de 10,7 et 7,9 kg MS/j pour l'ensilage d'herbe et le foin. Lors des 2 années, les qMSVI ont été plus faibles (P<0,006) chez les animaux de race No (10, 5 et 7,5 kg MS/j en 2019 et 2020) que les Ho (11,0 et 8,4 kg MS/j en 2019 et 2020), sans interaction entre les types de fourrages et d'animaux (Tableau 5).

	2019 Ens Herbe		2020 Foin		Probabilité	
MSVI	Ho	No	Ho	No	Fge	Race
kg /jour	11,0	10,5	8,4	7,5	0,0001	0,006
kg /100kg PV	2,37	2,25	1,83	1,60	0,0001	0,004
g /kg $PV^{0,75}$	110	104	83	75	0,0001	0,007
UEB (/kg MS)	0,88		1,19			

Tableau 5 : Quantités ingérées de fourrages par les génisses et valeurs UEB moyennes estimées

Exprimés par 100 kg de PV ou par kg de $PV^{0,75}$, les effets des facteurs étudiés sont similaires. En moyenne, l'ingestion par 100 kg de PV a été de 2,0 kg de MS, avec un écart significatif de 0,6 kg MS en faveur de l'ensilage d'herbe. Par kg de $PV^{0,75}$, cette valeur moyenne est voisine de 95 g MS, avec une différence (P<0,0001) de 26 g entre les 2 fourrages, et défavorable au foin (Tableau 5).

Les valeurs UEB moyennes calculées de ces 2 fourrages sont respectivement de 0,88 et 1,19 / kg MS pour l'ensilage d'herbe de 2019 et le foin distribué en 2020. En regard des valeurs prédites à partir des équations proposées par Baumont et al. (2018), ces valeurs mesurées sont inférieures, notamment dans le cas de l'ensilage d'herbe (Tableau 1).

Les coefficients « a » et « b » de l'équation $CI = a \times PV^b$ de prévision de la CI des génisses laitières proposées par l'INRA en 2018 sont respectivement de 0,03915 et 0,90. En 2019, comme en 2020, l'ajustement des données de CI des génisses basé sur l'approche N°1 (à savoir avec la valeur UEB des fourrages issue de données d'ingestion des génisses et un coefficient « b » imposé à 0,9) aboutit à un coefficient « a » égal à respectivement 0,03729 et 0,03749.

La 2nde approche proposée, via les qMSVIm et la valeur UEM du fourrage, n'est applicable qu'en 2019. Elle aboutit au même résultat pour le coefficient « b » (0,03729) du fait d'une valeur UEB estimée similaire à celle observée directement sur les génisses.

3. DISCUSSION

3.1. DES EQUATIONDE PREDICTION DE LA CAPACITE D'INGESTION DES GENISSES TOUJOURS VALIDES

L'analyse des ingestions moyennes de lots de génisses suivies dans quatre fermes expérimentales constitue une première approche pour évaluer la cohérence des prédictions de l'ingestion avec les ingestions mesurées avec les fourrages utilisés sur le terrain et une large gamme de poids et d'ingestion des animaux. Dans la majorité des situations, les ingestions prédites avec INRA 2018 sont très proches des ingestions mesurées. Certains écarts demeurent toutefois relativement importants. Ils peuvent s'expliquer par une mauvaise appréciation des valeurs d'encombrement des fourrages et/ou une non prise en compte de la consommation de paille de litière, en particulier pour les régimes avec du maïs ensilage rationné. Dans le cas de la ferme de Mirecourt, les génisses sont conduites dans un système très bas intrants et il est possible que les animaux aient augmenté leur ingestion après une période de restriction (phénomène de compensation). L'approche au travers de moyennes de lot sans données individuelles est également une limite qui incite à la prudence.

Néanmoins, ces résultats sont confirmés par les deux essais menés au Pin au Haras pour l'ensilage d'herbe et le foin et conduits à l'échelle individuelle sur des génisses de deux races (Ho et No).

Les deux valeurs obtenues pour coefficient « a » de l'équation CI = a x PV^b à partir de l'approche N°1 basée sur la valeur UEB des fourrages issue de données d'ingestion des génisses sont extrêmement proches. Elles proviennent pourtant de deux fourrages très différents en terme de quantités ingérées, et ce sur une gamme de poids des génisses variant de 300 à 600 kg de poids vif. Ces valeurs, conformes à celles publiées par Agabriel et al. (2018), ne remettent pas en cause l'équation générique proposée par ces mêmes auteurs. L'écart type de ces deux ajustements est de respectivement 1,12 et 1,37 UEB, ce qui sous-tend néanmoins une variabilité résiduelle importante de CI entre deux génisses de même poids (Figure 2). La valeur obtenue en 2019 avec l'approche N°2 (basée sur les qMSVIm et UEM) confirme le résultat.

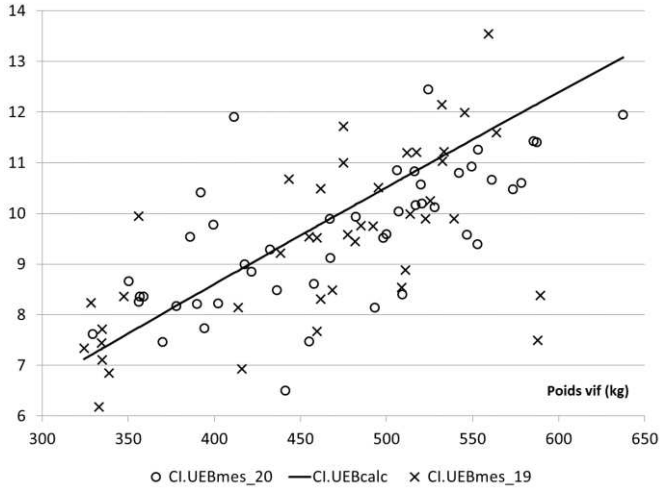


Figure 2 : Relation entre le poids vif et la CI des génisses

3.2. CONNAITRE LE POIDS ET LES VALEURS DES FOURRAGE POUR EVITER LES ERREURS

Connaitre le poids vif des génisses et la valeur alimentaire des fourrages offerts permet de calculer une ration cohérente avec leur capacité d'ingestion et adaptée à la croissance visée. Cependant, peu d'éleveurs pèsent leurs génisses et analysent les fourrages qui composent leur ration. Le tableau 6 présente des repères d'ingestion et de croissances permises en fonction du poids vif des génisses et des valeurs alimentaires (UEB et UFL) de divers foins pour des rations complémentées avec 1 kg de concentré (17% de MAT).

Foin	A	B	C	D	E
UEB (/kg MS)	1,26	1,21	1,12	1,08	1,03
UFL (/kg MS)	0,61	0,67	0,72	0,74	0,79
350[1]	539[2] **6,8[3]**	700 **7,0**	888 **7,4**	984 **7,6**	1158 **7,9**
375[1]	544 **7,2**	700 **7,4**	899 **7,9**	997 **8,1**	1172 **8,4**
400[1]	552 **7,6**	708 **7,8**	900 **8,3**	998 **8,5**	1176 **8,9**
425[1]	555 **8,0**	712 **8,2**	909 **8,7**	1007 **9,0**	1184 **9,3**
450[1]	556 **8,3**	715 **8,6**	914 **9,2**	1012 **9,4**	1184 **8,8**

[1] Poids vif en kg
[2] Croissance estimée en g/j
[3] **Ingestion estimée en kg MS/j**

Tableau 6 : Croissances et quantités ingérées estimées avec INRA 2018 en fonction du poids vif et des valeurs alimentaires du foin pour une à base de foin à volonté et 1 kg de concentré

Pour une génisse de 400 kg, une erreur d'estimation de 0,05 UFL (qui sépare les foins B et C) entraine une variation d'ingestion totale quotidienne de 0,5 kg MS soit une variation moyenne de la croissance attendue de l'ordre de 190 g/j, soit +/- 20 % de la croissance. A même complémentation en concentré et même foin, une variation de poids des génisses de 25 kg se traduit par une variation de l'ingestion. Par exemple, avec le foin E distribué à volonté, prendre en compte un poids vif de 400 kg au lieu de 375 kg se traduit par une erreur d'ingestion de 0,5 kg MS/j.

CONCLUSION

Les résultats obtenus ont permis de montrer que l'équation de prévision de la capacité d'ingestion des génisses laitières, proposée par INRAE en 2007 et 2018, et basée sur le seul poids vif demeure pertinente et n'a pas lieu d'être révisée. Cependant, il reste, à même poids, une variabilité entre génisses non négligeable, qui fait que cette équation a plus de pertinence à l'échelle d'un groupe de génisses que d'un individu. Ce travail met également en évidence que la prévision des valeurs UEB n'est pas très précise. Il montre aussi que pour calculer correctement une ration destinée aux génisses de renouvellement, il est primordial de connaître le poids des animaux à alimenter ainsi que les valeurs des aliments utilisés. L'approximation, voire la méconnaissance de ces paramètres, semble être à l'origine d'erreurs plus importantes que celles propres au système de calcul du système d'alimentation INRA 2018.

Agabriel J., Sepchat B., Cantalpiedra-Hijar G., Ortigues-Marty O., In INRA, 2018. Alimentation des ruminants, Editions QUAE, Versailles, 341-375.

Baumont R., Sauvant D., Maxin G., Chapoutot P., Tran G., Boudon A., Lemosquet S., Nozière P., In INRA, 2018. Alimentation des ruminants, Editions QUAE, Versailles, 487-520.

Demarquilly C, Chenost M, Giger S.,1995. Nutrition des ruminants domestiques – Ingestion et digestion, Editions Jarrige et coll, INRAE, 602-647.

Le Cozler Y., Peccate J.R., Porhiel J.Y., Brunschwig P., Disenhaus C., 2009. Inra Prod. Anim. 22 (4), 303-316

Troccon J.L., 1987. Bull. tech. CRZV Theix, INRA 70, 167-172.

Etude des leviers actuels et des freins à l'engraissement de JB laitiers en France

BUCZINSKI B. (1), CHOUTEAU A. (2), CHOTTEAU P. (2)
(1) Institut de l'Elevage – Monvoisin – BP 85 225 – 35652 LE RHEU cedex
(2) Institut de l'Elevage – MNE – 149, rue de Bercy – 75595 PARIS cedex 12

RESUME – En France, le nombre de naissance de veaux mâles laitiers diminue structurellement avec la décapitalisation. Mais la question de la valorisation de ces veaux reste prégnante. Si la part relative des veaux engraissés en veaux de boucherie est plutôt stable sur longue période et même croissante, le recul de la production de jeunes bovins (JB) laitiers est marqué et source de question pour la filière. En 2008, 25% des mâles nés de mères laitières étaient encore engraissés en taurillons. En 2018, cette part était tombée à 14% ! La fin des quotas laitiers en 2015 a évidemment joué un rôle important avec l'abandon de l'engraissement dans bon nombre d'élevages au profit de la production laitière. Les veaux qui ne sont plus aujourd'hui engraissés en taurillons (et en bœufs) sont principalement exportés nourrissons, majoritairement vers l'Espagne. La part des veaux mâles exportés est ainsi passée de 4% en 2008 à 15% en 2018 et elle a continué à augmenter depuis. Après une analyse détaillée de la situation et des dynamiques à l'aide des bases de données SPIE/ BDNI et Normabev, l'étude réalisée visait, sur la base d'enquêtes, à comprendre les éléments de décision des éleveurs laitiers de mise à l'engraissement ou non des veaux nés dans leurs élevages. Si le coût de production du JB laitier par rapport au cours des JB finis est un élément déterminant, d'autres paramètres entrent en ligne de compte, et tout particulièrement l'affectation des moyens de production (temps de travail et bâtiments), ainsi que les ressources fourragères disponibles.

Study of current barriers and facilitators to fatten dairy young bulls in France

BUCZINSKI B. (1), CHOTTEAU P. (2), CHOUTEAU A. (2)
(1) Institut de l'Elevage – Monvoisin – BP 85 225 – 35652 LE RHEU cedex

RESUME - In France, births of male dairy calves decrease structurally with livestock decapitalization. The issue of the valuation of these calves remains significant. The share of calves fattened as veal calves is rather stable over a long period and even increasing. But the decline in the production of dairy young bulls is important. It is a source of concern for the sector. In 2008, 25% of males (born from a dairy mother) were still fattened in young bulls. In 2018, this part had fallen to 14%! The end of milk quotas in 2015 obviously played an important role with the decrease of fattening in many farms in favor of milk production. Young calves that are no longer fattened in young bulls (and bullocks) are now mainly exported as live young veals, mainly to Spain. The share of male calves exported rose from 4% in 2008 to 15% in 2018 and is still increasing. After a complete analysis of the situation and the dynamics using the BDNI-SPIE and Normabev databases, the study aimed to understand the decision-making elements of dairy farmers whether or not to fatten calves born in their farms. The production costs of dairy young bulls compared to the price of the fattened young bulls is crucial. But there are several other parameters of importance: the allocation of the means of production (working time and buildings) as well than the available fodder resources.

INTRODUCTION

Face au déclin de l'engraissement de JB laitiers et plus généralement au problème de la valorisation et du devenir des jeunes veaux laitiers, les interprofessions viande et lait (Interbev et CNIEL) ont mis en place une *Task Force* sur le devenir des veaux laitiers. Après une analyse exhaustive des évolutions et tendances, il était essentiel de comprendre quels étaient les éléments nécessaires aux éleveurs laitiers pour décider d'engraisser ou non les mâles nés sur leur ferme dans le troupeau laitier, c'est-à-dire leurs motivations (pour mettre en place un atelier ou le conserver) et leurs freins (arrêt ou refus d'engraisser).

1. MATERIEL ET METHODES

L'objectif de cette étude était double. Premièrement, il s'agissait de faire la synthèse des évolutions de l'utilisation des animaux laitiers (hors vaches de réforme et veaux de boucherie) depuis 10 ans notamment dans les filières d'engraissement. Dans le même temps, l'évolution des types d'exploitations valorisant les animaux laitiers pour la viande a été réalisée. Pour cette première partie, la méthode a essentiellement consisté à valoriser les données extraites des bases SPIE/BDNI et Normabev pour les questions liées à l'engraissement, au type racial (lait/croisé) et à la typologie des exploitations, et d'Eurostat pour les questions liées particulières à l'exportation de veaux laitiers.

La seconde partie de l'étude visait à comprendre les éléments de décision des éleveurs laitiers quant à la volonté ou non d'engraisser les mâles nés sur leur ferme. La méthode a consisté à enquêter dans un premier temps un échantillon d'ingénieurs du réseau INOSYS et de différents experts, afin d'obtenir des éléments qualitatifs d'analyse de la situation. Seize personnes ont ainsi été enquêtées lors de cette phase. Dans un second temps, une enquête en ligne à l'aide de l'outil *Lime Survey* a été diffusée auprès d'éleveurs laitiers français, afin d'affiner ces résultats et de les quantifier (une centaine de réponses).
Les réponses obtenues ont permis de dégager des axes de travail pour encourager les éleveurs à engraisser les mâles laitiers.

2. DECLIN DE L'ENGRAISSEMET DE JB LAITIERS

2.1. MOINS DE JB ENGRAISSES…

Si la part des veaux engraissés en veaux de boucherie a progressé entre 2008 et 2018 pour atteindre 63%, le nombre de veaux castrés pour être engraissés en bœufs n'a cessé de diminuer. Ce nombre avait connu un petit rebond après les difficultés d'export des broutards à la fin des années 2000

(épizooties de FCO), mais il a lourdement rechuté depuis. En 10 ans, la proportion de mâles de mère laitière engraissés en bœufs est passée de 12% à 7%. Mais le recul le plus spectaculaire concerne les jeunes bovins laitiers. Alors que 25% des mâles nés de mère laitière étaient encore engraissés en taurillons pour les mâles nés en 2008, ils n'étaient plus que 14% pour les veaux nés en 2018.

Estimations GEB du destin des mâles laitiers	Veaux nés en 2008	Veaux nés en 2014	Veaux nés en 2018
Veaux de boucherie	59%	59%	63%
Jeunes bovins (12-24 mois)	25%	20%	14%
Bœufs	12%	12%	7%
Exportation en vif (nourrissons)	4%	9%	16%

Tableau 1 Destin des mâles laitiers ne France selon leur année de naissance
Source : estimations GEB d'après SPIE-BDNI, Normabev

2.2. … ET MOINS D'EXPLOITATIONS LAITIERES ENGRAISSANT DES JEUNES BOVINS

En 10 ans, le nombre d'exploitations laitières avec engraissement et/ou mixte lait-viande s'est nettement replié. Entre 2011 et 2020, si le nombre d'exploitations laitières pures reculait sensiblement (-22% /2011), Le recul du nombre d'exploitations avec une activité bovin viande était bien plus marqué comme pour :

- Les exploitations laitières engraisseurs de bœufs (-59% /2011) ;
- Les exploitations laitières engraisseurs de JB avec ou sans achat (-49%) ;
- Les mixtes engraisseurs de bœufs (-56%) ;
- Les mixtes engraisseurs de JB avec ou sans achat (-49%).

Seules le nombre d'exploitations mixtes naisseurs (-23% /2011) a connu un niveau relatif de baisse comparable à celui des exploitations laitières pures.
La fin des quotas laitiers en 2015 a participé à amplifier ce phénomène de baisse. Une partie des exploitations utilisant les réserves fourragères à l'engraissement jusque-là, les ont depuis réaffectées aux vaches laitières pour augmenter la production laitière.

	2011	2020
JB, taureaux et bovins jeunes lait abattus (1000 têtes)	255	182
JB, taureaux et bovins jeunes lait abattus (1000 téc)	92	68
Nb d'exploitations lait/mixte + engraissement de JB	11 800	6 100

Tableau 2 Evolution de la production de JB laitiers et des exploitations laitières avec engraissement entre 2011 et 2020
Source : IDELE-GEB d'après SPIE-BDNI, Normabev

L'engraissement est un atelier qui a du mal à se maintenir par rapport à d'autres productions qui prennent sa place, qui paraissent plus rentables (spécialisation en lait, cultures de vente…). La fin des quotas laitiers a notamment entraîné la disparition de nombreux ateliers d'après les experts/ utilisés pour valoriser des bâtiments libres ou pour compléter les revenus quand la production laitière était contrainte par les quotas, ils ont été victimes de leur statut de « variable d'ajustement » quand les éleveurs ont pu augmenter leur production laitière. L'agrandissement des troupeaux laitiers a entrainé le remplacement des jeunes bovins engraissés dans les bâtiments par des génisses par exemple, et le temps de travail disponible a été réorienté vers le seul atelier laitier. La spécialisation des élevages a entraîné la suppression des ateliers de petite taille et pesant peu dans le chiffre d'affaires, dont l'engraissement. Certains avantages économiques et fiscaux spécifiques ont par ailleurs disparu (découplage de la prime spéciale aux bovins mâles depuis 2003 en France ; fin de la DPI en 2019 – déduction fiscale pour investissement dans un stock de jeunes bovins …), alors qu'ils étaient souvent de forts arguments en faveur du maintien de l'atelier dans certaines fermes. Par ailleurs, cette production n'a pas une image très attractive, pour les raisons que nous allons détailler plus bas : les experts ne notent donc pas ou très peu de création d'ateliers en remplacement de ceux qui arrêtent.

DISPARITION	MAINTIEN
Rentabilité faible (comparée à d'autres ateliers comme les cultures…)	Bâtiments existants à valoriser
Hausse taille troupeau lait (temps et bâtiment limitant)	Surfaces en herbe à valoriser (bœufs)
Baisse disponibilité en fourrages (sécheresse…)	Participe à la cohérence du système
Baisse aides couplées et incitation fiscale	Valoriser les veaux produits sur la ferme
Baisse main d'œuvre disponible	

Tableau 3 Les facteurs de disparition ou de maintien des ateliers d'engraissement
Source : IDELE d'après enquête

3. FREINS ET LEVIERS A L'ENGRAISSEMENT DE JB LAITIERS

3.1. LES PRINCIPAUX FREINS EVOQUES

Le principal frein constaté est le manque de rentabilité. Avec des animaux « gourmands » en aliments, et restant longtemps sur la ferme, le retour sur investissement est estimé insuffisant pour la totalité des experts rencontrés. L'atelier a du mal à se maintenir face à d'autres productions possibles plus rentables, comme les cultures (exemple du lin en Normandie), ou l'engraissement de broutards allaitants. L'atelier est donc maintenu uniquement s'il est cohérent par rapport au système et aux autres ateliers. Il assure alors un petit revenu complémentaire. Mais la rentabilité de l'atelier est souvent mal connue, car l'atelier est majoritairement de petite taille, le suivi technico-économique est donc approximatif (cf. Tableau 4).

	JB	BŒUFS	MIXTE	AUTRE	Total
Oui et elle me convient	7	4	1	0	12
Oui et elle ne me convient pas	10	4	1	1	16
Non mais je pense qu'elle est positive	3	3	3	0	9
Non mais je pense qu'elle est négative	1	0	0	0	1
n=	21	11	5	1	38

Tableau 4 Niveau de connaissance de la marge en atelier d'engraissement – résultat d'enquête
Question : *connaissez-vous la marge dégagée par votre activité d'engraissement ?*
Source : IDELE d'après enquête

L'engraissement de taurillons est fortement lié à **la disponibilité en bâtiments et en maïs**. Le maintien de l'atelier va donc être conditionné par le fait que les quantités disponibles soient suffisantes et supérieures aux besoins du troupeau laitier. Dans les régions rencontrant des problèmes de rendement et/ou d'aléas climatique pouvant impacter le

rendement, les ateliers ont souffert de cette concurrence. Il existe parfois une concurrence entre les maïs et d'autres productions, comme le lin en Normandie (plus de marge, meilleure image). Dans les fermes qui évoluent vers une valorisation plus poussée de l'herbe par les vaches laitières, le fait de devoir laisser le silo ouvert toute l'année peut poser un problème : le front n'avance pas assez vite avec les seuls taurillons et les risques sous-jacents sont importants (hygiène). Avec les tailles de troupeau qui augmentent, les génisses remplacent les taurillons dans les bâtiments. S'il reste des bâtiments non utilisés, l'engraissement peut alors être maintenu pour les valoriser. Globalement, la rentabilité de l'engraissement des mâles laitiers n'étant pas suffisante pour permettre des investissements, le maintien de l'activité dépend des bâtiments et du matériel déjà disponibles.

Sur **la question de l'astreinte et des conditions de travail**, avec les tailles de troupeau qui augmentent, les éleveurs sont à la recherche de simplification et rationalisation. En effet, la quantité de travail augmente pour la production laitière et le phénomène peut être accentué par des départs d'associés (retraite, cessation d'activité…). L'arrêt de l'engraissement peut alors être envisagé faute de main d'œuvre disponible (dépendant du rapport lait/UTH). Cependant, la charge de travail supplémentaire n'est pas nécessairement un frein important pour les ingénieurs INOSYS et les experts (peu de travail comparé aux vaches laitières) mais ressort comme une inquiétude importante de l'enquête éleveur en ligne.

Sur la **gestion zootechnique du troupeau**, le sevrage des veaux est une période complexe à gérer (technique et chronophage) durant laquelle les pertes sont élevées (y compris pour les génisses) et que certains éleveurs cherchent à déléguer (élevage des génisses). Face à ces difficultés les éleveurs préfèrent vendre tous leurs veaux, même à faible prix, et éventuellement acheter des broutards allaitants. L'engraissement est souvent moins bien maîtrisé par les éleveurs. Les animaux partent trop tard, trop lourds, et la marge est alors très réduite même si les éleveurs ne le mesurent pas forcément.

Enfin, pour ce qui est de **l'humain, facteur essentiel**, **deux paramètres** jouent. **Le premier est l'affinité de l'éleveur avec la production**. L'engraissement souffre parfois d'une mauvaise image auprès des éleveurs. Se définissant d'abord comme producteurs laitiers, les éleveurs préfèrent se concentrer sur la production principale. Ceux qui gardent de l'engraissement sur la ferme sont aussi ceux qui apprécient cette production, voire ceux qui ont « l'habitude » d'avoir cet atelier sur la ferme, et ne pensent donc pas à l'arrêter. **Le second paramètre est l'évolution des collectifs**. Le départ d'un associé non remplacé (retraite par ex) entraine la diminution de la main d'œuvre disponible, et peut entrainer la disparition de l'atelier d'engraissement. Le phénomène inverse peut se produire dans le cas d'une installation supplémentaire sur la ferme (cas des GAEC en particulier), mais souvent dans une période transitoire, avant de pouvoir investir sur davantage de production laitière.

Une autre situation peut être rencontrée quand c'est l'atelier lait qui s'arrête. Deux évolutions sont alors possibles :

- Soit l'engraissement disparaît à cause de la concurrence avec d'autres productions plus rentables (cultures…).
- Soit les éleveurs qui arrêtent le lait gardent de l'engraissement de mâles laitiers pour valoriser des bâtiments et le savoir-faire de l'éleveur, mais les expériences précédentes montrent que peu d'entre eux maintiennent l'activité (rentabilité insuffisante).

3.2. LES SOLUTIONS SUGGEREES

Pour les conseillers, plusieurs voies permettant de redévelopper la production de JB dans les élevages laitiers peuvent être envisagées. C'est d'abord la nécessité de **développer des filières dédiées, avec un prix garanti**. Pour cela, il semble opportun de s'inspirer de démarches existantes qui marchent bien comme les contrats McKey/McDo pour valoriser les avants de JB laitiers. Il est également question de **développer de nouvelles formes de valorisation**. Plusieurs produits sont évoqués comme la production de veaux gras, de veaux de grain ou encore de veaux sous nourrice. Pour ces filières, la question de l'utilisation de races mixtes est posée. Cependant, ces filières qui n'existent pas dans certaines zones pose la question des débouchés alors qu'il semble difficile de trouver des abatteurs intéressés.

Le redéveloppement de l'engraissement des mâles laitiers pourrait être également envisagée grâce à **l'aide des politiques publiques**. Ainsi, la mise en place des aides spécifiques à l'engraissement ou encore d'aides à l'investissement (nouveaux bâtiments par exemple) est citée par de nombreux conseillers.

La nécessité de **repenser de nouveaux modèles techniques et économiques, rationnels** est aussi évoqué. Il convient pour cela de notamment repenser la taille des ateliers, le fonctionnement technique en intégrant la nécessité de coûts de production maîtrisés. La production de JB à l'herbe est également suggérée. Ce type de production pourrait répondre à l'enjeu d'autonomie alimentaire et permettre la fermeture printanière du silo (frein évoqué, cf. partie 3.1).

L'accompagnement technique des éleveurs reste primordial. La sensibilisation aux coûts de production et les stratégies mobilisables de finition des animaux étant des prérequis. Enfin, d'autres questions plus techniques comme le développement d'ateliers spécialisés pour l'étape de nurserie, à l'instar de ce qui se passe en Espagne, a également été proposé.

La question de **la semence sexée** et de son utilisation croissante en élevage laitier pourrait être déterminante. Cela va probablement entraîner des changements importants sur les orientations que prendront les éleveurs laitiers, soit en limitant le nombre de veaux mâles produits, soit au contraire en offrant des perspectives pour développer des ateliers d'engraissement de mâles notamment en utilisant de la semence de race à viande en croisement.

Attention cependant, plusieurs initiatives existantes n'ont pu être pérennisées car il reste à la fois difficile de trouver des éleveurs motivés et la rentabilité de certaines démarches reste sensible. La définition de de conditions contractuelles rassurantes est alors indispensable à l'instar de ce qui fait sur les jeunes génisses/babynettes élevées à l'herbe et contractualisées (exemple : Prim'herbe pour les magasins Carrefour). Enfin, l'ensemble de ces démarches se doivent de prendre en compte les attentes sociétales (bien-être animal, environnementales).

Pour donner suite à ces échanges avec les conseillers/experts et prioriser les attentes des éleveurs. Ces derniers se sont exprimés sur les solutions leur paraissant prioritaires. Outre la question du prix de vente, ce sont les questions de contrats et de filières organisées ainsi que les questions de soutien public qui sont apparus comme primordiaux (cf. figure 1)

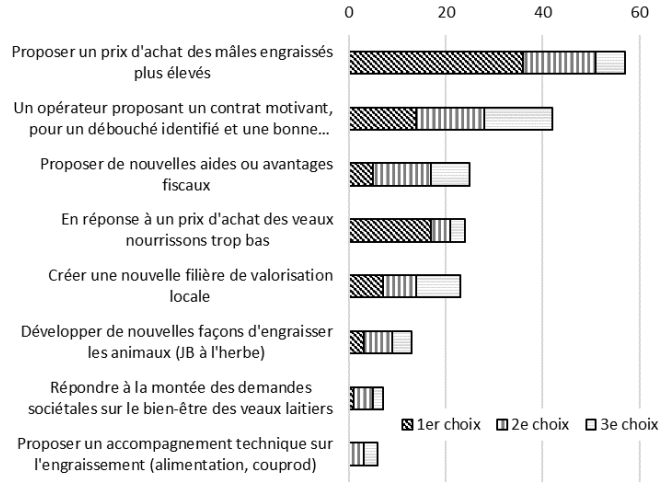


Figure 1 Les facteurs de disparition ou de maintien des ateliers d'engraissement
Source : IDELE d'après enquête
Question : ***Quels arguments/ solutions pourraient encourager les éleveurs laitiers français à engraisser leurs mâles laitiers ? (démarrer une activité d'engraissement/ la maintenir)***

CONCLUSION

L'engraissement des mâles laitiers dans les élevages où ils sont nés est en forte diminution depuis une décennie. Les résultats de l'enquête mettent en avant une faible motivation des éleveurs, perçue et comprise par les conseillers qui pour une partie d'entre eux déconseillent de se lancer dans l'engraissement de mâles laitiers (en JB ou en bœufs) compte tenu de la faible rentabilité de l'atelier. Le principal levier à actionner pour redonner aux éleveurs l'envie d'engraisser est d'augmenter sa rentabilité, mais cela ne sera sans doute pas suffisant compte tenu de la charge de travail déjà importante portée aujourd'hui par les éleveurs laitiers, dont les fermes grandissent régulièrement. De plus les débouchés doivent être fiables pour faire face à moyen terme à la concurrence d'autres productions aujourd'hui plus rémunératrices.

Brunet L. et al., 2016, Elever des veaux laitiers sous des vaches nourrices : entre réduction du travail et amélioration des performances animales, 3R.
Buczinski B. et al., 2016, Vaches, surfaces, charges… tout augmente sauf le revenu. Quinze ans de suivi en Bretagne, Pays de la Loire et Deux-Sèvres, INOSYS.
Michaud A. et al., 2018, Déléguer l'allaitement des veaux laitiers aux vaches ? Résultats d'enquêtes auprès des éleveurs, 3R.
GEB-Institut de l'Elevage, Octobre 2021, Valorisation des veaux laitiers : comparaison dans 10 pays, Dossier Economie de l'Elevage n° 523

Produire de la viande rouge à partir de veaux laitiers, une solution pour répondre aux attentes du consommateur sur le marché de la RHD

FOSSAERT C. (1), GUY F. (1), BERTRON J.J. (2), DECHAUX T. (3), BROUARD S. (4)
(1) Institut de l'élevage, 56430 Mauron, France
(2) Institut de l'élevage, 49070 Beaucouzé, France
(3) Institut de l'élevage, 75595 Paris, France
(4) Institut de l'élevage, 87000 Limoges, France

RESUME
Avec la baisse des débouchés en veaux de boucherie et jeunes bovins, les veaux laitiers français sont de plus en plus orientés vers l'export, entrainant des transports de longue durée pour de jeunes veaux et une remise en cause par la société. Cependant, ces veaux peuvent produire des carcasses adaptées au marché de la restauration hors domicile (RHD), majoritairement approvisionné par des viandes laitières importées. Dans ce contexte, des essais ont été lancés sur la ferme d'innovation et de recherche des Bouviers, à Mauron (56), dans l'objectif de mettre au point des itinéraires de production de jeunes bœufs laitiers croisés (16–17 mois) aux carcasses légères (280-300 kg carcasse) et bien finies, répondant aux demandes de la RHD. Depuis octobre 2019, trois lots de 56 veaux laitiers croisés ont été suivis avec deux modalités de conduite maximisant l'herbe (pâturée et/ou conservée) selon la période de naissance (automne/hiver) et le mode de finition (auge/pâturage). Sevrés 56 jours après l'arrivée sur la station, puis alimentés avec une ration à base d'ensilage de maïs, les trois lots ont présenté de bonnes croissances avant leur première sortie au pâturage avec un gain moyen quotidien (GMQ) moyen de 968 g/jour. Les deux années climatiques très contrastées ont fortement impacté la pousse de l'herbe et donc les conduites alimentaires (rentrée en bâtiment l'été, complémentation…). Cependant, les croissances globales sont bonnes, avec une moyenne de 1067 g/jour pour les lots nés en automne et 960 g/jour pour le lot né en hiver. Sur les 167 animaux abattus, l'âge moyen à l'abattage, ainsi que le poids de carcasse moyen sont respectivement de 17 mois et 307 kg. 68% des carcasses ont des conformations entre O+ et R=, ce qui est recherché par les abattoirs. 98% des carcasses ont reçues la note d'état d'engraissement de 3. Par ailleurs, les rendements carcasses sont relativement élevés pour des animaux d'origine laitière (54% en moyenne) et reflètent très bien la diversité des potentialités des races à viande utilisées pour le croisement. La viande est jugée avec un niveau de persillé répondant aux attentes (81% note supérieure ou égale à 2).

In France, a new dairy calf to beef production for the out of home consumers

FOSSAERT C. (1), GUY F. (1), BERTRON J.J. (2), DECHAUX T. (3), BROUARD S. (4)
(1) Institut de l'élevage, 56430 Mauron, France

SUMMARY
Following the decline in veal and young bull productions, french dairy calves are increasingly oriented towards export, resulting in long distance transport for young calves and rising questions from consumers. However, these calves can produce carcasses adapted to the out-of-home market, which is mainly supplied by imported meats from dairy herd. In this context, trials have been launched on the Bouviers innovation and research farm in Mauron (56), with the aim of developing steer production from crossbred dairy calves (16-17 months) with light carcasse weight (280-300 kg carcass) and well fattened, meeting the demands of the out-of-home consummers. Since October 2019, three groups of 56 crossbred dairy calves have been studied with two modalities maximizing grass (grazed and/or conserved) depending on the birth period (fall/winter) and finishing mode (trough/pasture). Weaned 56 days after their arrival at the station, then fed a corn silage-based ration, the three lots showed good growth before pasture with an average daily gain (ADG) of 968 g/day. The two very contrasting climatic years had a strong impact on the growth of grass and therefore on the feeding practices (housing in summer, supplementation...). However, the global growths are good, with an average of 1067 g/day for the groups born in autumn and 960 g/day for the group born in winter. Of the 167 animals slaughtered, the average age at slaughter and the average carcass weight were 17 months and 307 kg respectively. 68% of the carcasses had conformations between O+ and R=, which is what slaughterhouses are looking for. 98% of the carcasses received a fat cover grade of 3. Moreover, the carcass yields were relatively high for animals of dairy origin (54% on average) and reflect well the diversity of the potentialities of the meat breeds used for the crossbreeding. The meat is judged with a level of marbling that meets expectations (81% score greater than or equal to 2).

INTRODUCTION

Avec la spécialisation des vaches et des fermes laitières observée depuis quelques années dans les pays riches, le destin des veaux laitiers mâles et des femelles non conservées pour le renouvellement se joue essentiellement en dehors de leur ferme de naissance. C'est notamment le cas en France, où la majeure partie des veaux mâles laitiers sont engraissés en veaux de boucherie, en jeunes bovins voire en bœufs, souvent dans des ateliers spécialisés.
Ainsi, si l'on regarde le destin des veaux mâles laitiers nés en 2019, la production de viande blanche en atelier de veau de boucherie est leur principal débouché avec 61% des effectifs. La production de viande rouge représente 22% du devenir des veaux mâles laitiers nés en 2019, avec 14% des effectifs produits en jeunes bovins, 7% en bœufs, et plus

anecdotiquement 1% en taureaux. (GEB-Institut de l'Elevage, 2021)

Alors qu'il y a une décennie l'essentiel des veaux laitiers nés en France était valorisé dans le pays, on observe donc que seul 83% des veaux mâles laitiers nés en 2019 seront engraissés sur le territoire. En effet, avec 337 000 jeunes veaux exportés depuis la France en 2020, les exportations ont été multipliées par 2,6 en dix ans. L'Espagne qui accueille 93% des veaux exportés est ainsi devenue un marché crucial pour la valorisation de nos veaux laitiers non destinés au renouvellement. Or, le transport de longue durée pour de jeunes veaux est aujourd'hui remis en question par la société. (Institut de l'Elevage, 2021)

En parallèle, la consommation de viande bovine s'érode depuis quelques années, avec une baisse de 69 000 téc (Tonnes Equivalent Carcasse) entre 2015 et 2020, soit 1,3 kg en moins par habitant et par an. Cependant, à l'intérieur de la filière, d'une part, les produits élaborés (dont la viande hachée) continuent de progresser et représentaient 745 000 tec en 2017, soit 56 % des viandes de boucherie consommées en France. D'autre part, les importations qui représentaient 280 000 téc en 2017 alimentent principalement les marchés de la Restauration Hors Domicile (RHD) en muscles piécés et/ou haché. Il s'agit préférentiellement de carcasses légères, de 280 à 350 kg, dont 77% issues de femelles d'origine laitière principalement de l'Union Européenne, et dont les caractéristiques (taille de muscle, état d'engraissement, couleur…) correspondent aux attentes des opérateurs. Or l'objectif de la filière est d'augmenter la présence de la viande française dans ce secteur jusqu'à 80 % de l'offre à terme de 10 ans. (Monniot et al., 2019) Dans un tel contexte, développer de nouveaux schémas de productions dans nos bassins laitiers et à destination de la RHD, permettrait d'apporter de la valeur et donc d'améliorer la résilience de nos élevages laitiers en reconsidérant la place du produit viande, tout en participant à une relative autosuffisance des productions bovines. Ces nouvelles productions permettraient également de répondre à la demande du consommateur, à travers une production de viande sur le territoire français, favorisant le bien-être animal et maximisant la valorisation de l'herbe pâturée et conservée.

Une alternative tout particulièrement prometteuse serait de développer de nouveaux modes de production de viande rouge à partir de veaux laitiers, dont plus particulièrement les veaux croisés viande, pour de meilleures qualités bouchères et dont les naissances ont fortement progressé au cours de la décennie 2010, pour atteindre 357 000 têtes en 2020, soit 23% des naissances des veaux laitiers disponibles pour l'engraissement. (Institut de l'Elevage, 2021).

Ainsi, un programme de R/D sur le développement de productions adaptées aux attentes des entreprises et consommateurs à partir de veaux laitiers croisés viande a été lancé en octobre 2019 sur la ferme d'innovation et de recherche des Bouviers, Mauron (56). L'objectif est de tester les aptitudes de veaux croisés à produire des carcasses légères (300/320 kg) à partir d'animaux abattus jeunes (17/18 mois), sur des conduites maximisant la place de l'herbe dans les rations.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. DISPOSITIF EXPERIMENTAL

Le programme expérimental s'est déroulé sur la ferme d'innovation et de recherche des Bouviers, située à Mauron, dans le Morbihan. Depuis octobre 2019, trois lots de veaux mâles laitiers croisés ont été suivis. Sept types génétiques représentatifs du type de veaux disponibles pour l'engraissement ont été retenus pour l'essai. Les croisements retenus sur Holstein correspondent aux principales races à viandes françaises actuellement utilisées en croisement (Blanc-Bleu ; Charolais ; Limousin ; INRA95), illustrant une diversité de précocités. Le croisement Angus sur Holstein, très largement utilisé dans les pays anglo-saxons, tout particulièrement prisé pour ses qualités de viandes et son aptitude à valoriser l'herbe est également présent. Enfin, deux autres types génétiques : la Normande et le croisement Normande x Limousin, sont également représentés dans l'essai.

Deux conduites adaptées à deux périodes de naissance correspondant à la répartition des vêlages dans les fermes laitières ont été testées.

Deux lots, rentrés respectivement en octobre 2019 (lot 1) et octobre 2020 (lot 3) ont été menés à partir de naissances d'automne.

<table>
<tr><td>Date</td><td colspan="2">Début Novembre à mi-Janvier</td><td colspan="2">Mi-Janvier à mi-Mars</td><td colspan="2">Mi-Mars à mi-Avril</td><td colspan="2">Mi-Avril à fin Octobre</td><td colspan="2">Début Novembre à fin Février</td></tr>
<tr><td>Age des animaux</td><td colspan="2">0,5 à 2,5 mois</td><td colspan="2">2,5 à 5 mois</td><td colspan="2">5 à 6 mois</td><td colspan="2">6 à 12,5 mois</td><td colspan="2">12,5 à 17 mois</td></tr>
<tr><td>Période</td><td colspan="2">Nurserie</td><td colspan="2">Post-Nurserie</td><td colspan="3">Pâturage</td><td colspan="2">Bâtiment</td></tr>
<tr><td>Objectif de croissance</td><td colspan="2">750 g/j</td><td colspan="2">1 200 g/j</td><td colspan="3">900 g/j</td><td colspan="2">1 300 g/j</td></tr>
<tr><td rowspan="6">Alimentation</td><td colspan="6"></td><td colspan="2">Selon la pousse de l'herbe une complémentation pourra être mise en place durant l'été</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>Aliment lacté</td><td>3L/j</td><td rowspan="5">Ration post-nurserie :
52% MS Ens. maïs
27% MS ttx colza
19% MS Blé
2% MS CMV</td><td rowspan="5">Ad.lib</td><td>Blé 1 kg/j</td><td rowspan="5"></td><td rowspan="5">Ration si rentrée en bâtiment l'été :
37% MS Ens. maïs
37% MS Ens. herbe
15% MS Blé
10% MS ttx Colza
1% MS CMV</td><td rowspan="5">Ad.lib</td><td rowspan="5">Ration finition :
37% MS Ens.maïs
37% MS Ens. herbe
15% MS Blé
10% MS ttx Colza
1% MS CMV</td><td rowspan="5">Ad.lib</td></tr>
<tr><td>Concentré : Blé 70% Ttx colza 30%</td><td>Ad.lib</td></tr>
<tr><td>CMV</td><td>40 g/kg</td></tr>
<tr><td>Bicarbonate</td><td>10 g/kg</td></tr>
<tr><td>Foin</td><td>Ad.lib</td></tr>
</table>

Tableau 1 Plan d'alimentation des veaux nés en automne

Date	Mi-Janvier à fin Mars		Début Avril à mi-Mai		Mi-Mai à mi-Novembre		Mi-Novembre à mi-Mars		Mi-Mars à mi-Juin
Age des animaux	0,5 à 2,5 mois		2,5 à 4 mois		4 à 10 mois		10 à 14 mois		14 mois à 17 mois
Période	Nurserie		Post-Nurserie		Pâturage		Hivernage		Pâturage
Obj. de croissance	750 g/j		1 200 g/j		800 g/j		1 100 g/j		1 300 g/j
Alimentation	Aliment lacté	3L/j	***Ration post-nurserie :*** 52% MS Ens.maïs 27% MS ttx colza 19% MS Blé 2% MS CMV	Ad.lib	Blé	1 kg/j	***Ration bâtiment :*** 37% MS Ens.maïs 37% MS Ens.herbe 15% MS Blé 10% MS ttx Colza 1% MS CMV	Ad.lib	Aucune complémentation
	Concentré : Blé 70% Ttx colza 30%	A volonté			*Selon la pousse de l'herbe une complémentation pourra être mise en place durant l'été*				
	CMV	40 g/kg			***Ration si rentrée en bâtiment l'été :*** 37% MS Ens.maïs 37% MS Ens.herbe 15% MS Blé 10% MS ttx Colza 1% MS CMV	Ad.lib			
	Bicarbonate	10 g/kg							
	Foin	A volonté							
	Aliment lacté	3L/j							

Tableau 2 Plan d'alimentation des veaux nés en hiver

Les 112 animaux ont été conduits en jeunes bœufs avec une période de pâturage la première année, puis une finition en bâtiment respectivement en hiver 2021 et 2022 (Tableau 1). L'objectif était de produire des carcasses de 300 kg avec des animaux âgés de 17 mois environ.

Avec les mêmes objectifs de production, un dernier lot, rentré en janvier 2020 (lot 2) correspondait à des naissances d'hiver. Les 55 animaux ont été conduits en jeunes bœufs avec un passage au pâturage la première année, une phase d'hivernage en bâtiment puis une finition au pâturage le printemps suivant (Tableau 2).

1.2. CONDUITE EN NURSERIE ET POST-NURSERIE

A l'arrivée, les animaux sont âgés en moyenne de 24 jours pour un poids moyen de 58 kg. Ils sont mis en lot par case de 4 à 9 animaux et reçoivent une buvée réhydratante les deux premiers repas. Ils sont également vaccinés et reçoivent une dose de fer et vitamines. A partir du deuxième jour, ils sont alimentés avec un aliment lacté contenant 35% de Poudre de Lait Ecrémé (PLE) sur une période d'environ 56 jours, à raison de 3 litres par jour avec une concentration de 200g/L, distribué en une fois le matin. Ils ont également à disposition un concentré fermier composé de blé et de tourteau de colza rationné à 2kg/jour en plus de foin à volonté. Ils sont sevrés après 56 jours et sont alimentés avec une ration à base d'ensilage de maïs et concentrés rationnés à 2,4kg/jour avant de sortir au pâturage.

Pour répondre aux recommandations en termes de bien-être animal, la castration des trois lots d'animaux s'est faite jeune, 28 jours après l'arrivée sur la ferme. La méthode retenue est la castration à l'élastique avec prise en charge de la douleur via un anti-inflammatoire non stéroïdien les 10 jours suivants la pose de l'élastique. (Aupiais et al., 2018)

1.2. CONDUITE AU PATURAGE

Au pâturage, tous les animaux sont conduits en un seul lot. Les animaux nés en automne sortent fin mars, âgés environ de 6,4 mois. Un pâturage tournant est conduit sur une surface de 4,5 ha au printemps (soit 8 ares/animal), puis 9 ha à partir de fin juillet (soit 16 ares/animal). Ils ne reçoivent aucune complémentation après la période de transition alimentaire, puis rentrent en bâtiment pour être finis à partir d'octobre, âgés de 11,7 mois en moyenne.

Les animaux nés en hiver, sortent des bâtiments début juin âgés de 4,9 mois et reçoivent 1kg de blé par jour sur leur première saison de pâturage après la période de transition alimentaire. Un pâturage tournant est conduit sur une surface de 6,7ha, soit 12 ares/animal. Ils rentrent en bâtiment à partir de novembre puis ressortent au pâturage pour être finis à partir de mars suivant.

Sur la période de finition, l'objectif est de ne pas complémenter les animaux à la suite de la période de transition alimentaire. Un pâturage tournant est alors conduit sur une surface de 11,2 ha, soit 20 ares/animal.

Mauron se situe dans la zone séchante bretonne. Selon les années, il est nécessaire de rentrer les animaux pour les alimenter en bâtiment par manque d'herbe l'été. Ce fut le cas pour la saison de pâturage 2020 de fin juillet à fin août. Les animaux ont alors été alimentés à l'auge avec une ration à base d'ensilage d'herbe et de maïs.

1.3. CONDUITE EN BATIMENT

En bâtiment, les animaux sont conduits par case de 8. Ils reçoivent une ration à base d'ensilage d'herbe et de maïs plus ou moins complémentée selon les qualités des fourrages et la conduite (hivernage ou finition). Les animaux en finition nés en automne sont alimentés via des auges peseuses, donnant accès aux consommations individuelles. Les animaux nés en hiver sont également conduits en case de 8 mais sur des auges collectives donnant ainsi les consommations par case.

1.4. LES MESURES

La croissance des animaux et l'évolution de l'état corporel ont été mesurées régulièrement au cours de l'essai.

Lors des périodes à l'auge, tous les jours, les quantités de chacun des aliments distribués ont été pesées pour chaque case. Deux fois par semaine, les refus de concentrés et de fourrages étaient collectés et pesés pour déduire les consommations sur la période.

Au pâturage, des mesures de hauteur d'herbe étaient réalisées sur chaque paddock avant et après le passage des animaux.

A l'abattoir, chaque carcasse a fait l'objet des mesures suivantes : poids de carcasse froide, notation de la conformation et de l'état d'engraissement (classement EUROP), poids des gras de bassins, rognons et émoussage. A la coupe primaire de la carcasse, des mesures complémentaires ont été effectuées sur le muscle Long dorsal (Longissimus thoracis) au niveau de la cinquième côte : notation visuelle du gras intermusculaire ou marbré et du gras intramusculaire ou persillé (grille Institut de l'Elevage en 5 classes).

2. RESULTATS

2.1. DES CONDUITES IMPACTEES PAR LA POUSSE DE L'HERBE

Les cinétiques de pousse de l'herbe ont été très contrastées entre les campagnes fourragères 2020 et 2021. En 2020, la bonne pousse printanière a permis de sortir les animaux le 7

avril pour les naissances d'automne (lot 1) et le 5 juin pour les naissances d'hiver (lot 2). Cependant, cette année a été marquée par une baisse significative de la production des prairies sur le mois de juin, puis de fin juillet à fin aout par manque de pluie. Les animaux de ces deux lots ont ainsi dû être rentrés pour être alimentés à l'auge du 25 juillet au 11 septembre avant de retourner en pâture. Les animaux du lot 1 sont rentrés en bâtiment pour entamer leur phase de finition le 5 octobre, ceux du lot 2 ont commencé leur phase d'hivernage à partir du 30 septembre.
A l'inverse, l'année 2021 est caractérisée par une pluviométrie non limitante pour la pousse de l'herbe jusqu'à l'automne. Ainsi les animaux des lots 2 et 3 sont sortis à l'herbe respectivement les 21 mars et 30 mars. Cependant, les animaux du lot 3 ont commencé leur phase de finition un peu plus précocement que l'année précédente, soit le 26 août. Au final, en 2020 la pousse d'herbe moyenne était de 28 kg MS/j sur la période de pâturage contre 38 kg MS/jour en 2021.

	Lot1	Lot2	Lot3
Période de naissance	Automne	Hiver	Automne
Durée de la conduite (mois)	16,3	16,8	15,8
Temps passé au pâturage (jours)	132 (27%)	171 (34%)	149 (31%)

Tableau 3 Bilan de la période de pâturage selon les lots.

Finalement, la bonne pousse de l'herbe sur l'année 2021 a permis de laisser les animaux du lot 3 17 jours de plus à l'herbe comparés au lot 1. On observe de plus que la finition à l'herbe (lot 2) a augmenté la durée de présence en pâture d'un mois comparé à la moyenne des conduites avec les animaux nés en automne (lot 1 et 3), mais a également augmenté la durée totale de la conduite, et donc l'âge à l'abattage. (Tableau 3)

2.2. DES PERFORMANCES EN NURSERIE COMPARABLES SUR LES TROIS LOTS

Avec un âge moyen de 24 jours, et un poids moyen entre 57 et 60 kg, les trois lots étaient comparables à l'arrivée. Jusqu'au sevrage, les croissances étaient conformes aux objectifs de 700g/j pour les trois lots. Le lot 2, sevré en moyenne un peu plus vieux (88 jours contre 76 et 79 jours pour les lots 1 et 3 respectivement), a une croissance légèrement supérieure avec 741g/j en moyenne (Ecart-Type (ET) de 177). (Tableau 4)

	Lot 1	Lot 2	Lot 3
Effectif	56	55	56
Age à l'arrivée (jour)	24	24	23
Poids à l'arrivée (kg)	57 *±10,8*	57 *±10,1*	60 *±7,7*
Age au sevrage (jour)	76	88	79
Poids au sevrage (kg)	94 *±12,2*	104 *±11,3*	100 *±14,0*
GMQ nurserie (g/jour)	**703** ***±176***	**741** ***±177***	**695** ***±157***
Age fin post-nurserie (jour)	142	142	143
Poids fin post-nurserie (kg)	157 *±25,9*	157 *±24,0*	167 *±20,0*
GMQ post-nurserie (g/jour)	**949** ***±184***	**972** ***±236***	**1068** ***±132***

Tableau 4 Bilan des croissances en nurserie et post-nurserie

Après 120 jours de conduites, les lots 1 et 2 ont produit des veaux de 157 kg à 142 jours. Avec une croissance après servage supérieure (1068g/j contre 949 g/j et 972g/j pour les lots 1 et 2 respectivement), le lot 3 a produit des veaux plus lourds de 10kg en moyenne au même âge (Tableau 4). Cette croissance supérieure peut s'expliquer par une consommation d'ensilage de maïs, significativement plus importante après sevrage pour le lot 3. Alors que les lots 1 et 2 ont des ingestions en kg MS assez proches sur les 120 premiers jours de conduite. (Tableau 5)

	Lot 1	Lot 2	Lot 3
Effectif	56	55	56
Ingestion totale hors poudre de lait (kg MS)	260,5	247,4	295,9
Dont ensilage maïs (kg MS)	67,8	73,0	101,0

Tableau 5 Bilan des ingestions après 120 jours de conduite (fin post-nurserie)

2.3. DES OBJECTIFS DE CROISSANCES ATTEINTS POUR LES TROIS LOTS

Sur l'ensemble des trois lots, les objectifs de productions de 300 kg de carcasses à partir d'animaux entre 17 et 18 mois ont été atteints. En effet, les conduites à partir des naissances d'automne (lot 1 et 3) ont produit des poids de carcasses moyens de 309 kg à partir d'animaux abattus à 17,1 mois en moyenne. Les animaux nés en hiver ont produit des carcasses moyennes un peu plus légères (301 kg) à partir d'animaux un peu plus âgés (17,5 mois). Ils ont donc un gain moyen quotidien (GMQ) global inférieur de 110g/j (1070g/j contre 960 g/j, respectivement pour les veaux nés en automne et en hiver). (Tableau 6). Cette différence s'explique principalement par des croissances en finition plus faibles au pâturage qu'à l'auge. En effet, alors que l'on a observé des croissances moyennes de 1519 g/j (ET 0,240) pour les animaux des lots 1 et 3 en finition, au pâturage les animaux en finition avaient une croissance moyenne de 878g/j (ET 0,219) malgré une complémentation à partir du 20 mai.
En ce qui concerne les bilans de consommation, on observe que les animaux finis à l'herbe (lot 2) ont valorisé plus d'herbe pâturée que les animaux finis à l'auge (lot 1 et 3), avec respectivement 39% et 32% du bilan alimentaire en matière sèche et moins de fourrages conservés avec 41% du bilan alimentaire contre 49%. Les niveaux de consommations en concentrés sont comparables pour les deux périodes de naissance avec en moyenne 733 kg par animal. (Tableau 6).
Finalement les consommations totales sont de 3619 kg MS pour les animaux nés en automne (lot 1 et 3), contre 3479 kg MS pour les animaux nés en hiver (lot 2). Rapporté au kg de carcasse produit, les animaux nés en hiver ont ainsi un peu mieux valorisé la ration avec une efficience alimentaire de 80 contre 75 g de carcasse produit par kg MS ingérée. (Tableau 6).

	Naissances d'automne	**Naissances d'hiver**
Effectif	112	55
Age à l'arrivée (j)	23	24
Poids à l'arrivée (kg)	59 *±9,4*	57 *±10,1*
Age à l'abattage (mois)	**17,1**	**17,5**
Poids vif abattage (kg)	579 *±38,1*	545 *±36,4*
Poids de carcasse (kg)	**309** ***±20,9***	**301** *±21,3*
GMQ arrivée-abattage (g/j)	**1070** ***±81***	**960** ***±89***
Ingestion totale (kg MS)	3619	3479
Concentrés sur le cycle hors poudre de lait (kg brut/bœuf)	731	735
% herbe pâturée	32	39
% fourrages stockés	49	41
Efficience alimentaire (Gain de poids de carcasse en g/kg MSI)	**75**	**80**

Tableau 6 Bilan des conduites

En plus, des bilans au lot, l'efficience alimentaire a pu être étudiée sur les animaux nés en automne (lot 1 et 3) à l'échelle des individus en finition. Ainsi, une forte variabilité individuelle des performances est observée comme le montre la figure 1. Alors que l'Efficience Alimentaire (EA) des deux lots 1 et 3 confondus (en ordonnée) peut varier de 0,107 à 0,185 kg/kg MS (ET de 0,020), les croissances peuvent varier de 0,934 à 2,128 kg/j (ET de 0,242). Cette forte variabilité peut s'expliquer en partie par l'effet de l'année. En effet, on observe des croissances significativement plus élevées pour les animaux du lot 3 (1672/j contre 1365g/j pour le lot 1), en même temps que des consommations individuelles comparables (10,3 kgMS/j contre 10,5 kgMS/j pour le lot 1). Les animaux du lot 3, ont eu des croissances plus faibles au pâturage et ne sont pas rentrés en bâtiment l'été. On peut supposer que cette meilleure valorisation de l'aliment en finition peut en partie s'expliquer par le phénomène de croissance compensatrice.

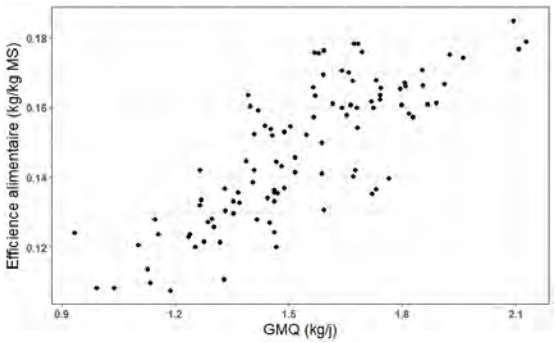


Figure 1. Efficience alimentaire sur les finitions à l'auge

2.4. CARACTERISTIQUES DES CARCASSES PRODUITES

En ce qui concerne les caractéristiques commerciales, on observe des carcasses produites assez comparables entre les animaux finis à l'auge (lot 1 et 3) et ceux finis à l'herbe (lot 2), avec des poids de carcasses respectifs de 309 et 301 kg, des conformations proches de O+ et un état d'engraissement de 3. Ce type de carcasse est conforme aux attentes et est recherché par les abattoirs. Les rendements observés étaient plutôt élevés pour des animaux issus du troupeau laitier avec 53,4% pour les animaux finis à l'auge (lot 1 et 3) contre 55,1% pour ceux finis au pâturage (lot 2). On observe donc, une amélioration de 1,7 point de rendement en faveur des animaux finis à l'herbe. Enfin, malgré une note d'état d'engraissement comparable, on observe que les animaux finis à l'auge présentaient significativement plus de gras externe avec 17,2 kg (ET de 5,1) de gras enlevé sur la chaine d'abattage (gras de parage, gras de rognon et gras de bassin) contre 13,8 kg (ET de 4,1) pour les animaux finis à l'herbe. De même les animaux finis à l'auge étaient caractérisés par plus de marbré au niveau de la 6ème côte avec une note de 1,4 contre 0,7.
Cependant, les carcasses de l'ensemble des lots présentaient un niveau de persillé comparable avec une note entre 2,5 et 2,7 en moyenne. (Tableau 7)

	Naissances d'automne	**Naissances d'hiver**
Effectif	112	55
Poids de carcasse (kg)	**309** ***±20,9***	**301** *±21,3*
Conformation	**9,1 (O+)** *±1,0*	**8,9 (O+)** ***±1,0***
Etat engraissement	**3,0** *±0,2*	**3,0** *±0,1*
Rendement (%)	**53,4** *±1,9*	**55,1** *±1,7*
Pesée de gras (kg)	**17,2** *±5,1*	**13,8** ***±4,1***
Persillé	**2,5** ***±0,9***	**2,7** ***±1,1***
Marbré	**1,4** ***±0,7***	**0,7** ***±0,6***

Tableau 7 Bilan des carcasses produites

3. DISCUSSION

Que ce soit sur les ingestions, les GMQ ou les qualités des carcasses, les moyennes présentées précédemment sont associées à une forte variabilité intra lot liée à la variabilité génétique représentée dans nos essais, mais également inter lot en lien avec les conditions de pousses de l'herbe. Cette variabilité liée à l'individu est surtout visible sur la qualité des carcasses rapportée dans le Tableau 7, avec des écart-types élevés pour les notations de persillé et de marbré. En effet, certains croisements plus précoces que d'autres ont montré des états d'engraissement plus élevés avec des notations de persillés plus importantes. La variabilité liée à l'année s'observe notamment sur la différence dans les efficiences alimentaires en finition des deux lots d'animaux nés en automne (lot 1 et 3).

Le pâturage occupe une place centrale dans les conduites testées. Or au pâturage, les croissances des animaux sont fortement liées à la pousse de l'herbe et donc aux conditions climatiques. L'objectif étant de produire des carcasses de 300 kg avec des animaux jeunes, les croissances se doivent d'être soutenues tout au long de la conduite. Il est donc primordial d'adapter les conduites en fonction des conditions de pâturage. Ainsi, les animaux du lot 1 ont dû être rentrés et alimentés à l'auge l'été, alors que les animaux du lot 3, nés également en automne ont pu effectuer une saison de pâturage continue mais avec une période de finition plus précoce. De même, pour le lot fini à l'herbe, dans un objectif d'avoir des croissances suffisantes avant l'été et la baisse de la pousse de l'herbe, les animaux ont dû être complémentés avec 1kg de céréales à partir du 20 mai puis 3 kg à partir du 9 juin. L'impact significatif des conditions de pâturage sur les conduites montrent ici l'importance de répéter les essais dans le temps pour pouvoir appréhender au plus juste les adaptations nécessaires.

Pour produire des carcasses aux caractéristiques viande proches de celles des importations, en France, le schéma de production le plus présent reste aujourd'hui le jeune bovin laitier. Celui-ci est produit en bâtiment avec une ration à l'auge à base d'ensilage de maïs, peu voire pas d'herbe et des concentrés énergétiques et concentrés. De manière générale, les conduites présentées dans l'article semblent mieux correspondre aux modes de productions recherchés par la société : animaux au pâturage valorisant des ressources produites localement et peu concurrentes de l'alimentation humaine.
En effet, ce type de conduite, où le pâturage occupe une place non négligeable, pourrait répondre aux attentes du consommateur sur le bien-être des animaux en favorisant l'expression des comportements naturels, composante des cinq libertés du bien-être animal. Cependant, il existe très

peu de références sur le bien-être animal pour des animaux à l'engraissement et au pâturage. Pour répondre au mieux à ces questions, des mesures sont en cours avec le programme VALOVEAU afin d'objectiver le bien-être animal sur ce type de conduite via un protocole d'observations des comportements sociaux et d'indicateurs reconnus.
Par ailleurs, une bibliographie abondante (dont Le Gall et al, 2009) montre que les systèmes d'élevages herbivores basés sur la prairie sont plutôt vertueux sur le plan environnemental, avec des impacts environnementaux réduits (lixiviation de l'azote, eutrophisation…) et des services écosystémiques (stockage du carbone, biodiversité…) dès lors que la conduite de la prairie est raisonnée (utilisation de légumineuses…). Enfin, les systèmes d'engraissement basés sur la prairie et valorisant les ressources cellulosiques présentent une bonne efficience protéique nette (travaux du GIS Elevages Demain, Laisse et al., 2018), limitant ainsi la compétition avec l'alimentation humaine, ainsi qu'une bonne autonomie protéique. L'engraissement d'animaux issus du troupeau laitier, avec une part significative de prairies et pâturage, devrait donc présenter un faible impact environnemental. Ainsi, les premiers résultats montrent des autonomies protéiques de 78% et 81%, respectivement pour les conduites automne et hiver, contre 57% pour un jeune bovin Holstein abattus à 18 mois et conduit avec une ration à base d'ensilage de maïs complémenté avec du blé et du tourteau de soja (Bastien et al., 2011). Pour aller plus loin, des bilans environnementaux via la méthode CAP2ER seront réalisés, ainsi que l'évaluation de l'efficience protéique nette de la viande en suivant les recommandations méthodologiques du GIS Avenir Elevages (Laisse et al., 2018).

A l'étranger, la viande issue du troupeau laitier a souvent une place plus importante qu'en France. La production de viande via la valorisation de veaux croisés issus du troupeau laitier, est nettement plus développée dans les îles britanniques notamment. Les essais menés outre-manche, par le Teagasc en Irlande, ou l'Agriculture and Horticulture Development Board (AHDB) au Royaume-Uni, sont assez proches du type de production présenté. Historiquement centrés sur une production de bœufs de 24 mois, des essais y sont menés pour chercher à rajeunir l'âge à l'abattage des animaux, gagner en productivité à l'hectare, tout en maintenant des viandes persillées. Les croisés Angus et Hereford sur Holstein-Frisonne, représentant 46 % de la viande issue du troupeau laitier irlandais, ont particulièrement été étudiés et peuvent permettre de produire des carcasses de 300 kg avec un état d'engraissement de niveau 3 à partir d'animaux de 19/21 mois (Prendeville et al., 2019).
Cette stratégie de croisement des vaches laitières et de valorisation de la viande issue du troupeau laitier par la voie mâle est clairement affirmée en Irlande (Berry et al., 2019). Il existe ainsi des recommandations d'utilisation des taureaux de races à viande pour le croisement sur vache laitière.
En France, ce type de réflexion commence à émerger et conforte l'idée que les animaux croisés issus du troupeau laitier pourraient répondre aux attentes de la filière et du consommateur en produisant des carcasses de 300 kg issues d'animaux jeunes et valorisant les fourrages de l'exploitation avec notamment une période de pâturage.

Les premiers résultats montrent qu'il est possible techniquement de produire des carcasses répondant aux attentes du marché de la RHD ou de la GMS. Cependant, pour connaitre le potentiel de développement de ces conduites, il est maintenant nécessaire d'évaluer leur potentiel économique. Pour ce faire des études sont en cours dans le cadre d'un comité de pilotage animé par les interprofessions des filières lait et viande et permettront d'appréhender des indicateurs économiques clés comme les coûts de production ou encore le prix de revient via les méthodes de références. Cependant des démarches se développent déjà sur le territoire comme Ejendu porté par l'interbev Bretagne ou encore Herbopack porté par le groupe Charal. Dans ces démarches en partie contractualisé, le prix du kilo de carcasses est pour l'instant indexé sur le prix du bœuf laitier.

CONCLUSION

Cette étude a permis d'acquérir des références techniques sur une production de jeunes bœufs à l'herbe dans un objectif de produire des carcasses légères et suffisamment finies. Les trois lots montrent qu'il est possible de produire des carcasses de 300 kg avec des animaux abattus à 17 mois sur des finitions à l'auge ou au pâturage avec des conduites adaptées aux périodes de naissance. Les carcasses produites étaient conformes aux objectifs et aux attentes des abatteurs en termes de poids, de conformation et d'état d'engraissement. Les résultats montrent tout de même une importante variabilité liée à la génétique des animaux ou encore à la saison de pâturage.
Les travaux se poursuivent avec des analyses plus fines et s'élargissent avec des essais sur une production de jeunes génisses à l'herbe avec des objectifs de couple âge/poids à l'abattage comparables.

Cette étude a reçu un financement de la part de FAM et du CNIEL. Les auteurs remercient tout particulièrement l'ensemble des personnels de la ferme d'innovation et de recherche des bouviers, ainsi que les fournisseurs de veaux et les abattoirs partenaires pour leur appui dans la mise en place des essais et les mesures réalisées.

Aupiais A., Mirabito L., 2018. Castration des bovins, des conseils pour améliorer la prise en charge de la douleur des veaux et la sécurité des intervenants
Bastien D., Sarzeaud P., Guillaume A., Benoteau G., Guibert R., Cabon G., 2011, Production de jeunes bovins de races à viande et de races laitières
Berry D., Buckley F., Butler S., 2019. Sustainable breeding - what are the options? Proceedings Moorepark open day. Irish dairying: growing sustainability. 38-45.
GEB-Institut de l'élevage, 2021. Les chiffes clés du GEB, bovins 2021, productions lait et viande
Institut de l'élevage, 2021. Le dossier Economie de l'élevage, Valorisation des veaux laitiers
Laisse S., Baumont R., Dusart L., Gaudré D., Rouillé B., Benoit M., Veysset P., Rémond D., Peyraud J.-L., 2018. L'efficience nette de conversion des aliments par les animaux d'élevage : une nouvelle approche pour évaluer la contribution de l'élevage à l'alimentation humaine. In : Ressources alimentaires pour les animaux d'élevage. Baumont R. (Ed). Dossier, INRA Prod. Anim., 31, 269-288.
Le Gall A., Beguin E., Dollé J.B., Manneville V., Pflimlin A., 2009. Nouveaux compromis techniques pour concilier efficacité économique et environnementale en élevage herbivore
Monniot C., Ramony L-M., Milet G., Buczinski B., Carlier M., 2019, Dossier - Où va le bœuf ?
Prendiville R., 2019. Optimum early-maturing calf-to-beef systems, Dairy Beef 2019, Advancing Knowledge for an Evolving Industry

Intention des éleveurs bovins laitiers et allaitants de répondre à une demande de production de bovins jeunes, de génétique précoce et finis intensément

PETIT T. (1), BANLIAT C. (1), LEMEE E. (1), AUSSEMS E. (2), COUVREUR S. (1)

(1) USC 1481 URSE - Ecole Supérieure d'Agricultures, INRAE, 49007 Angers, France
(2) JA Gastronomie, 49000 Angers, France

RESUME –
Des initiatives de l'aval des filières émergent en France pour adapter races, systèmes d'élevage et systèmes de classification à une demande émergente de viande bovine rouge, tendre et très persillée issue d'animaux très précoces et finis sur de longues périodes avec beaucoup de concentré. Il est difficile à ce jour de connaître l'intention des éleveurs à s'engager dans ce type de démarche. Notre travail visait donc à évaluer cette intention, en posant l'hypothèse qu'elle est conditionnée par les systèmes de production, en particulier la race, les types d'animaux, le système fourrager et d'alimentation. Nous avons enquêté 74 éleveurs de bovins allaitants ou laitiers avec un large panel de races. Ils renseignaient leur système de production avant de répondre à un questionnaire permettant d'évaluer leur intention à répondre à la demande d'une production d'animaux précoces et finis selon une méthode adaptée de la théorie des comportements planifiés. Quatre groupes d'éleveurs ont été distingués selon leur intention : Faible Intention (Fa-I, n=15), Forte Intention (Fo-I) (n=15), Modérés moins (Mo-I-, n=30), et Modérés plus (Mo-I+, n=14). Les éleveurs allaitants traditionnels sont peu enclins à s'engager du fait des races tardives et de systèmes herbagers autonomes (groupes Fa-I et Mo-I-). Les éleveurs allaitants aux pratiques de finition plus proches de la demande sont plus enclins à s'engager (groupe Mo-I+) mais il leur faudrait aller vers des génétiques plus précoces et changer le type d'animal fini. Les éleveurs produisant les animaux les plus précoces, de race mixte ou de race laitière sans débouchés pour les mâles (groupe Fo-I) sont les plus enclins à s'engager mais il leur faudrait faire évoluer leurs pratiques de finition au risque de perdre en autonomie alimentaire. Un fort besoin d'accompagnement sera donc nécessaire pour passer de l'intention à l'action et ainsi structurer une réponse à cette demande.

Dairy and suckler farmers' intention to meet a demand for young, precocious and intensively fattened cattle

PETIT T. (1), BANLIAT C. (1), LEMEE E. (1), AUSSEMS E. (2), COUVREUR S. (1)

(1) USC 1481 URSE - Ecole Supérieure d'Agricultures, INRAE, 49007 Angers, France
(2) JA Gastronomie, 49000 Angers, France

SUMMARY –
Initiatives are emerging in French beef meat sector to adapt breeds, livestock systems and classification systems to an emerging demand for red, tender and very marbled beef from very precocious animals fattened over long periods with a lot of concentrate. To date, it is difficult to know the intention of farmers to engage in this type of production. Our work aimed to assess this intention, assuming that it is conditioned by the production systems, in particular the breed, the types of animals, the forage and feeding system. We surveyed 74 suckler and dairy farmers with a wide range of breeds. They provided information on their production system before answering a questionnaire to assess their intention to meet the demand for early and finished animal production using a method adapted from the theory of planned behaviour. Four groups of farmers were distinguished according to their intention: Low Intention (L-I, n=15), High Intention (H-I) (n=15), Moderate less (M-I-, n=30), and Moderate more (M-I+, n=14). Traditional suckler farmers are less inclined to engage due to late breeds and self-sufficient grazing systems (L-I and M-I- groups). Suckler farmers with finishing practices closer to demand are more likely to engage (M-I+ group) but would need to move to precocious breeds and animal type fattened. Farmers producing the most precocious animals, mixed breeds or dairy breeds without markets for males (H-I group) are the most inclined to engage, but they would have to change their finishing practices at the risk of losing their food autonomy. A strong need for support will therefore be necessary to move from intention to action and thus structure a response to this demand.

INTRODUCTION

Une demande pour une viande bovine rouge, tendre et très persillée, à fort potentiel de maturation longue, se structure depuis une dizaine d'années dans les circuits de commercialisation haut de gamme français. La littérature internationale est abondante concernant le type d'animal et les pratiques d'alimentation permettant de produire ce type de viande. Les bœufs et génisses de races dites précoces (Angus, Wagyu, voire même Jersiaise) déposent significativement plus de lipides intramusculaires en comparaison aux animaux des autres races bovines, et notamment face aux races françaises, à la fois bouchères (Charolaise, Limousine) et laitière (Holstein) (Pfhul et al., 2007). Lorsque les durées de finition sont plus longues, ces animaux développent une quantité de graisse intramusculaire plus importante au regard des autres races et animaux plus tardifs (Irshad et al., 2013). Par ailleurs, du fait d'une corrélation génétique négative entre le développement musculaire et l'adiposité des tissus (Jussiau, 2017), ces animaux développent des zones musculaires, et donc des pièces bouchères, plus petites à poids vif égal (Papaleo Mazzucco et al., 2016). Ces animaux produisent aussi des viandes relativement plus tendres. Cette différence s'explique

notamment par un dépôt lipidique élevé chez ces races de type précoce (Koch et al., 1976) mais aussi, du fait de l'âge d'abattage et de taux de collagène plus faibles. Néanmoins, du fait d'un nombre importants de facteurs impliqués dans la tendreté de la viande de bœuf, ces différences sont moins marquées que pour le persillé (Purchas et Morris, 2007). Enfin, la viande issue d'animaux de ces races précoces peut contenir des proportions plus fortes de fibres de types oxydatives se traduisant par des teneurs plus fortes en myoglobine et une couleur rouge de la viande. Ceci compense ainsi l'effet de l'âge, qui induit chez les jeunes animaux des proportions plus faibles de ces fibres (Coleman et al., 2016).

La production de carcasses issues de races et types d'animaux très précoces (ex. : bœuf ou génisse de 20 à 24 mois de race Angus) élevés selon des dispositifs d'alimentation intensifs (dont une finition souvent très longue et riche en énergie pour favoriser le dépôt de gras) est très rare en France. Le mode de classification et de valorisation des carcasses n'incite en effet pas à la production de petites carcasses peu conformées et grasses. En effet, dans le système actuel, ces carcasses sont souvent déclassées pour l'éleveur, et sont difficiles à repérer pour les grossistes en viande haut de gamme. Par conséquent, ces derniers se fournissent essentiellement à l'étranger dans des pays comme les Etats-Unis, l'Australie, le Japon, ou l'Espagne, dans lesquels il existe une production organisée d'animaux correspondant à ce type de demande. Dans ces pays, il existe souvent des systèmes de classification qui permettent de repérer, et assurer une forte valorisation des carcasses de ces animaux (Polkinghorne et Thompson, 2010).

De nombreuses initiatives émergent ainsi en France pour adapter à la fois les races, les systèmes d'élevage et les systèmes de classification à ces nouvelles demandes de viande issue d'animaux jeunes et précoces. Ainsi, l'élevage de bovins allaitants précoces (Angus, Wagyu) se développent, essentiellement en vente directe. Des démarches de recherche évaluant l'intérêt de croisement entre des races laitières ou allaitantes traditionnelles et races allaitantes précoces (ex. Holstein/Normande/Jersiaise*Angus, Limousin * Angus) sont en cours. Des bouchers grossistes s'intéressent à la valorisation de jeunes animaux de type laitier ou mixte (races Jersiaise, Holstein, Normande) pour l'instant mal valorisés. Néanmoins, dans toutes ces initiatives, il est difficile à ce jour de savoir dans quelle mesure les éleveurs sont prêts à répondre à ce type de demande, dans un cadre organisationnel de filière ne mettant pas en avant ce type d'animaux et de finition. Les verrous peuvent en effet être nombreux, d'ordre technique ou structurel (surface nécessaire, place en bâtiment, race, autonomie en fourrage/concentré…), de connaissances sur les pratiques à mettre en œuvre, ou plus largement d'ordre sociologique (conception de la qualité de la viande/carcasse et des pratiques à mettre en œuvre, environnement personnel et professionnel…).

Notre travail a donc eu pour objectif d'évaluer l'intention que les éleveurs ont de répondre à ce type de demande, en posant l'hypothèse que les systèmes de production en place conditionnent cette intention en particulier sur la faisabilité technique (changement de race, types d'animaux produits pas en phase, besoin de surface pour faire du bœuf et de la production de céréales et fourrages, etc…).

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. ECHANTILLONNAGE

Pour ce faire, nous avons mené un travail d'enquêtes auprès d'un échantillon d'élevage sélectionné pour couvrir une large diversité de systèmes, tant sur les orientations productives (bovins laitiers ou allaitants), les races et les dimensions structurelles des exploitations (SAU, SFP, UGB, chargement).

1.2. ENQUETE

Le questionnaire d'enquête est structuré en deux parties. Dans la première, les éleveurs renseignent leur système de production (assolement, races, types d'animaux produits pour la production de viande bovine, systèmes fourrager et d'alimentation, finition des animaux).

Dans la seconde, ils répondent à un questionnaire fermé construit selon la théorie des comportements planifiés (Borges et al., 2014). Ce questionnaire a pour but d'évaluer l'intention des éleveurs à répondre à la demande d'une production d'animaux jeunes, précoces et finis pendant 6 mois et de leur faire qualifier cette intention selon trois dimensions : (i) l'attitude (= faisabilité technique du système), (ii) l'environnement social (= influence de leurs relations sociales professionnelles ou non) et (iii) la capacité (= connaissances individuelles permettant de répondre à la demande). Ce questionnaire se structure en deux temps. Le premier consiste à évaluer de façon directe l'intention et ces trois dimensions. Une série de questions est formulée et l'éleveur évalue son intention en mettant des notes de 1 (faible) à 7 (fort). Puis, dans un second temps, pour chacune des trois dimensions de l'intention, l'éleveur doit répondre à des questions plus précises visant à expliciter de façon indirecte les notes mises préalablement. Pour cela, il doit donner deux notes de 1 à 7 pour évaluer l'importance et la probabilité qu'il mobilise un facteur dans la mise en place de la production (Tableau 1).

1.3. ANALYSES STATISTIQUES

Le traitement des données et les analyses statistiques ont été réalisés à l'aide du logiciel R (version 4.1.1). En amont des analyses statistiques, l'intention, mesurée par la moyenne des réponses à 4 questions (Tableau 1), a été normalisée à l'aide des 9 questions les plus corrélées (R^2 allant de 15 à 55 %) afin de permettre une comparaison interindividuelle. Une fois les notes d'intention normalisées, un arbre de classification a été généré à partir des packages rpart (version 4.1-15) et rpart.plot (3.1.0) dans le but de regrouper les éleveurs en fonction de leurs pratiques d'élevage et de leurs intentions à répondre à la demande. Les groupes d'éleveurs formés ont ensuite été conservés pour étudier et décrire les différents volets du questionnaire (description des systèmes de production des éleveurs et théorie des comportements planifiés). Enfin, pour comparer les réponses du questionnaire des théories des comportements planifiés entre les groupes d'éleveurs, des tests statistiques de Student ont été réalisés. Les significativités des proportions de finitions des différents types d'animaux ont été calculées par un test de khi^2. Les p-values ont été considérées comme significatives lorsqu'elles étaient inférieures à 0,05.

2. RESULTATS et DISCUSSION

2.1. POPULATION ENQUETEE

Au total, 74 éleveurs de bovins allaitants ou laitiers, essentiellement situés dans le Grand Ouest de la France ont été enquêtés. Cet échantillon remplit notre objectif de diversité sur les races (Angus, n= 3 ; Aubrac, n=1 ; Blonde d'Aquitaine, n=6 ; Charolaise, n=11 ; Jersiaise, n=5 ; Limousine, n=10 ; Montbéliarde, n=1 ; Normande, n=8 ; Parthenaise, n=1 ; Prim'Holstein, n=14 ; Rouge des Prés, n=13 ; Salers, n=1) et pour l'orientation productive de l'atelier bovin (laitiers, n= 28, allaitants, n= 45, mixte, n=1). Cet échantillon se caractérise de plus par une forte variabilité en termes de surfaces (SAU = 136 ± 90 ha ; SFP = 97 ± 53 ha), de taille de cheptel (148 ± 93 UGB), de chargement (1,8 ± 1,3 UGB / ha de SFP), et d'ateliers de finition d'animaux (génisse ; n=26 ; taurillon, n=24 ; bœuf, n=17 ; aucune finition, n=29).

2.2. TYPOLOGIE D'ELEVAGES SELON L'INTENTION DE REPONDRE A LA DEMANDE

Quatre groupes d'éleveurs se distinguent selon leur intention à répondre à la demande (tableaux 2 et 3). Le groupe Faible Intention (Fa-I, n=15) se caractérise par les notes les plus basses sur l'intention et les dimensions associées. Il est composé d'éleveurs allaitants avec des races traditionnelles (Charolaise, Limousine et Blonde d'Aquitaine) ou laitiers (Prim'Holstein) qui valorisent une diversité d'animaux (taurillons, génisses et bœufs) dans des systèmes herbagers peu chargés et des finitions très courtes. A l'opposé, le groupe Forte Intention (Fo-I) (n=15) se caractérisent par les notes les plus hautes sur toutes les dimensions de l'intention. Il est composé d'éleveurs laitiers (races normande et jersiaise) qui valorisent pour 40% d'entre eux les mâles en bœuf dans des systèmes herbagers avec des finitions courtes et peu denses en énergie. Deux groupes intermédiaires ont été distingués. Le groupe Modérés moins (Mo-I-, n=30), est proche du groupe Fa-I, et est composé d'éleveurs allaitants (Rouge des prés et Charolaise) et laitiers (Prim'Holstein) qui produisent essentiellement des taurillons et des bœufs dans des systèmes semi-intensifs. Enfin, le groupe Modérés plus (Mo-I+, n=14) se distingue par des notes d'intention, d'attitude et de capacité plus élevées que Mo-I- et des notes d'environnement social identique à Fo-I. Il est composé d'éleveurs allaitants (Rouge des Prés et Blonde d'Aquitaine) et laitiers (Prim'Holstein) qui valorisent essentiellement des taurillons dans des systèmes intensifs et selon des finitions longues et denses en énergie.

	Fa-I	Mo-I-	Mo-I+	Fo-I
Nombre	15	30	14	15
SAU, ha	125	129	153	147
SFP, ha	94	98	97	96
UGB	131	141	181	149
UGB / ha SFP	1,48	1,69	2,42	1,75
Races	Lim, Char	RP, Char	BA, RP	No, Jers
% finition bœuf	27^{a}	17^{b}	14^{b}	**40^{a}**
% finition taurillon	13^{a}	**43^{b}**	**64^{c}**	6^{a}
% finition génisse	**53^{a}**	**43^{a,b}**	29^{b}	6^{c}
Finition des réformes				
Fourrages	Herbe cons/pat	Herbe cons/pat, Mais	Herbe cons/pat, Mais	Herbe cons/pat, Mais
Concentré, kg/j	3,4	5,7	12	2,6
Durée, mois	2,4	2,8	3,4	1,8

Tableau 2. Description des caractéristiques structurelles des élevages selon les 4 groupes d'intention identifiés.
Lim : Limousine, Char : Charolaise, RP : Rouge des Prés, BA : Blonde d'Aquitaine, No : Normande, Jers : Jersiaise, Cons : conservée, Pat : pâturée

Nous montrons que deux dimensions techniques structurent l'intention des éleveurs à s'engager dans une filière de production de jeunes animaux précoces finis intensément : (i) la race et (ii) les pratiques de finition. Les éleveurs allaitants qu'on pourrait qualifier de traditionnels sont les moins enclins à s'engager certainement du fait de la présence de races tardives et de systèmes herbagers autonomes (groupes Fa-I et Mo-i-). Les étapes à franchir tant en termes de pratiques, d'environnement de conseil et de connaissances sont certainement trop fortes pour que les éleveurs estiment possible de s'engager. Les éleveurs allaitants ayant les pratiques de finition les plus proches de la demande sont plus enclins à s'engager (groupe Mo-I+). Néanmoins, cela ne pourra se faire qu'à condition qu'ils acceptent de faire évoluer la génétique de leurs animaux vers plus de précocité (en particulier les éleveurs de Blonde d'Aquitaine) et de changer le type d'animal fini. Enfin, les éleveurs produisant les animaux les plus précoces (bœufs), de race mixte (Normande) ou de race laitière sans débouchés pour les mâles (Jersiaises) sont les plus enclins à s'engager. Néanmoins, cela ne pourra se faire qu'à condition de faire évoluer leurs pratiques de finition, actuellement inexistantes ou insuffisantes au regard de la demande exprimée, et avec un risque de perte d'autonomie sur le système d'alimentation.

	Fa-I	Mo-I-	Mo-I+	Fo-I
Intention	2^{a}	3,6^{a,b}	5,4^{b,c}	6,9^{c}
Attitude				
Directe	3,1 ^{a}	4,0^{a,b}	4,4^{a,b}	5,2^{b}
Croisement.race précoce	0,8^{a}	2,3^{a,b}	4,2^{b,c}	5,4^{c}
Autonome fourrages	4,9^{a}	5,9^{a,b}	8,3^{b}	7,7^{a,b}
Autonome concentrés	2,0^{a}	4,1^{a,b}	5,3^{b}	5,7^{b}
Autonomie alimentaire	1,6^{a}	4,0^{b}	4,7^{b}	4,3^{b}
Croissance maximale	0,9^{a}	3,3^{b}	3,5^{b,c}	6,3^{d}
Finition > 4 mois	2,5^{a}	3,6^{a}	6,2^{b}	4,0^{a,b}
Coût finition élevé	1,5^{a}	3,6^{b}	3,4^{a,b}	4,9^{b}
Environnement Social				
Direct	3,1^{a}	4,0^{a}	4,3^{a,b}	5,4^{b}
Famille	1,8^{a}	3,4^{a,b}	4,92^{c}	6,0^{c}
Marchand animaux	2,4^{a}	3,7^{a,b}	2,9^{a,b}	4,8^{b}
Consommateurs	3,0^{a}	5,3^{a,b}	4,5^{a,b}	6,3^{b}
Citoyens	2,6^{a}	5,0^{b}	3,6^{a,b}	5,2^{b}
Connaissances propres				
Direct	4,4	4,8	5,4	5,13
SAU suffisante	4,3^{a}	5,8^{a}	8,3^{b}	8,4^{b}
K en alimentation	4,5^{a}	6,3^{a,b}	8,6^{b}	7,5^{b}
K sur qual. viande	4,6^{a}	5,6^{a}	8,1^{b}	6,3^{a,b}
K en agronomie	4,8^{a}	6,2^{a,b}	6,6^{a,b}	8,4^{b}

Tableau 3. Comparaison des différents groupes d'éleveurs sur les différentes dimensions de l'intention à répondre à la demande de production de viande rouge, tendre et persillée. Seuls les items avec des différences significatives sont présentés
K : connaissance, a, b, c : différence au seuil de 5%

3. CONCLUSION

Il existe des éleveurs en capacité de répondre à une demande d'animaux jeunes, précoces, et finis intensément sur de longues finitions. Aucun n'a pour autant la capacité de le faire sans changement majeur de conduite d'élevage, que ce soit sur la race et les types d'animaux élevés ou les pratiques de finition. Un fort besoin d'accompagnement et un dispositif de paiement adéquat seront donc nécessaires pour structurer une réponse à cette demande. Ce travail reste par ailleurs à valider dans des régions aux systèmes de production différents, en particulier en zones de montagne ; certaines races rustiques semblent prometteuses pour la production de viande persillée (Aubrac, Salers) mais les systèmes fourragers, largement basés sur l'utilisation de prairies permanentes, permettent peu d'assurer des conduites alimentaires très énergétiques.

Evaluation de l'intention		
J'ai l'intention de répondre à cette demande dans un délai de 3 ans Mon intention (motivation) à répondre à cette demande dans un délai de 3 ans est Quelle est la probabilité que vous puissiez répondre à cette demande dans un délai de 3 ans ? Je sais comment faire et j'ai déjà planifié de répondre à cette demande dans un délai de 3 ans		Note de 1 à 7
Evaluation directe de l'attitude		
Au regard du fonctionnement actuel de votre exploitation, répondre à la demande, dans un délai de 3 ans est - mauvais-bien - désavantageux-avantageux - pas nécessaire-nécessaire - pas important-important		Note de 1 à 7
Evaluation directe de l'environnement social		
Les gens à qui je tiens (familles, amis…) pensent que je devrais répondre à la demande dans un délai de 3 ans Les gens en qui j'ai confiance (mêmes opinions) approuveraient que je réponde à la demande dans un délai de 3 ans Les éleveurs comme moi (du bassin de production) vont répondre à la demande dans un délai de 3 ans		Note de 1 à 7
Evaluation directe de la capacité personnelle		
J'ai les connaissances nécessaires pour répondre à la demande dans un délai de 3 ans J'ai les ressources financières nécessaires pour répondre à la demande dans un délai de 3 ans Je suis confiant sur ma capacité à lever les verrous m'empêchant de répondre à la demande dans un délai de 3 ans Prendre la décision de répondre à la demande dans un délai de 3 ans ne dépend que de moi Atteindre l'objectif de répondre à la demande dans un délai de 3 ans ne dépend que de moi		Note de 1 à 7
Evaluation indirecte de l'attitude		
Quelle importance donnez-vous à ces pratiques pour répondre à la demande ?	Réaliser des croisements avec des races précoces Produire des bœufs de 24 à 30 mois Devenir autonome en fourrages Devenir autonome en concentrés Modifier l'assolement pour atteindre l'autonomie alimentaire	Importance notée de 1 à 7
Quelle probabilité de mettre en place ces pratiques pour répondre à la demande ?	Réaliser une croissance maximale post-sevrage Eviter la croissance compensatrice Adopter des niveaux énergétiques très élevés en finition Faire une finition longue (> 4 mois) Avoir un coût de finition élevé	Probabilité notée de 1 à 7
Evaluation indirecte de l'environnement social		
Quelle importance donnez-vous à l'avis de ces personnes ou groupes de personnes de votre entourage concernant la réponse à la demande ?	Famille Amis Voisins éleveurs et pairs Conseiller de l'organisme de contrôle de performance Technicien du groupement d'éleveurs	Importance notée de 1 à 7
Quelle probabilité que ces personnes ou groupes de personnes vous incitent à répondre à la demande ?	Autre marchand d'animaux (vivants) Boucher artisanal Consommateurs Citoyens (avis politique, sociétal)	Probabilité notée de 1 à 7
Evaluation directe de la capacité personnelle		
Quelle importance donnez-vous à ces ressources pour répondre à la demande ?	Vos ressources financières Avoir la surface agricole suffisante La charge de travail Le conseil technique	Importance notée de 1 à 7
Quelle est la probabilité que ces ressources vous permettent de répondre à la demande ?	Des connaissances en alimentation (finition) Des connaissances sur la qualité de la viande Des connaissances en génétiques Des connaissances en agronomie (prairies, céréales	Probabilité notée de 1 à 7

Tableau 1. Liste des questions formulées pour évaluer l'intention des éleveurs de produire des animaux précoces et finis intensément selon la théorie des comportements planifiés (Borges et al., 2014).

Borges et al., 2014. Livestock Sci., 169 : 163–174
Coleman et al., 2016. Meat Sci., 121 : 403–408
Irshad et al., 2013. J. Anim. Prod. Advances, 3 : 177- 186
Jussiau, 2017. Viandes produits carnés, 33-3-2
Koch et al., 1976. J. Anim. Sci., 43 : 48-62
Papaleo Mazzucco et al., 2016. Meat Science, 114 : 121–129
Pfhul et al., 2007. Archives Anim. Breeding, 50 : 59-70
Polkinghorne et Thompson, 2010. Meat Science, 86 : 227–235
Purchas et Morris, 2007. Proceedings New Zealand Society Anim. Prod., 67 : 18-22

Automatisation de la mesure de la production laitière des vaches allaitantes

SEPCHAT B., BARBET M., CHALIER P, D'HOUR P.
INRAE, Herbipôle, 63122, Saint-Genès-Champanelle, France

RESUME - La productivité des élevages bovins allaitants dépend étroitement du nombre de veaux sevrés par vache et de leur poids, car leur prix de vente est fortement lié à ce dernier critère. La distribution complémentaire d'aliments concentrés pouvant débuter depuis l'âge de 3 mois, elle est devenue une manière privilégiée de sécuriser la production pondérale. Hors, le lait est l'élément clé de l'alimentation du veau, la réduction des charges alimentaires nécessite donc de maintenir et/ou de développer le potentiel laitier des vaches allaitantes (VA). C'est l'objet d'un projet visant à développer un modèle de référence validé, apte à prédire la production de lait de la VA sur 9 mois et à disposer sur le terrain d'une information plus étoffée concernant la mesure du lait bu par le veau. Pour quantifier la production laitière de la VA, la méthode basée sur la pesée du veau avant et après la tétée reste la technique de référence. Cette méthode simple à mettre en place, demande du temps et de la main-d'œuvre, elle est peu réalisée et uniquement en station expérimentale. Grâce à l'automatisme de pesées et à l'identification électronique des animaux, une alternative se dessine qui pourrait se développer plus largement et devenir méthode de référence. Le principe de cette méthode est de laisser le veau téter sa mère librement avec un passage obligatoire entre son parc de repos et celui de sa mère. Les poids enregistrés font l'objet d'un traitement informatique pour estimer la production laitière. Un prototype de pesée a été conçu et testé pendant 6 hivers consécutifs sur 101 vaches (71 charolaises (CH) et 30 salers (SA)). Le poids moyen des vaches était de 790 ± 64 kg pour CH et 750 ± 83 kg pour SA. Les vaches et les veaux ont été nourris avec du fourrage à base d'herbe, les veaux n'ont pas reçu de concentré. Afin de valider le dispositif, chaque hiver a été découpé en 6 périodes consécutives de 14 jours. Du vêlage jusqu'au 5e mois de lactation, la PL a été quantifiée alternativement selon la méthode de référence (CL) (4 jours, 2 tétées par jour) ou selon le dispositif sur 10 jours de tétées libres (TL) avec une pesée automatique à chaque changement de parc. Un algorithme a été développé pour traduire les poids des veaux mesurés sur une période de 24 h, en production laitière (kg lait/j). Les veaux ont tété 3,1 ± 1,5 fois/j durant la première période contre 4,5 ± 1,7 pour la dernière. La PL estimée par le dispositif était de 6,9 ± 1,3 kg/j pour CH vs 8,3 ± 2,1 kg/j pour SA, avec une bonne corrélation avec la méthode de référence (r^2 de 0,80 à 0,74 de période1 à 6). La production de lait totale diffère selon la race : 1840 ± 355 kg en Charolais et 2250 ± 470 kg en Salers. Le Gain de poids Moyen Quotidien (GMQ) des veaux était de 900 g pour CH, 1000g pour SA. Une meilleure production laitière conduit à un GMQ de 60 à 80g/l de lait bu en plus, correspondant à 70 kg de gain de poids vif pour une lactation de 2300 kg vs 1200 kg. Ce dispositif est aujourd'hui validé et réplicable. Il sera étendu à d'autres stations expérimentales bovines allaitantes afin d'élargir à d'autres races la mesure de la production de lait, d'affiner l'indexation des qualités maternelles qui pourront être intégrées aux stratégies d'élevage et aux schémas de sélection.

Automation of measurement of sucklers cows milk production

SEPCHAT B., BARBET M., CHALIER P., D'HOUR P.
INRAE, Herbipôle, 63122, Saint-Genès-Champanelle, France

SUMMARY - The productivity of suckler cows depends closely on the number of weaned calves per cow and their weight, as they are sold on the basis of the latter. As supplementary feeding of concentrates can start very early, even from the age of 3 months, it has become a preferred way to secure weight production. The reduction of feed costs requires maintaining and/or developing the milk potential of suckler cows. This is the purpose of a project aimed at developing a validated reference model capable of predicting the milk production of VAs over 9 months and at having more information in the field concerning the measurement of milk drunk by the calf.

To quantify the milk production of the calf, the method based on weighing the calf before and after suckling remains the reference technique. This method, which is simple to set up, requires time and manpower, and is rarely carried out, and only on an experimental station. Thanks to automatic weighing and electronic identification of the animals, an alternative is emerging that could be developed in all experimental farms and become the reference method. The principle of this method is to let the calf suckle its mother freely with a compulsory passage between its resting pen and that of its mother. Weighing data collected automatically is processed by computer to estimate milk production. A prototype weighing system was designed and tested during 7 consecutive winters on 101 cows (71 Charolais (CH) and 30 Salers (SA)). The average weight of the cows was 790 ± 64 kg for CH and 750 ± 83 kg for SA. The cows and calves were fed grass-based fodder, the calves did not receive any concentrate. In order to validate the system, each winter was divided into 6 consecutive 14-day periods. From calving to the 5th month of lactation, the LF was quantified alternatively according to the reference method (4 days, 2 feedings per day) or according to the 10-day free-feeding scheme with automatic weighing at each pen change. An algorithm was developed to transform the weights of the calves available over 24 hours into milk production (kg milk/d).The calves suckled 3.1 ± 1.5 times/d during the first period compared to 4.5 ± 1.7 during the last period. The PL estimated by the device was 8.3 ± 2.1 kg/d for SA vs. 6.9 ± 1.3 kg/d for CH, with a good correlation with the reference method (r^2 from 0.80to 0.74 from period 1 to 6). Total milk production differed by breed: 1840 ± 355 kg in Charolais and 2250 ± 470 kg in Salers. The average daily weight gain (ADWG) of the calves was 900 g for Ch vs 1000g for SA. Better milk production led to a GMQ of 60 to 80 g/l of milk drunk more, corresponding to a 70 kg gain in live weight for a lactation of 2300 kg vs 1200 kg.

This system is now validated and can be duplicated. It will be extended to other experimental suckler cattle stations in order to extend the measurement of milk production to other breeds and to refine the indexation of maternal qualities that can be integrated into breeding strategies and selection schemes

.INTRODUCTION

En France, l'élevage de bovins allaitants produit majoritairement des veaux élevés sous la mère, appelés communément broutards et destinés à l'engraissement. Ceux-ci se nourrissent surtout de lait maternel et d'herbe jusqu'au sevrage vers l'âge de 7 à 10 mois. Ils sont ensuite vendus à un poids vif moyen de 320 kg. La productivité des élevages allaitants dépend étroitement du nombre de veaux sevrés par vache et de leur poids car leur prix dépend de ce critère. La recherche de la meilleure efficience économique des systèmes d'élevage bovins allaitants a trop souvent été confondue avec la maximisation des prix de vente de ces jeunes broutards mâles car le poids et la conformation étaient bien valorisés sur le marché à l'exportation notamment celui du maigre en Italie. L'alourdissement des broutards a été considéré comme un objectif de production prioritaire dans les élevages qui en ont fait leur spécialité, dans le charolais notamment. Ainsi le prix de vente à la tête a été souvent privilégié par rapport au prix de revient de l'animal par une recherche de croissances élevées sous la mère quelles que soient les années, l'abondance de l'herbe, le potentiel pédoclimatique de l'exploitation ou le potentiel génétique du troupeau. Cela a modifié les pratiques d'élevage des veaux : la distribution complémentaire d'aliments concentrés peut débuter très tôt, même depuis l'âge de 3 mois. Elle est devenue une manière privilégiée de sécuriser la production pondérale. Cette tendance s'est observée au sein de toutes les races (Veysset et *al* 2005). La complémentation se réalise le plus souvent avec des aliments donnés en libre-service aussi bien à l'étable qu'au pâturage. Pourtant la croissance du veau dépend de tous les aliments dont il dispose : le lait bu, l'herbe pâturée (ou tout autre fourrage) et enfin l'aliment concentré. Un kg de lait bu supplémentaire correspond en moyenne pour un veau à un gain marginal de croissance journalière d'environ 80 g, soit l'équivalent d'un apport de 250 à 300 g d'aliment concentré à base de céréales (Sepchat *et al* 2017). Au sevrage, ce gain de poids marginal, réalisé grâce au lait supplémentaire, n'a pas tout à fait la même composition que celui réalisé avec un aliment concentré comme l'ont montré Garcia-Launay *et al* (2008). Il serait en effet moins riche en lipides et permettrait d'accroître davantage la masse maigre (format). Sur les mâles, cet effet a des conséquences intéressantes par la suite, lors de la finition (Sepchat *et al* 2011). La production laitière des vaches allaitantes est souvent considérée par les éleveurs comme un trait génétique subi et non estimable. Le regroupement des mesures de lait bu réalisées depuis 15 ans dans les troupeaux charolais, limousins et salers de l'unité expérimentale Herbipôle a permis de décrire finement leurs courbes de lactation, et ses facteurs de variations. Cette analyse reste liée au troupeau INRAE, il convient donc d'estimer ce phénotype sur un ensemble plus large de vaches.

C'est pour cela que l'UE Herbipôle a développé, depuis 2014, un projet visant à mesurer, moduler et à terme modéliser la PL des vaches allaitantes (3M). Un prototype a été testé sur des vaches salers et charolaises, il a permis d'approfondir les connaissances méthodologiques et comportementales d'estimation de la production laitière de la vache allaitante. Afin de s'approcher au plus près des « vraies » valeurs de production laitière et d'élargir les mesures à d'autres types génétiques, il devient nécessaire d'élargir ce dispositif à diverses stations bovins viande pour : étendre le phénotypage de la production laitière, affiner l'indexation des aptitudes laitières et rendre plus précise la sélection sur les qualités maternelles.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1 DISPOSITIF EXPERIMENTAL

L'expérimentation a été réalisée pendant 6 ans sur le site Herbipôle de Laqueuille (https://doi.org/10.15454/1.5572318050509348E12). Le dispositif expérimental est basé sur la comparaison de deux méthodes de mesure de la production laitière des vaches allaitantes. La première, appelée CL pour « contrôle laitier » est basée sur la méthode standardisée décrite par Le Neindre et Petit, (1975) utilisée de manière permanente à Herbipôle. Elle consiste i) à maîtriser la vidange de la mamelle par le veau (séparation) puis ii) à réaliser autour des deux tétées qui suivent les pesées du veau avant et après chaque buvée. Cette méthode qui a servi de témoin est mise en comparaison avec le dispositif appelé « tétées libres ». Ce dispositif prototype d'estimation du lait bu par les veaux combine l'identification électronique des animaux et l'automatisme de pesées des veaux. Il repose sur le développement d'un système automatique de pesées des veaux et d'un logiciel de traitement de l'information des poids par un algorithme original reposant sur la connaissance du comportement et de la physiologie du couple mère-veau. Dans le dispositif, le veau apprend à passer dans un automate de pesée avant et après ses tétées et les écarts de pesées sont associés à la production de lait de la mère. La phase d'habituation des veaux a consisté à entraîner les veaux à circuler dans le dispositif dès leur plus âge. Ce dispositif ne nécessite pas ou peu d'intervention humaine. La phase expérimentale est constituée de 6 périodes de 14 jours successifs de mesures par hiver.

1.2 PESEE DES VEAUX ET PRODUCTION LAITIERE

Six séries de mesures ont été réalisées chaque année, chaque série dure 14 jours, elle est caractérisée par une période de 10 jours de tétées libres (TL) qui a alterné avec une période de 4 jours de tétées surveillées, rythmée par des contrôles laitiers (CL). Durant les 10 jours de tétées libres, les veaux ont eu accès au parc de leurs mères librement et ont pu aller téter *via* le système de pesée automatique. Les périodes de 4 jours de tétées surveillées ont été marquées par un jour de séparation suivies de 3 jours de contrôles laitiers. Durant celles-ci, vaches et veaux ont été séparés en permanence du lundi matin au jeudi soir. La tétée du lundi soir, première tétée surveillée, correspondait au point « 0 » car tous les veaux étaient séparés de leurs mères au même moment et tétaient à la même heure. Au cours des 3 jours de tétées surveillées (du mardi matin au jeudi soir), deux contrôles laitiers par jour ont été effectués, un premier le matin à 7h45 et un second le soir à 15h30.

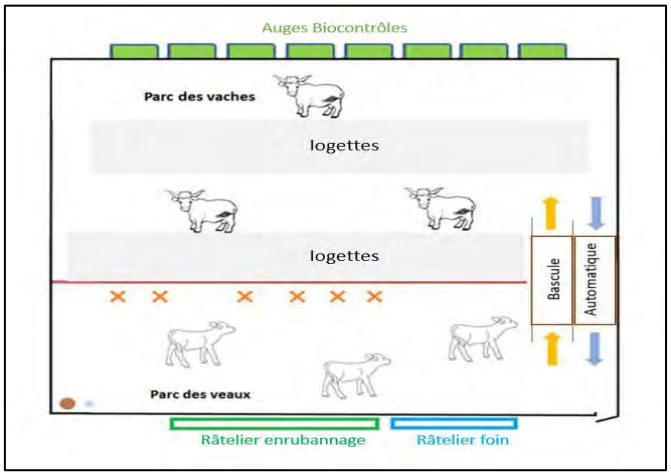
1.3 LE DISPOSITIF DE MESURES

Il repose sur le développement d'un système de pesées automatiques des veaux (Figure 1) et d'un traitement de l'information des poids par un algorithme original reposant sur la connaissance du comportement. Un veau parqué séparément lorsqu'il peut accéder à sa mère se met à téter dans la minute qui suit et cette tétée dure environ 10 minutes. Ainsi le veau apprend à passer par un dispositif adapté de pesées avant et après ses tétées et les écarts de pesées sont associés à la production de lait de la mère. Ce dispositif, respecte le rythme de tétées du veau, ne nécessite pas ou peu d'intervention humaine.

Figure 1 : Schéma de la stabulation et du positionnement du dispositif de pesée

1.4 ESTIMATION DE LA PRODUCTION LAITIERE

Le calcul de l'estimation de la PL a été effectué durant toutes les périodes de « tétées libres ». Un veau arrivant dans le parc des mères est pesé avec un poids en entrée RT pour repos



tétée et en ressort avec un poids sorti parc des mères TR pour tétée repos. La durée entre RT et TR est subie, le veau pouvant séjourner plus ou moins longtemps dans le parc des mères. Lorsque cette durée est plus longue que la durée mesurée de tétée moyenne qui est de 14 minutes, la différence de poids (TR - RT) sous-estime la prise de poids car il existe une perte de poids métabolique entre la fin de la tétée et l'heure de sortie. La durée moyenne d'une tétée a donc été ramenée à 14 minutes en prolongeant la pente entre poids TR et poids RT, calculée par régression linéaire. Cette régression s'appuie sur le fait, vérifié par des pesées réalisées toutes les heures entre la tétée du matin et celle du soir les jours des CL, montrant que la perte du poids d'un veau est linéaire entre deux tétées. Enfin, le poids estimé obtenu(TRE) est retranché au poids RT pour obtenir la quantité de lait bue ré-estimée pour ce passage (T). Dans l'exemple de la figure 2, le veau a tété 3 fois dans la journée entre 7h et 18h, ainsi en sommant les différences de poids T1, T2 et T3 nous obtenons le lait total estimé pour cette journée.

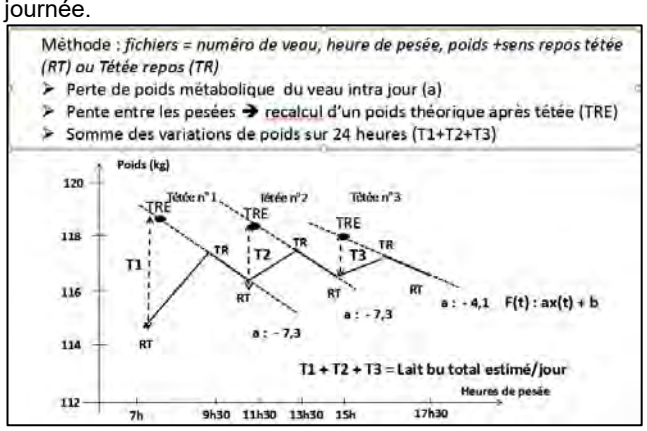


Figure 2 : Méthode d'estimation du lait bu lors des périodes de tétées libres

1. 5 LE LOGICIEL 3M

Le logiciel associé au dispositif permet de calculer automatiquement la production de lait, pour chaque animal. À partir des données brutes des balances, les pesées aller et retour sont associées pour définir les tétées, un premier contrôle permet d'éliminer les pesées orphelines ou invalides, grâce à des valeurs minimales et maximales de poids. Le poids théorique après tétée est calculé à partir de la méthode définie dans le paragraphe 1.4 : la perte de poids sur la durée entre la pesée actuelle et la suivante permet d'extrapoler le poids du veau au moment de la fin théorique de la tétée. Si les données de calcul sont invalides ou indisponibles, le gain de poids est défini en utilisant la moyenne de la perte de poids pour l'animal ou le groupe sur une semaine. La somme des productions de lait de chaque tétée est ramenée à 24h pour obtenir la production de lait journalière de chaque mère. Des paramètres de contrôles sur le poids, la durée de tétée, et la quantité de lait produit, modifiables par l'utilisateur, permettent d'exclure les données invalides.

1.1. LES MESURES COMPORTEMENTALES

Les 3 premières années, afin d'analyser le comportement des veaux des caméras vidéo ont été placées dans le parc des mères. Les 3 dernières années, une journée d'observation a été réalisée lors de chaque période de TL afin d'analyser le comportement de vols des veaux dans le parc des mères. Ce comportement correspond à la tétée d'une autre mère que la sienne ce qui modifie la production de la mère et de la vache volée. En plus des quantités de lait bu, le dispositif de pesée permet d'obtenir des données comportementales concernant le nombre de tétées, leur durée ainsi que leur répartition dans la journée (Figure 3).

1.2. ANALYSE DES DONNEES

La première étape a consisté à définir et à décrire les variables d'étude afin de caractériser les animaux. Les données ont été analysées selon une procédure SAS®. La seconde étape a été l'analyse du comportement des veaux grâce aux fichiers vidéo et aux journées de comportement afin d'interpréter les écarts de poids dans le parc des vaches. Les veaux ne revenant pas systématiquement dans leur parc après la tétée, la troisième étape a consisté à ré-estimer le poids des veaux et donc la quantité de lait bu après la tétée pour la période « tétées libres » (Figure 2). La ré-estimation est basée sur la perte de poids, liée au contenu digestif, journalière des veaux, une droite de régression a été appliquée au niveau de la perte de poids entre les poids TR (retour bascule) et RT (sortie bascule) pour chacune des tétées journalières). Les mesures des périodes « tétées libres » et « tétés surveillées » ont pu ensuite être mises en parallèle afin de valider les résultats des mesures en « tétées libres » grâce aux « tétées surveillées ».
La quatrième étape a consisté à étudier la relation entre les variations de poids issues de la période « tétées libres » et celles issues de la période « tétées surveillées » par des régressions linéaires et des corrélations.

2. RESULTATS

2.1. ANALYSE DU COMPORTEMENT DES VEAUX

La figure 4 illustre, pour la totalité des périodes, le nombre de passages moyen par heure. Il est possible d'observer 3 pics de passages : entre 6 h et 9 h, entre 12 h et 15 h, entre 15 h et 18 h. Durant les périodes n°1 où les veaux étaient âgés de 70 jours, le nombre de tétées/veau/jour a été de 3,1±1,5. 93 % des veaux ont effectué 3 ou 4 tétées/jour avec une variabilité comprise entre 2 à 6 tétées/veau/jour. En P6 où les veaux étaient âgés de 150 jours le nombre de tétées était de 4,5±1,7. Le nombre moyen d'allers-retours dans la bascule/veau/jour a été de 3,4±0,7 en P1 et de 4,8± 1.1 en P6 un aller-retour dans la bascule a donc pu être interprété comme une tétée.

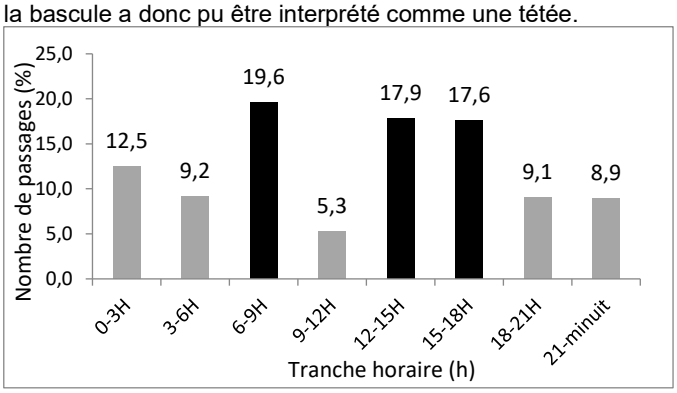


Figure 3 : Répartition des tétées dans la journée

L'analyse des fichiers vidéo et des journées de comportement indiquent qu'une fois sortis de la bascule, les veaux rejoignent rapidement leur mère pour téter (< 5 min en moyenne). Le poids du veau à la sortie du dispositif est donc très proche du poids de début de tétée. Au contraire, la durée *« fin de tétée - retour bascule »* est plus élevée, elle est en moyenne de 53±25 mn et ne varie pas d'une période à l'autre. Le poids du veau à

la fin de la tétée doit donc être recalculé pour servir de référence dans le modèle.

2.2 LIEN TETEES LIBRES TETEES SURVEILLEES

Les figures 4 et 5 illustrent pour l'année 2022 la relation entre la mesure de la PL par la méthode standard (tétée surveillée) et la méthode tétée libre. Avec une corrélation de 0,80, la relation est bonne en début de lactation (P1) et se dégrade légèrement au fur et à mesure que le veau vieillit (0,74 en P6). Cela permet donc de valider l'utilisation d'une équation linéaire pour représenter la perte de poids intra-jour afin de remonter à la production laitière de la mère. En termes de production laitière, cela s'est traduit par moyenne estimée par le dispositif en P1de 10 ± 1 kg/j vs 9,8 ± 1,6 kg/j avec la méthode standard (tétée surveillées). En P6 nous avons obtenu 9,6±0,9 kg/j en tétée libre vs 9,3±01,2 kg/j en tétée surveillée.

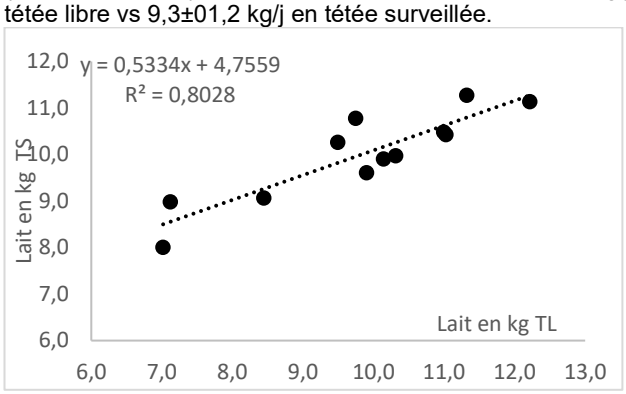


Figure 4 : Corrélation tétée libre tétée surveillée P1 2022

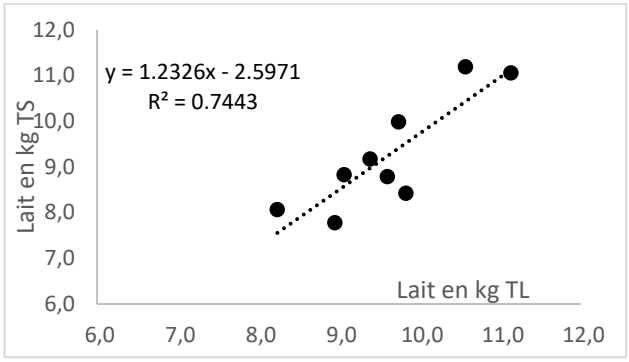


Figure 5 : Corrélation tétée libre tétée surveillée P6 2022.

2.3. LES APPORTS DU LOGICIEL 3M

Le logiciel associé au dispositif permet de calculer automatiquement la PL, en éliminant les valeurs aberrantes grâce à plusieurs paramètres. Les erreurs de pesée des balances sont gérées en définissant les poids minimum et maximum des veaux, ainsi que la variation de poids maximum autorisée lors d'une tétée. La durée acceptable d'une tétée permet d'éliminer les passages trop courts ou trop longs dans le parc des mères. Les paramètres de contrôle définis dans le paragraphe 1.5, permettent d'éliminer les valeurs incorrectes lors du calcul de perte de poids métabolique, et de la PL journalière. Il permet également d'éliminer les données aberrantes (veaux voleurs) en comparant les données « tétées libres » et « tétées surveillées ».

2.4. PRODUCTION DE LAIT ET CROISSANCE DU VEAU

La PL moyenne estimée sur les 6 années était de 8,3 ± 2,1 kg/j pour SA *vs* 6,9 ± 1,3 kg/j pour CH, avec une bonne corrélation avec la méthode de référence (r² de 0,80 à 0,74 de P1 à P6). A partir de ces données, la courbe de lactation totale a pu être modélisée (Perochon *et al*, 1996) (Figure 6). Elle diffère selon la race : 1840 ± 355 kg pour CH et 2250 ± 470 kg pour SA. Le gain de poids moyen quotidien (GMQ) des veaux était de 900 g pour CH, 1000g pour SA. L'analyse des 6 années a permis de constater qu'une meilleure PL conduit à une augmentation du GMQ de 60 à 80 g par kg de lait bu en plus, correspondant à un gain de 70 kg de poids vif pour une production sur l'ensemble de la lactation de 2300 *vs* 1200 kg.

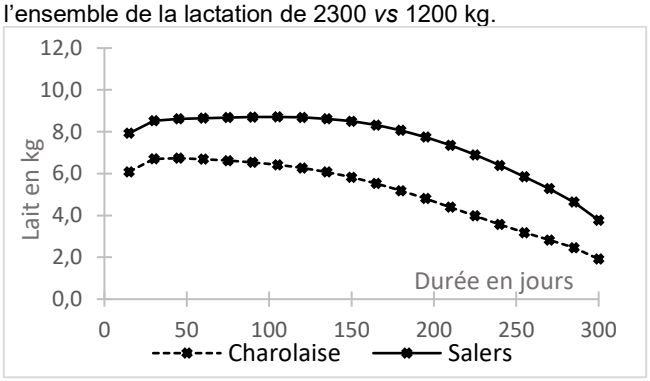


Figure 6 : Courbe de lactation multipares charolaises et salers

3. DISCUSSION

Le dispositif est aujourd'hui prêt à être mis à disposition d'autres structures. Il a fait l'objet d'une protection sous la forme d'un accord de savoir-faire secret, ce qui nous a permis de confier sa fabrication à un équipementier. La version « industrielle » a été testée au cours des 3 dernières années ainsi que le logiciel de paramétrage et de traduction des poids en kg de lait. Il est aujourd'hui prêt à être produit à plus grande échelle. Néanmoins il conviendra de maintenir quelques contrôles laitiers réalisés par la méthode standard en appui des périodes « tétées libres » afin d'assurer la précision et la fiabilité des mesures et d'identifier les veaux « voleurs ». Les paramètres du logiciel permettent de régler en partie ce problème en donnant la possibilité d'être plus ou moins sévère sur la validation des mesures, en donnant la possibilité d'éliminer les données s'écartant de la moyenne afin de ne pas sous ou surestimer la production laitière des vaches. La méthode de mesure « standard » très chronophage permettait d'obtenir un nombre limité de mesures entre 3 et 10 par lactation et sur très peu de vaches. Le dispositif a permis de multiplier les mesures par 10 et sur un plus grand nombre d'animaux. Outre le fait d'estimer la production laitière, le logiciel 3M permet également d'obtenir des données comportementales concernant la relation mère veau (le nombre de tétées, leurs durées, le temps passé auprès des mères…) Il convient maintenant d'adapter l'utilisation du dispositif au pâturage.

CONCLUSION

Cette étude démontre qu'il est désormais envisageable d'estimer la production laitière de la vache allaitante à partir d'un dispositif de pesée automatique. Les 6 années d'expérimentation ont permis d'ajuster de façon très satisfaisante la production laitière estimée en période libre à celle de la période surveillée rythmée par deux contrôles laitiers. Ces résultats montrent qu'une alternative à la méthode standard, coûteuse en temps et en main-d'œuvre est maintenant possible. La fabrication du dispositif à plus grande échelle a été confiée à un industriel ce qui permettra de phénotyper d'autres types génétiques dans des situations variées et *in fine* de contribuer à affiner l'indexation des reproducteurs sur les qualités laitières. Ainsi cet outil, plus facile d'utilisation, pourrait se substituer à la méthode de référence de la mesure de la production laitière de la vache allaitante.

Etude réalisée dans le cadre du projet 3 M : « Mesurer, Moduler, Modéliser la production laitière de la vache allaitante » mené par l'unité expérimentale Herbipôle avec le soutien de l'UMT SESAM.
Nos remerciements aux collègues de l'unité expérimentale Herbipôle et à l'ensemble des stagiaires qui ont participé à ce projet.

Garcia-Launay F., Garel J.P., Micol D., Agabriel J., 2008. 18ème Rencontres Recherches Ruminants. p. 263–266.
Le Neindre, P., Petit, M., 1975. Ann. Zootech., 24, 559-563.
Petit, M., Agabriel, J., D'hour, P., Garel, J.P. 1994. INRA Prod. Anim, vol.7, p. 235-243.
Pérochon L., Coulon J.B., Lescourret F., 1996. Anim. Sci., 63, p. 189-200.
Sepchat, B. et *al*, 2011. 21ème Rencontres Recherches Ruminants, p. 221-224.
Sepchat B., D'Hour, P., Agabriel J., 2017, INRA Prod. Anim, vol. 30, p. 139-152.
Veysset P., Lherm M., Bebin D., 2005. INRA Prod Anim vol.18, p. 265-275.

Elever des génisses au pâturage dès le plus jeune âge est-il compatible avec une stratégie de réduction de l'âge au premier vêlage ?

Is raising heifers on pasture from an early compatible with a strategy to reduce the age at first calving?

LEPELTIER F. (1), MORIN L. (1), ROUILLE B. (2).
(1) Ferme expérimentale La Blanche Maison, 50880 Pont-Hébert
(2) Institut de l'Elevage – Monvoisin, 35652 Le Rheu Cedex, France

INTRODUCTION

Rajeunir l'âge au vêlage dans les élevages laitiers est un des leviers identifiés pour limiter les phases improductives dans la carrière de l'animal et ainsi optimiser les performances économiques des exploitations et réduire leur impact environnemental. L'âge moyen au 1er vêlage en race Normande est de 33 mois en France, et de 34 mois sur l'ensemble Normandie/Bretagne/Pays de la Loire (Reproscope, campagne 2018-2019). A la ferme expérimentale de La Blanche Maison (50), un système de polyculture élevage en agroécologie a été mis en place depuis 2017. Pour les jeunes animaux, il combine le pâturage des veaux dès 15 jours et le pâturage tournant des génisses, pour objectif de réduire l'âge au vêlage. Un suivi des croissances de la naissance jusqu'à 15 mois a été mené pour évaluer l'impact du pâturage des jeunes veaux sur leur croissance et sur l'âge au 1er vêlage.

1. MATERIEL ET METHODES

Le système de polyculture élevage en agroécologie de La Blanche Maison repose sur un troupeau de race Normande comptant en moyenne 88 vaches avec une production moyenne de 7000 litres de lait par vache par an.
Ce système est organisé en 4 lots de vaches avec 4 périodes d'IA de 6 semaines dans l'année, permettant une meilleure régularité des livraisons de lait et une optimisation des pics de travail. Les veaux sont en cases individuelles jusqu'à ce qu'ils soient capables de boire 6L/j de lait, distribué 1 fois/j. Ce seuil est atteint en moyenne entre 10 et 15 jours de vie. Ensuite, les veaux sont en cases collectives en bâtiment, avec un accès direct à l'herbe (environ 400m2). Ils ont un plan d'allaitement constant avec 6L/j de lait jusqu'au sevrage (Porhiel et Le Pichon, 2009). Ils ont également un accès à l'eau et à un mélange 60/40 de maïs grain et colza distribué à volonté. Le système est réalisable avec des niches individuelles ou collectives pour se mettre à l'abri du vent, directement dans la parcelle de pâturage. Cela nécessite alors l'installation de bacs à tétines, d'alimentateurs à concentrés, d'un râtelier à fourrages et d'abreuvoirs.
La pratique a été testée sur deux périodes de vêlage en 2017 puis trois périodes à partir de 2018 (vêlages de février, mai et août). Le plan lacté est le même pour tous les veaux. Un suivi de croissance des veaux est réalisé depuis la naissance jusqu'à 15 mois. De 2017 à 2021, l'étude a porté sur 165 génisses de race Normande.
En post-sevrage, un pâturage tournant est mis en place pour améliorer les performances de croissance des génisses tout en valorisant au mieux l'herbe pâturée. Le parcellaire est découpé en paddocks de 0,25 à 0,5 ha. Le temps de présence varie de 2 à 7 jours en fonction de l'âge et de la taille du lot.

3. RESULTATS

De 2017 à 2021, ce sont 121 génisses qui ont été élevées avec une mise à l'herbe dès 10 jours, et 44 génisses élevées en nurserie uniquement. En 2017, les veaux nés dans les lots de printemps et d'été (vêlages de mai et août) ont été élevés à l'herbe dès 10 jours, tandis que ceux des lots d'hiver et d'automne ont été élevés en nurserie (vêlages de février et novembre).

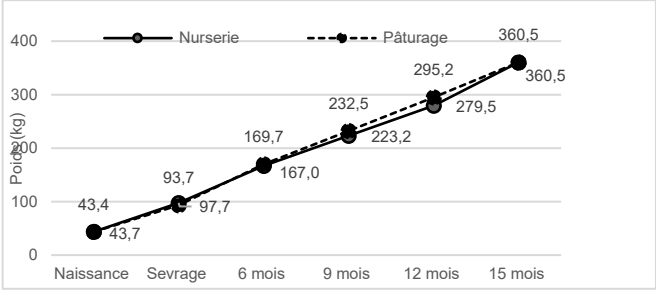


Figure 1 : courbes de croissance des génisses de 2017

A partir de 2018, aux vues des premiers résultats positifs de 2017, les veaux nés en février/mars sont également mis à l'herbe dès 10 jours. Au sevrage, les veaux élevés en nurserie ont un poids de sevrage moyen légèrement supérieur à ceux élevés en extérieur (97,7 kg pour les veaux en nurserie, 93,7 kg pour les veaux à l'herbe). Cependant, les veaux élevés à l'herbe sont sevrés en moyenne 8 jours avant ceux élevés en bâtiment (à 79 jours contre 87 jours). Globalement, le GMQ pendant la phase lactée des veaux élevés à l'herbe est similaire à ceux élevés en nurserie : 640g/j. Il n'y a pas de différence significative sur les performances de croissance jusqu'à 15 mois (Figure 1). La technique de mise à l'herbe à un jeune âge permet donc de valoriser une quantité d'herbe pâturée plus importante au cours de la phase d'élevage de la génisse par rapport à un élevage plus classique avec un temps de présence en bâtiment plus important. Par exemple, une génisse née en février passe environ 250 jours au pâturage la 1ère année, contre 105 jours si elle n'était sortie qu'à l'âge de 6 mois.
A la mise en place du système en 2017, l'âge au 1er vêlage moyen était de 30 mois. Il a été réduit à 28,3 mois en 2021, l'objectif étant de tendre vers 25-27 mois (Tableau 1).

Année	2017	2018	2019	2020	2021
Âge au vêlage (mois)	30	28,7	27,5	28,4	28,3

Tableau 1 : âge moyen des génisses au 1er vêlage

CONCLUSION

L'élevage des veaux au pâturage dès le plus jeune âge permet des performances de croissance similaires à des génisses élevées en nurserie sur la phase 0-15 mois. Associé au pâturage tournant, la pratique contribue aux objectifs de réduction d'âge au 1er vêlage. La pratique de cette technique présente donc des intérêts économiques et environnementaux dans une stratégie de production laitière en agroécologie.

Le projet expérimental de système de polyculture élevage en agroécologie a bénéficié du concours financier de la Région Normandie.

Observatoire Reproscope, campagne 2018-2019. https://idele.fr/outils/reproscope
Porhiel J.Y., Le Pichon D., 2009. Rencontres Recherches Ruminants, 16

Les quantités de lait et de concentrés consommées jusqu'au sevrage par les génisses laitières n'ont qu'un effet à court terme sur leurs performances

Early nutrition of dairy heifers has just a short term effect on their performances

JURQUET J. (1), PHILIBERT A. (1), PLOUZIN D. (2), LE COZLER Y.(3)
(1) Institut de l'élevage, 149 rue de Bercy, 75595 PARIS Cedex 12
(2) Ferme expérimentale laitières des Trinottières, la Futaie, 49140 MONTREUIL SUR LOIR
(3) PEGASE, INRAE, Institut Agro, 35590 SAINT-GILLES, France

INTRODUCTION

La phase lactée peut avoir des répercussions sur la suite de la vie de la génisse laitière et notamment avant vêlage. De la naissance au sevrage, l'alimentation repose sur le colostrum, puis sur le lait (entier (LE) ou aliment d'allaitement (AA)), ainsi que sur l'apport de concentrés et de fourrages (fraction solide) (Sicot et al, 2013). La phase lactée doit permettre une croissance soutenue et assurer progressivement la transition alimentaire liquide-solide, afin qu'au sevrage, le veau soit devenu un ruminant capable de ne digérer que des aliments solides. Si les conséquences à court terme des différentes stratégies d'alimentation avant sevrage sont connues, leurs effets à moyen et long termes restent peu étudiés. Cette étude vise à étudier les effets des quantités de matières sèches et d'énergie ingérées (lait et concentrés) consommées avant sevrage sur les performances ultérieures des génisses laitières de renouvellement.

1. MATERIEL ET METHODES

Un jeu de données de 402 génisses Holstein nées entre 2001 et 2015 et élevées à la ferme expérimentale des Trinottières (49) a été constitué. Il comprend pour chaque animal, les poids vifs à la naissance, au sevrage, à 4, 6 et 15 mois (respectivement PV_N, PV_S, PV_4, PV_6, PV_{15}), les âges à l'insémination fécondante (Age_{IAF}) et au 1er vêlage (Age_{VEL1}), ainsi que la production laitière à 305 jours en 1ière lactation ($PL1_{305}$). Pour les 283 animaux réformés présents, la production laitière cumulée sur la carrière (PL_{CAR}) a été calculée, ainsi que les quantités totales de lait et de concentrés ingérées en kg de matières sèches (MS). L'énergie métabolisable 'EM) totale ingérée durant la phase lactée a été estimée pour chaque animal. La teneur en MS et l'EM du lait ont été déterminées en prenant en compte les teneurs en matières grasses et protéiques du lait utilisé pour nourrir les veaux. La teneur en lactose a également été prise en compte à partir de valeur moyennes. Le coefficient de corrélation de Pearson a été déterminé pour analyser le degré de liaison linéaire entre les quantités ingérées (MS et EM) avant le sevrage et les performances ultérieures.

2. RESULTATS

Le PV_N moyen des 402 femelles s'élève à 41,5 kg (± 4,7). Elles sont sevrées en moyenne à 63 jours (±17) à un PV_S moyen de 89 kg (±13). Au cours de la phase lactée, elles ont ingéré en moyenne 72,9 kg de MS (±17) et 356 MJ d'EM (±70) sous forme de lait et de concentrés. La quantité de lait bue avant sevrage varie de 230 à 330 litres (équivalent LE) par veau et représente en moyenne, 46% de la MS ingérée. La quantité moyenne de concentré consommé jusqu'au sevrage s'élève à 39,5 kg de MS (±14). L'âge Age_{VEL1} moyen est de 24,4 mois (±1,2). En 1ère lactation, les vaches ont produit 8036 kg de lait sur une base 305 jours (± 1114). Les 283 femelles réformées, à un rang moyen de 2,9 (±1,5), enregistrent une PL_{CAR} moyenne de 29 090 kg de lait (±16433).

Les quantités de MS et d'EM ingérées jusqu'au sevrage sont très corrélées avec le PV_S (r = 0,89 et 0,85 respectivement) (tableau 1), mais cette corrélation diminue avec l'âge. Après 15 mois d'âge, tous les coefficients sont inférieurs à 0,20. La corrélation avec les variables Age_{IAF}, Age_{VEL1} est quasi nulle et très faible pour la $PL1_{305}$ et la PL_{CAR} (-0,13 à -0,06).

	Coefficients de corrélation	
Performances	MS ingérée	EM ingérée
PV_S	0,89	0,85
PV_4	0,49	0,45
PV_6	0,40	0,37
PV_{15}	0,23	0,21
Age_{IAF}	0,01	0,00
Age_{VEL1}	0,01	-0,02
$PL1_{305}$	-0,13	-0,13
PL_{CAR}	-0,07	-0,06

Tableau 1 Coefficients de corrélation de Pearson entre les quantités de MS et d'EM consommées de la naissance au sevrage sur les performances à moyen et long terme

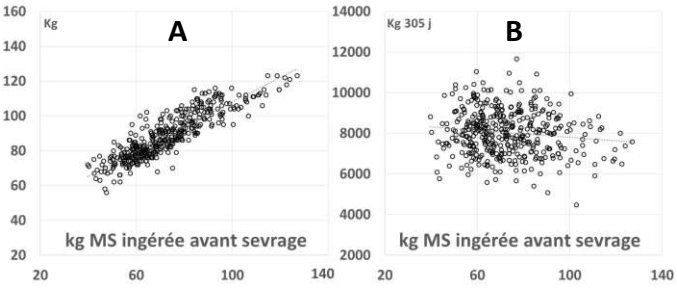


Figure 1 Poids vif au sevrage (A) et production laitière à 305 jours en 1ère lactation (B) en fonction des quantités de MS ingérées de la naissance au sevrage (n = 402)

3. DISCUSSION

Cette étude montre qu'une quantité accrue de MS ingérée (ou d'EM) jusqu'au sevrage a un effet positif sur le poids au sevrage (+0,7 kg PV_S/kg de MS ingérées en plus). Cette différence de poids diminue rapidement avec le temps et n'a pas d'effet sur les performances de reproduction et de production à moyen et long terme. Pour un sevrage précoce et un objectif de poids élevé, augmenter les quantités ingérées se fait le plus souvent via une augmentation des volumes de lait offerts, ce qui pénalise la consommation de concentrés avant et juste après le sevrage. Ces résultats confirment ceux de Kiezebrink et al (2015), ainsi que de Morrison et al (2012), qui montrent qu'avec des plans lactés proches de ceux utilisés aux Trinottières, doubler la quantité de lait avant sevrage réduit la consommation de concentrés et augmente le poids au sevrage, mais cela n'a d'effet ni sur le poids au 1er vêlage ni sur la production laitière en 1ère lactation.

CONCLUSION

Cette étude montre que lorsque les bonnes pratiques d'alimentation des génisses sont respectées, les quantités de lait consommées durant la phase lactée des femelles de renouvellement en vêlage précoce ont peu d'effet sur les performances animales à moyen et long terme.

Travail réalisé avec le soutien financier de FranceAgrimer dans le cadre du projet GEREL

Sicot et al, 2013. Guide pratique, 76 p.
Kiezebrink D.J., Edwards A.M., Wright T.C., Cant J.P., Osborne V.R., 2015. J. Dairy. Sci., 98, 349-356
Morisson S.J., Wicks H.C.F., Carson A.F., Fallon R.J., Twigge J., Kilpatrick D.J., Watson J., 2012. Animal., 6:6, 909-919

L'élevage des chevrettes de renouvellement sous les mères en élevage caprin laitier en France : description des pratiques

Rearing female goat kids with their dams in French farming systems: description of the practice

BERTHELOT M. (1), AUBERT C. (1), EHRHARDT N. (2), BAUDRY C. (1), PARAUD C. (1)
(1) ANSES, Laboratoire de Ploufragan-Plouzané-Niort, Unité PBER, 60 rue de Pied de Fond, 790124 Niort, France
(2) FRGDS Nouvelle-Aquitaine – OMACAP, Maison de l'agriculture, Les Ruralies, CS 80004, 79231 Prahecq CEDEX, France

INTRODUCTION

Dans la majorité des élevages laitiers, les chevrettes sont séparées de leur mère à la naissance et nourries à la poudre de lait, principalement pour des raisons économiques et sanitaires, l'une des raisons sanitaires principales étant la prévention de la transmission du CAEV (Virus de l'Arthrite Encéphalite Caprine). En Agriculture Biologique (AB) le cahier des charges indique néanmoins une préférence pour l'utilisation de lait maternel ou d'une autre espèce biologique. S'il est possible d'utiliser de la poudre de lait biologique, à condition qu'elle soit sans matières d'origine végétales et composants chimiques de synthèse, la disponibilité et le coût représentent actuellement un frein à son utilisation. A cette problématique économique, s'ajoute le souhait de permettre aux animaux d'exprimer leur comportement naturel et de gagner en temps de travail. Des éleveurs sont donc en questionnement sur la conduite de la phase lactée des chevrettes, certains choisissant de s'orienter vers l'élevage des chevrettes sous la mère. Très peu de données étant disponibles à propos de cette pratique, et celle-ci soulevant de nombreux questionnements, les objectifs de ce travail étaient de décrire la diversité des pratiques d'élevage des chevrettes de renouvellement sous les mères et de recueillir auprès des éleveurs leurs motivations ainsi que les bénéfices, inconvénients et impacts ressentis sur différents aspects.

1. MATERIEL ET METHODES

L'enquête a été réalisée par téléphone par deux enquêteurs. Conçue à partir de questions fermées, semi-ouvertes et ouvertes, elle a été réalisée au cours du premier semestre 2021 auprès d'éleveurs localisés dans toute la France. L'identification des éleveurs s'est faite grâce à l'appui des réseaux techniques caprins ainsi que des éleveurs eux-mêmes. 40 éleveurs dont tout ou partie des chevrettes étaient élevées sous les mères depuis au moins 1 an ont été enquêtés ainsi que 4 éleveurs ayant arrêté la pratique.

2. RESULTATS

Les éleveurs enquêtés se répartissent dans 10 régions. 40 % d'entre eux ont moins de 40 ans et 32,5 % se sont installés après 2016. 72,5 % ne sont pas issus du milieu agricole. Le système type fromager est le plus représenté (82,5 %). Un peu plus de la moitié des élevages est labellisée AB. Le nombre médian de chèvres par élevage est de 62 (12-500). Dans 45 % des élevages, seules des races locales sont élevées (Poitevine, Corse…). Dans tous les élevages les chèvres ont accès à l'extérieur

55 % des éleveurs sont passés de l'allaitement artificiel (AA) à l'allaitement maternel (AM). 40 % des éleveurs élèvent les chevrettes sous les mères depuis moins de 3 ans. Les motivations citées par plus de 20 % des éleveurs pour expliquer ce choix sont : 1) l'éthique, les valeurs personnelles, un élevage jugé plus naturel, 2) le souhait de créer un lien entre la mère et le jeune, favoriser l'apprentissage et l'intégration, 3) un souhait de gain de temps et/ou de confort de travail et l'espérance d'impacts positifs sur 4) la croissance des chevrettes le bien-être la santé des animaux. La majorité (72,5 %) des éleveurs a indiqué ne pas avoir eu de craintes au moment de la mise en place de la pratique.

Les élevages se distinguent entre eux par la durée d'allaitement des chevrettes par les chèvres. 32,5 % des éleveurs sèvrent les chevrettes à 75 jours ou avant, 32,5 % les sèvrent entre 75 et 150 jours inclus et 35 % les sèvrent après 150 jours ou le sevrage est fait par les mères. Pour chaque situation, le temps de contact journalier et total des chevrettes avec les chèvres varie de façon importante. Dans 72,5 % des élevages, les chevrettes sortent à l'extérieur avec les chèvres. 97,5 % des éleveurs traient les chèvres qui allaitent les chevrettes, et parmi eux, 77 % commencent à traire pendant la première semaine qui suit les mise-bas. Parmi les éleveurs élevant les chevrettes sous les mères depuis plus de 3 ans (60 %), un éleveur a relevé une augmentation des signes cliniques au cours du temps (un peu plus de la moitié de ces éleveurs observe des signes cliniques de CAEV sur les chèvres).

Les bénéfices observés par plus de 40 % des éleveurs sont : le plaisir, moins de stress, un gain de temps et/ou de confort de travail, la meilleure entente dans le troupeau, le bien-être des chèvres et des chevrettes et une meilleure santé et croissance des chevrettes. Néanmoins, environ 20 % des éleveurs évoquent les inconvénients suivants : les chevrettes sont plus farouches, le temps pour manipuler les animaux peut être plus long et une baisse de la quantité de lait récoltée est ressentie. Ces résultats provenant de réponses à des questions ouvertes, les baisses de quantité de lait évoquées n'ont pas été quantifiées.

3. DISCUSSION

Les éleveurs ayant mis en place cette pratique sont un peu plus jeunes, avec des plus petits troupeaux par rapport aux chiffres nationaux, et majoritairement orientés vers la transformation (GEB, 2021). De nombreux bénéfices sont observés par les éleveurs. En comparant l'AA et l'AM, des bénéfices comportementaux sont également observés par Toinon *et al*. (2021). Delgado-Pertinez *et al*. (2009) ont observé que les croissances restent équivalentes entre l'AM et l'AA alors que Torres *et al*. (2021) confirment le ressenti des éleveurs. La majorité des éleveurs n'a pas vu d'évolution de signes cliniques liés au CAEV, mais un des quatre éleveurs enquêtés ayant arrêté la pratique l'a fait en raison du CAEV. Adams *et al.* (1983) ont observé une séroconversion de 77 % des chevrettes lorsqu'elles sont élevées sous des mères séropositives. Une vigilance est à porter sur ce point.

CONCLUSION

Les conduites d'allaitement des chevrettes sont très diversifiées. Les bénéfices observés semblent répondre aux motivations qui ont poussées les éleveurs à mettre en place la pratique. Il est possible que ces pratiques se multiplient notamment en agriculture biologique. D'autres enquêtes et expérimentations en fermes doivent être menées afin d'avoir une vision plus large de ces pratiques et de leurs impacts.

Les auteurs remercient le CIVAM Haut-Bocage, l'ensemble des éleveurs ayant participé à l'enquête et des réseaux techniques ayant permis sa diffusion ainsi que la région Nouvelle-Aquitaine pour son support financier.

Adams, D. S. et al., 1983. Am J Vet Res., 44, 1670-1675
Delgado-Pertinez, M. et al., 2009. Small Rumin. Res., 81, 105-111
GEB Caprins 2021.
Toinon, C. et al. 2021. Phys & Beh., 239, 113494
Torres, A. et al. 2021. Small Rumin. Res. 204, 106518

Élevage et changement climatique

Emission de methane enterique en saison seche froide chez les zebus peulh soudaniens en afrique de l'ouest

GBENOU G. X. (1.2.3.5), ASSOUMA M. H. (2.4), ZAMPALIGRE N. (1), BOIS B. (3), KIENDREBEOGO T. (1), MARTIN C. (6), SANOGO S. (4), BASTIANELLI D. (3), DOSSA L. H. (5)

(1) CNRST, INERA, Station de Farako-Ba, 01 BP 910 Bobo-Dioulasso 01, Burkina Faso

(2) CIRAD, UMR SELMET, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso

(3) SELMET, Université de Montpellier, CIRAD, INRAE, Institut Agro, Montpellier, France

(4) CIRDES, Centre International de Recherche Développement sur l'Elevage en zone Subhumide, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso

(5) FSA-UAC, Cotonou, Bénin

(6) INRAE, VetAgro Sup, UMR 1213 Herbivores, 63122 Saint Genès-Champanelle, France

RESUME - En Afrique, les ruminants contribuent fortement aux émissions de gaz à effet de serre comme le méthane entérique (eCH_4). Quelques modèles d'estimation de eCH_4 ont été développés en zone tropicale. Cependant aucune mesure directe des émissions de eCH_4 chez les bovins n'a été faite et rapportée en Afrique de l'Ouest. L'objectif de la présente étude est d'évaluer *in vivo* les émissions de eCH_4 chez les zébus peulh soudaniens pendant la saison sèche froide (novembre 2021 - février 2022). Pour ce faire, 10 taurillons âgés de 27±1,87 mois et d'un poids vif (PV) 138,82±15,23 kg (i.e. 0,56 Unité Bétail Tropical - UBT) ont été utilisée pour des mesures directes au GreenFeed au CIRDES (Burkina Faso). Les mesures des émissions de eCH_4 ont été couplées à celles d'ingestion basée sur deux niveaux d'herbe de parcours naturel offerts : 3,5 % et 2,5 % du PV pendant quatre semaines. Les émissions moyennes de eCH_4 et de consommation volontaire d'herbe ont été comparées entre les niveaux d'offert en herbe en utilisant le test t apparié de Student (seuil de significativité, 5 %). Les résultats montrent qu'aucune différence significative (p=0,10) n'a été observée entre les quantités moyennes journalières de matière sèche ingérée volontairement (MSiV) entre les deux niveaux d'offerts. La variation de l'offre en herbe n'a induit aucune différence significative pour le eCH_4 en g/kg MSiV (p=0,72) et en g/kg $P^{0,75}$ (p=0,61). Le niveau d'ingestion et les émissions de eCH_4 sont restés constants pendant la saison. Ce travail se poursuivra pendant les saisons sèche chaude et pluvieuse, pour prendre en compte la variabilité saisonnière de la qualité des ressources fourragères des parcours naturels dans les systèmes d'élevage pastoraux en Afrique de l'Ouest.

Emission of enteric methane in cold dry season in sudanians peulh zebus in west africa

GBENOU G. X. (1.2.3.5), ASSOUMA M. H. (2.4), ZAMPALIGRE N. (1), BOIS B. (3), KIENDREBEOGO T. (1), MARTIN C. (6), SANOGO S. (4), BASTIANELLI D. (3), DOSSA L. H. (5)

(1) CNRST, INERA, Station of Farako-Ba, 01 BP 910 Bobo-Dioulasso 01, Burkina Faso

SUMMERY - In Africa, ruminants contribute strongly to the greenhouse gas emissions such as enteric methane (eCH4). A few models for estimating eCH_4 have been developed in the tropics. However, no direct measurement of eCH_4 emissions in cattle has been made and reported in West Africa. The objective of the present study is to evaluate *in vivo* eCH_4 emissions in Sudanese Peulh Zebu during the cold dry season (November 2021 - February 2022). For this purpose, 10 steers aged 27±1.87 months with a live weight (LW) of 138.82±15.23 kg (i.e. 0.56 Tropical Livestock Unit - TLU) were used for direct measurements with the GreenFeed at CIRDES (Burkina Faso). Measurements of eCH_4 emissions were coupled with those of ingestion based on two levels of rangeland forage supply: 3.5% and 2.5% of LW for four weeks. Mean eCH4 and voluntary forage intake emissions were compared between forage supply levels using Student's paired t-test (significance level, 5%). The results show that no significant difference (p=0.10) was observed between the average daily amounts of voluntary dry matter intake (VDMI) between the two levels of supply. Variation in grass supply induced no significant difference for eCH4 in g/kg MSiV (p=0.72) and in g/kg P0.75 (p=0.61). The level of ingestion and eCH_4 emissions remained constant over the season. This work will be continued during the hot dry and rainy seasons to account for seasonal variability in the quality of rangeland forage resources in pastoral livestock systems in West Africa.

INTRODUCTION

Les préoccupations environnementales liées en particulier aux Gaz à Effet de Serre (GES) sont désormais au centre de la réflexion sur le développement de l'élevage (Dumont et al., 2016). L'élevage exerce une influence négative sur le climat à travers l'émission de GES dont les principaux sont le dioxyde de carbone (CO_2), le méthane (CH_4) et le protoxyde d'azote (N_2O) (Turini, 2015).

La contribution du secteur de l'élevage aux émissions mondiales de GES s'élève à 14,5%. Les systèmes extensifs sont indexés comme ayant les plus fortes intensités d'émissions lorsqu'on ramène le total des émissions de GES aux unités de produits (Assouma et al., 2019). En Afrique subsaharienne, les émissions de méthane entérique représentent 25% des émissions totales. Cette part est supérieure à la moyenne mondiale estimée à 16% (Gerber, 2013). Malgré cette grande contribution à ces émissions, aucune mesure directe des émissions de CH_4 chez les ruminants et en particulier chez les bovins en Afrique de l'Ouest n'a été documentée. Aussi, les estimations par application des modèles sont difficiles à cause de la diversité et la saisonnalité des ressources et de la mobilité des troupeaux.

La présente étude a pour objectif de mesurer *in vivo* les émissions de CH_4 chez les Zébus Peulh soudaniens en saison sèche froide à l'aide du système GreenFeed (GF) pour produire les références locales tenant compte des spécificités de ces systèmes d'élevage et contribuer à l'amélioration des modèles d'estimation indirecte.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. MILIEU D'ETUDE

Les expériences furent réalisées en station au Sud du Burkina-Faso à la station du Centre International de Recherche-Développement sur l'Elevage en zone Subhumide (CIRDES). L'étable destinée à l'expérimentation était repartie en boxes individuels et un d'une aire pour accueillir le GF. Cette station est sous l'influence d'un climat caractérisé par la succession de deux principales saisons : la saison sèche (novembre à mai) et la saison pluvieuse (juin à octobre). La pluviosité moyenne annuelle est de (1150 ± 150) mm (Ibrahim et al., 2011). L'étude a eu lieu en saison sèche froide (novembre 2021 – février 2022).

1.2. MATERIEL

Le matériel animal était constitué de 10 taurillons de race zébu peuhl soudanien âgés de 27±1,87 mois en moyenne, d'un poids vif (PV) moyen de 138,82±15,23 kg (i.e. 0,56 Unité de Bétail Tropical : 250 kg PV-UBT), de hauteur au garrot 106,75±4,44 cm, de périmètre thoracique 118,7±4,35 cm et de longueur scapulo-ischiale 109,65±4,05 cm. Chaque taurillon a été identifié d'un numéro électronique inscrit sur boucle, reconnaissable et enregistré automatiquement par le système GF en présence de l'animal. Tous les animaux furent vaccinés contre la trypanosomiase, la pasteurellose, le charbon symptomatique et la péripneumonie contagieuse. Ils avaient également fait l'objet de déparasitages interne et externe. Des soins leur avaient été apportés en cas de maladies.

L'aliment utilisé pour nourrir les animaux était de l'herbe sèche de parcours naturel récoltée juste à la fin du cycle végétatif sous forme de paille. Les animaux disposaient *ad libitum* d'eau et de pierre à lécher.

Le matériel technique utilisé était constitué d'un système GF pour la mesure du méthane entérique ; des culottes pour la collecte des matières fécales totales excrétées ; des balances pour la pesée du fourrage ; d'un appareil photo pour la prise de vue ; et des fiches de collecte de données.

1.3. METHODES

Deux niveaux d'herbes offertes, 3,5 % du PV (traitement ING3,5) et 2,5 % du PV (traitement ING2,5) en matière brute (MB) ont été testés. L'expérimentation a duré quatre semaines : deux semaines d'adaptation à l'aliment et au dispositif GF (ID : 252, C-Lock, SD, USA), une semaine de mesures d'ingestion et de CH_4 pour ING3,5 puis une semaine de mesures d'ingestion et de eCH_4 pour ING2,5. Les mesures ont été réalisées en conduisant chaque animal au GF à 6h 30, 10h, 14h et 18h durant la semaine de test. Une mesure additionnelle de nuit à 00h a été ajoutée le 7ème jour. Le poids, le périmètre thoracique, la hauteur au garrot et la longueur scapulo-ischiale des animaux étaient pris au début et à la fin de chaque semaine de mesure. La totalité des fèces était récupérée chaque jour au moyen des culottes qui étaient portées aux animaux et vidées deux fois par jour.

Pour des besoins de la composition chimique des fourrages servis et refusés et des fèces, des échantillons de ces matières étaient prélevés, séchés préalablement à l'étuve à 65°C pendant 72h en vue de déterminer les teneurs en matière sèche (MS).

1.4. ANALYSES STATISTIQUES

Les données collectées furent analysées avec le logiciel R version 4.1.2 (2021-11-01). Elles ont été soumises au test de normalité et d'homogénéité de la variance. Le test t de Student à deux échantillons appariés a été fait au seuil de 5 % pour comparer les MSIV, les dMS et les eCH_4.

2. RESULTATS

2.1. INGESTION VOLONTAIRE ET EXCRETION

Le tableau 1 présente selon les différents niveaux d'offerts, l'ingestion de l'herbe sèche de parcours naturels. L'ingestion volontaire journalière de matière sèche était de 2,89±0,30 kg/animal ; 20,83±1,58 g/kg PV et 71,46±4,82 g MS/kg $PV^{0,75}$ dans le traitement ING3,5. Pour le traitement ING2,5, elle était de 2,65±0,31 kg/animal ; 19,06±1,11 g/kg PV et 65,46±3,82 g MS/kg $PV^{0,75}$. Les fèces excrétées vont de 11,87±1,01 à 11,16±0,70 g MS/kg PV. L'ingestion volontaire en g MS/kg PV a présenté de différence très significative entre les deux traitements. Il en est de même pour l'ingestion volontaire en g MS/kg $PV^{0,75}$. Mais ce n'est pas le cas pour les fèces excrétées et les digestibilités de la matière sèche entre les traitements.

2.2. EMISSION DE METHANE ENTERIQUE

L'analyse du tableau 2 révèle qu'aucune différence significative n'est observée entre les quantités de méthane entérique engendrées par les différents niveaux d'herbes offertes. Les émissions variaient respectivement entre 97,74±19,77 et 93,94±23,20 g/j/animal ; soit entre 0,7±0,12 et 0,67±0,14 g/kg PV ; entre 2,4±0,42 et 2,3±0,50 g/kg $PV^{0,75}$; entre 34,24±6,31 et 35,36±7,52 g/kg MSIV ; et entre 55,27±10,94 et 52,87±13,06 kg/UBT/an pour les traitements ING3,5 et ING2,5.

3. DISCUSSIONS

Dans cette étude, les taurillons avaient ingéré volontairement 19,9±1,58 g MS/kg PV en moyenne. Ce niveau d'ingestion est supérieur à la valeur de 8,8 g MS/kg PV rapportée par Uribe et al. (2019) . Ces auteurs avaient conduit leur étude en zone tropicale sur des taurillons Brahman de 220 kg de poids vif

alimentés avec *Urochloa hybrid* cv. Cayman (protéine brute : 44,5 g/kg MS ; NDF : 709,8 g/kg MS ; ADF : 414,2 g/kg MS ; digestibilité de MS : 511 g/kg). Cette valeur est très inférieure à la-nôtre malgré que nos animaux pèsent moins que les-leur. La différence constatée peut être expliquée par l'âge, la nature, le type, la qualité et la quantité du fourrage offert.

La présente étude rapporte 0,68±0,12 g eCH_4/kg PV, valeur similaire à celle obtenue par De Andrade et al. (2014) sur les zébus de 213 kg ± 8,9, âgés de 11 mois. Ces auteurs ont également rapporté une valeur d'émission de 22,9 g eCH_4/kg de MSIV moins élevée que celle de 60,39 g eCH_4/kg MSIV obtenue par Uribe et al. (2019). Les taurillons utilisés dans la présente étude ont ingéré moins mais ont affiché un rendement méthane plus élevé (34,8 g eCH_4/kg MSIV en moyenne) que ceux utilisés dans l'étude de De Andrade et al. (2014). Notre valeur trouvée est inférieure à celle de Uribe et al. (2019). Ces mêmes auteurs ont rapporté 1,71 g eCH_4/kg$P^{0,75}$ de méthane, valeur inférieure à la-nôtre (2,35 g/kg $P^{0,75}$). Comparativement à ces auteurs, nos animaux ont un faible rendement méthane en g/kg MSIV mais un fort rendement méthane en g/kg$P^{0,75}$. L'âge et le poids des animaux, la nature, le type et la quantité ingérée du fourrage peuvent expliquer ces différences.

CONCLUSION

Les quantités de fourrage offertes aux animaux influencent directement le rendement du niveau d'ingestion (g MSI/kg PV). Les émissions de méthane entérique par les zébus restent constantes pendant la saison sèche froide. Il n'y a pas eu de variation intra-individuelle entre les émissions journalières. Sur parcours, le gradient de valeur de la ressource diminue de la saison pluvieuse à la saison sèche chaude. Cela peut induire des variations significatives des émissions de méthane entre saisons. Ce travail se poursuivra pendant les saisons sèche chaude et pluvieuse, afin de faire un calcul global sur une année.

Les auteurs remercient le Projet financé par l'UE, CaSSECS (Séquestration de carbone et émissions de gaz à effet de serre dans les écosystèmes (agro) sylvopastoraux des États sahéliens du CILSS), pour l'appui à ce travail.

Assouma, M.H., Lecomte, P., Corniaux, C., Hiernaux, P., Ickowicz, A., Vayssières, J., 2019. Livestock Science 1–4. https://doi.org/10.19182/agritrop/00082

De Andrade, E.A., Ribeiro-Filho, H.M.N., De Liz, D.M., Almeida, J.G.R., Miguel, M.F., Raupp, G.T., Ramos, F.R., Almeida, E.X., 2014. Trop Grass - Forr Trop 2, 4. https://doi.org/10.17138/TGFT(2)4-5

Dumont, B., Dupraz, P., Aubin, J., Benoit, M., Bouamra-Mechemache, Z., Chatellier, V., Delaby, L., Delfosse, C., Dourmat, J.Y., Frappier, L., Friant-Perrot, M., Gaigné, C., Girard, A., Guichet, J.L., Havlik, P., Hostiou, N., Huguenin-Elie, O., Klumpp, K., Langlais, A., Lemauviel-Lavenant, S., Le Perchec, S., Lepiller, O., Méda, B., Ryschawy, J., Sabatier, R., Veissier, Verrier, E., Vollet, D., Savini, I., Hercule, J., Donnars, C., 2016. INRA (France).

Gerber, P.J., 2013. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 139p.

Ibrahim, B., Karambiri, H., Polcher, J., 2011. Hydro-climatology: Variability and Change 344, 82–86p.

Turini, T., 2015. Viandes, sciences et sociétés, 52p.

Uribe, X.G., Vergara, D.M.B., Chirinda, N., Arango, J., Rosales, R.B., 2019. TROPENTAG 2019 1.

Variables	ING3,5 (n = 214)				ING2,5 (n = 196)				p value
	Min	Max	Moy	sd	Min	Max	Moy	sd	
MSIV (kg)	2,23	3,27	2,89	0,30	2,10	3,10	2,65	0,31	0,10
MSIV (g/kg PV)	17,60	22,92	20,83	1,58	17,13	20,66	19,06	1,11	0,008
MSIV (g/kg $PV^{0,75}$)	59,10	75,97	71,46	4,82	57,04	71,13	65,46	3,94	0,006
Fèces (g MS/kg PV)	10,56	13,81	11,87	1,01	10,30	12,41	11,16	0,70	0,08
dMS	0,39	0,47	0,42	0,02	0,38	0,46	0,41	0,02	0,61

Tableau 1 : Ingestion volontaire de l'herbe sèche de parcours naturels par les taurillons zébus peuhl soudaniens en saison sèche froide

ING3,5 : 3,5% de poids vif en matière brute offert ; ING2,5 : 2,5% de poids vif en matière brute offert ; MS : matière sèche ; MSIV : matière sèche ingérée volontairement ; PV : poids vif ; dMS : digestibilité de la matière sèche

Variables	ING3,5 (n = 214)				ING2,5 (n = 196)				p value
	Min	Max	Moy	sd	Min	Max	Moy	sd	
eCH_4 (g/j)	61,71	121,68	97,74	19,77	45,17	123,54	93,94	23,20	0,69
eCH_4 (g/kg PV)	0,42	0,83	0,70	0,12	0,38	0,92	0,67	0,14	0,60
eCH_4 (g/kg $PV^{0,75}$)	1,47	2,91	2,40	0,42	1,25	3,18	2,30	0,50	0,61
eCH_4 (g/kg MSIV)	20,19	41,1	34,24	6,31	18,63	44,74	35,36	7,52	0,72
eCH_4 (kg/UBT/an)	38,78	76,57	64,03	10,94	34,75	84,43	61,16	13,06	0,61

Tableau 2 : Emissions de méthane entérique par les taurillons zébus peuhl soudaniens en saison sèche froide

ING3,5 : 3,5% de poids vif en matière brute offert ; ING2,5 : 2,5% de poids vif en matière brute offert ; CH_4 : méthane entérique ; PV : poids vif ; $P^{0,75}$: poids métabolique ; MS : matière sèche ; MSIV : matière sèche ingérée volontairement ; UBT : Unité de bétail tropical

Optimisation de l'utilisation des spectres moyen infrarouge du lait de vache pour prédire les émissions de méthane entérique mesurées par le système GreenFeed

COPPA M. (1), VANLIERDE A. (2), BOUCHON M. (3), JURQUET J. (4), MUSATI M. (5, 6), DEHARENG F. (2), MARTIN C. (6)
(1) Chercheur Indépendant, Université Clermont Auvergne, INRAE, VetAgro Sup, UMR 1213 Herbivores, F-63122 Saint-Genès-Champanelle, France
(2) Walloon Agricultural Research Centre, B-5030 Gembloux, Belgium
(3) INRAE, UE1414 Herbipôle, 63122 Saint-Genès-Champanelle, France
(4) Institut de l'Elevage, 49071 Beaucouzé cedex, France
(5) Department Di3A, University of Catania, 95123 Catania, Italy
(6) Université Clermont Auvergne, INRAE, VetAgro Sup, UMR 1213 Herbivores, F-63122 Saint-Genès-Champanelle, France

RESUME
Différents protocoles de traitement des données ont été testés pour optimiser la prédiction des émissions de méthane entérique (CH_4) mesurées avec le système GreenFeed (GF), par la spectroscopie moyen infrarouge (MIR) du lait de vache. La production laitière individuelle (PL) et la PL corrigée en matières grasses et protéiques (PLcor) ont été enregistrées quotidiennement sur 115 vaches Holstein nourries avec des rations présentant différents potentiels méthanogènes. Des échantillons de lait quotidien ont été collectés deux fois par semaine pour l'obtention des spectres MIR. Vingt mesures ponctuelles et consécutives de CH_4 au GF ont été prises comme unité de mesure de base (UMB) des émissions quotidiennes moyennes de CH_4 (g/j). Les équations de régressions ont été calibrées et validées sur 2 jeux de données indépendantes. Les modèles basés sur les spectres quotidiens ont été calibrés en utilisant des données de référence du CH_4 pour une durée de mesure de 1, 2, 3 ou 4 UMB. Des modèles construits à partir de la moyenne des spectres journaliers collectés pendant les périodes correspondantes de mesure du CH_4 ont également été développés. La correction des spectres par le stade de lactation (SL) et l'inclusion de la parité, PL et PLcor comme variables explicatives a été testée. L'allongement de la durée de la période de mesure du CH_4 au GF améliore les performances des équations de prédiction : le R^2 de validation (R^2V) pour le CH_4 en g/j passe ainsi de 0,52 à 0,60 de 1 à 4 UMB. La moyenne des spectres MIR du lait collecté tout au long de la période correspondante de mesure du CH_4 a donné une meilleure prédiction que l'utilisation d'un seul spectre quotidien (R^2V = 0,70 vs 0,60 pour le CH_4 en g/j sur 4 UMB). La correction des spectres quotidiens du SL a amélioré le R^2V par rapport aux modèles équivalents non corrigés (R^2V = 0,67 vs 0,60 pour le CH_4 en g/j sur 4 UMB). L'ajout d'autres informations phénotypiques n'a pas amélioré les performances des modèles construits sur les spectres quotidiens corrigés du SL. L'inclusion de la PL a amélioré les performances des modèles construits sur la moyenne des spectres (non corrigés du SL) enregistrés au cours de la période de mesure du CH_4 (R^2V = 0,73 vs 0,70 pour le CH_4 en g/j sur 4 UMB).

Optimal use of milk mid-infrared spectra to predict enteric methane emission measured by GreenFeed system

COPPA M. (1), VANLIERDE A. (2), BOUCHON M. (3), JURQUET J. (4), MUSATI M. (5, 6), DEHARENG F. (2), MARTIN C. (6)
(1) Independent Researcher, Université Clermont Auvergne, INRAE, VetAgro Sup, UMR 1213 Herbivores, F-63122 Saint-Genès-Champanelle, France

SUMMARY
Different protocols for data processing have been tested to optimize the prediction of enteric methane (CH_4) emissions measured with GreenFeed (GF) system, by mid-infrared spectroscopy (MIR) on cow milk. Individual milk yield (MY) and fat and protein corrected milk (FPCM) were recorded daily on 115 Holstein cows fed diets with different methanogenic potentials. Day milk samples were analysed twice a week for MIR spectra collection. Twenty consecutive spot measurements of CH_4 emissions at GF were taken as the basic measurement unit (BMU) of the average daily CH_4 emissions (g/d). The regressions equations were calibrated and validated using 2 independent datasets. Models based on day spectra were calibrated using CH_4 reference data for a measurement duration of 1, 2, 3 or 4 BMU. Models built from the average of the day spectra collected during the periods of measurement of the corresponding CH_4 emissions have also been developed. The correction of the spectra by lactation stage (DIM) and the inclusion of parity, MY and FPCM as explanatory variables were tested. Extending the duration of the CH_4 emissions measurement with GF improves the performance of the prediction equations: the validation R^2 (R^2V) for CH_4 emissions in g/d raised from 0.52 to 0.60 from 1 to 4 UMB. Averaging milk MIR spectra collected throughout the corresponding CH_4 measurement period gave better predictions than using single day spectra (R^2V = 0.70 vs 0.60 for CH_4 in g/d on 4 BMU). Correcting day spectra by DIM improved the R^2V compared to the equivalent DIM-uncorrected models (R^2V = 0.67 vs 0.60 for CH_4 in g/d for 4 BMU). Adding other phenotypic information did not improve the performance of models built on day DIM-corrected spectra. The inclusion of the MY improved the performance of the models built on the average of the DIM-uncorrected spectra recorded during the period of CH_4 measurement (R^2V = 0.73 vs 0.70 for CH_4 in g/d on 4 BMU).

INTRODUCTION

Parmi les différentes techniques de mesure des émissions de méthane entérique (CH_4), le système GreenFeed (GF ; C-Lock Inc., Rapid City, SD, USA) apparaît comme le plus approprié pour une application dans les élevages commerciaux, mais son utilisation à grande échelle reste encore difficile à acter. Des proxys pour prédire les émissions de CH_4 sur le terrain sont donc nécessaires. Entre autres, la spectroscopie infrarouge moyen (MIR) sur le lait a été identifiée comme prometteuse (Vanlierde et al., 2020). Le GF permet d'estimer les émissions quotidiennes moyennes de CH_4 sur une période de durée variable à partir d'échantillons ponctuels de gaz expirés prélevés lorsque les animaux visitent le système GF. Des études ont été menées pour optimiser la gestion des données GF afin d'obtenir une estimation représentative et reproductible du CH_4 (Coppa et al., 2021). Par contre, la meilleure façon d'aligner les données CH_4 aux spectres MIR du lait pour construire avec succès des équations de prédiction du CH_4 n'est pas connue. Aucune recherche n'a identifié le nombre de spectres qu'il est préférable d'associer à une donnée CH_4 moyenne mesurée au GF sur plusieurs jours (spectres quotidiens, ou spectres moyens pendant la période correspondante de mesure au GF). Enfin, l'effet de variables phénotypiques (stade de lactation (SL), parité, production laitière (PL)) sur les performances des modèles de prédiction MIR, basées sur des données GF n'est pas connu.

L'objectif de ce travail était de tester différents protocoles méthodologiques, à la fois en termes de données GF et de spectres MIR du lait afin d'identifier la meilleure approche pour prédire les émissions de CH_4 mesurées avec le système GF à partir des spectres MIR du lait de vache.

1. MATERIEL ET METHODES

La PL individuelle et la PL corrigée en matières grasses et protéiques (PLcor) ont été enregistrées quotidiennement sur 115 vaches Holstein nourries avec des rations présentant différents potentiels méthanogènes, en s'appuyant sur plusieurs expérimentations ayant utilisées les mêmes unités GreenFeed (GF 33 et GF 34, UMRH INRAE) de répétabilité et reproductibilité connues (Coppa et al., 2021).Des échantillons de lait quotidien (traites matin + soir) ont été collectés deux fois par semaine (selon le calendrier des analyses en routine du contrôle laitier) pour l'obtention des spectres MIR. Un minimum de vingt mesures ponctuelles et consécutives de CH_4 au GF a été pris comme unité de mesure de base (UMB) des émissions quotidiennes moyenne de CH_4 (g/j). Les équations, développées par régression *Partial Least Square* (PLS), ont été calibrées et validées sur 2 jeux de données indépendantes, en sélectionnant 2 groupes d'animaux homogènes pour leurs émissions de CH_4 et paramètres zootechniques au sein de chaque régime alimentaire. Les modèles basés sur les spectres quotidiens ont été calibrés en utilisant des données de référence du CH_4 de 1, 2, 3 ou 4 UMB, correspondant à un minimum de 20, 40, 60 et 80 mesures ponctuelles de CH_4, respectivement. Des modèles construits à partir de la moyenne des spectres journaliers collectés pendant les périodes correspondantes de mesure du CH_4 ont également été développés. La correction des spectres par le SL, la parité, PL et PLcor comme variables explicatives ont été testées sur les spectres corrigés par le SL ou non corrigés.

2. RESULTATS

L'allongement de la période de mesure du CH_4 au GF améliore le R^2 de validation (R^2V) pour le CH_4 en g/j qui varie de 0,52 à 0,60 de 1 à 4 UMB. Les erreurs standard de prédiction corrigées par le biais (SEPC) restent cependant équivalentes passant de 61.7 à 61.4 g/j (Tableau 1). La moyenne des spectres MIR de laits collectés sur la période correspondante de mesure du CH_4 a donné une équation présentant de meilleures performances de prédiction que lorsqu'un seul spectre quotidien était considéré (R^2V = 0,70 vs 0,6 ; SEPC = 53.1 vs 63.4 g/j ; pente 1.25 vs 1.34 pour le CH_4 sur 4 UMB ; Tableau 2). La correction des spectres quotidiens par le SL a amélioré le R^2V par rapport aux modèles équivalents non corrigés (R^2V = 0,67 vs 0,60 pour le CH_4 en g/j sur 4 UMB ; Tableau 3) et réduit les SEPC (SEPC min 52.2 vs 61.4 g/j). Lorsque les spectres ont été moyennés pendant une durée de mesure de CH_4 de 3 ou 4 UMB, les R^2V étaient plus élevés pour le modèle utilisant des spectres non corrigés du SL par rapport aux spectres corrigés (0,66 vs 0,62 et 0,70 vs 0,68, pour 3 ou 4 UMB, respectivement; Tableau 3). L'ajout d'autres informations phénotypiques n'a pas amélioré les performances des modèles construits sur les spectres quotidiens corrigés du SL (Tableau 4). L'inclusion de la parité a amélioré les performances des modèles construits sur la moyenne des spectres (non corrigés du SL) enregistrés au cours de la période de mesure du CH_4 (R^2V = 0,73 vs 0,70 ; SEPC < 50 vs >52 g/j pour le CH_4 sur 4 UMB ; Tableau 4).

3. DISCUSSION

L'amélioration des performances du modèle lors de l'augmentation de la durée de mesure du CH_4 peut être due à l'augmentation parallèle de la répétabilité de la mesure du CH_4 au GF lorsque le nombre de mesures ponctuelles augmente (Coppa et al., 2021). Comme la mesure de CH_4 au GF exprime une estimation des émissions journalières moyennes pendant la période de mesure, la moyenne des spectres du lait peut réduire la variation quotidienne de la composition du lait et fournir une meilleure correspondance avec les données moyennes de CH_4. Les meilleures performances des modèles, lorsque la correction du SL est appliquée aux spectres journaliers, peuvent provenir d'une moindre influence du SL sur les résidus (Vanlierde et al., 2020). La correction SL des spectres moyennés pendant une période de mesure de CH_4 a amélioré les performances du modèle uniquement sur des courtes durées. Cela n'est pas surprenant, car sur des périodes longues, plusieurs facteurs externes et la variation de l'état physiologique de l'animal peuvent interférer, réduisant l'importance du SL comme facteur explicatif. La perte de performance des modèles basés sur les spectres journaliers corrigés par le SL, lorsqu'on inclue la PL ou PLcor comme facteurs explicatifs supplémentaires, suggère une partielle redondance d'information entre SL et PL. Shetty et al. (2017) ont ajouté au spectre MIR la PL, le SL et la parité comme variables explicatives supplémentaires pour améliorer les modèles développés à partir des mesures CH_4 réalisées au « sniffer » ; ils ont obtenu de modestes résultats. Une amélioration des performances a été montrée par Vanlierde et al. (2020), sur des modèles développés à partir des données CH_4 mesurées avec la méthode des enceintes respiratoires et du gaz traceur SF_6, en rajoutant la PL et la parité sur des spectres corrigés par le SL. En revanche dans notre étude, les performances de prédiction ont été améliorées en utilisant la moyenne des spectres journaliers non corrigée du SL pour une durée de mesure du CH_4 de 4 UMB et incluant la parité, PL, ou Plcor. Ces résultats suggèrent que le SL serait très informatif lors de la mesure des spectres et des émissions de CH_4 au jour le jour, en particulier en début de lactation (Vanlierde et al., 2020), alors que la parité, le PL ou le PLcor peuvent être plus informatifs que le SL lorsque les spectres sont moyennés sur une durée plus longue.

CONCLUSION

Une longue durée de mesure du CH_4 au GF est utile pour optimiser les performances prédictives des spectres MIR du lait. Il est préférable de moyenner plusieurs spectres collectés tout au long de la période de mesure du CH_4 au GF pour améliorer les prédictions. Si un seul spectre journalier est disponible, la correction des spectres journaliers par le SL permet d'augmenter les performances du modèle. L'ajout d'informations phénotypiques en tant que variables explicatives supplémentaires n'a pas amélioré davantage les performances des modèles construits sur des spectres

quotidiens corrigés du SL. D'autre part, les meilleures performances prédictives ont été obtenues en ajoutant la PL aux modèles construits sur la moyenne des spectres (non corrigés du SL) enregistrés pendant la période de mesure du CH_4 correspondante. Un enrichissement des populations des données de CH_4 et spectrales, en augmentant leur variabilité (par exemple en élargissant la gamme des régimes alimentaires des vaches, etc.) pourrait améliorer les performances des modèles. La race pourrait également être testée comme une variable explicative supplémentaire.

Coppa M., Jurquet J., Eugène M., Dechaux T., Rochette Y., Lamy J.M., Ferlay A., Martin C. 2021 Methods 186, 59–67.
Shetty N., Difford G., Lassen J., Løvendahl P., Buitenhuis A. J. 2017 J. Dairy Sci. 100, 9052–9060.
Vanlierde A., Dehareng F., Gengler N., Froidmont E., McParland S., Kreuzer M., Bell M., Lund P., Martin C., Kuhla B., Soyeurt H. 2020. J. Sci. Food Agric.101 (8).

Durée de mesure du CH_4[1]	Calibration[2]							Validation[3]					
	n	SEC	R^2C	SECV	R^2CV	RPDCV		n	biais	pente	SEP	SEPC	R^2V
UMB 1	334	50,1	0,58	53,9	0,51	1,43		171	-8,7	1,03	62,1	61,7	0,52
UMB 2	215	45,4	0,58	49,4	0,51	1,42		110	-14,1	1,09	64,1	62,8	0,49
UMB 3	187	49,2	0,52	52,3	0,45	1,35		94	-15,0	1,27	63,1	61,6	0,55
UMB 4	162	52,7	0,49	55,1	0,44	1,33		78	-14,3	1,34	62,7	61,4	0,60

Tableau 1 Statistiques de calibration et de validation des équations de prédiction des émissions de CH_4 entérique basées sur des spectres MIR quotidiens du lait, selon la durée de mesure du CH_4 (g/j).
[1]UMB, Unité de mesure de base = temps nécessaire pour atteindre 20 mesures ponctuelles de CH_4 par le système GreenFeed.
[2]n, nombre d'échantillons inclus dans le jeu de calibration ; SEC, erreur standard pour la calibration ; R^2C, coefficient de détermination pour la calibration ; SECV, erreur standard pour la validation croisée ; RPD, le rapport de l'écart type des données de référence à la SECV ; R^2CV, coefficient de détermination pour la validation croisée.
[3]SEP, erreur standard de prédiction en validation ; SEPC, SEP corrigé du biais ; R^2V, coefficient de détermination en validation :

Durée de mesure du CH_4[1]	Calibration[2]							Validation[3]					
	n	SEC	R^2C	SECV	R^2CV	RPDCV		n	biais	pente	SEP	SEPC	R^2V
UMB 1	335	49,8	0,58	53,8	0,51	1,43		171	-4,1	0,99	60,9	61,0	0,53
UMB 2	217	45,2	0,61	48,2	0,56	1,50		110	-6,8	1,04	63,4	63,3	0,48
UMB 3	187	40,6	0,68	46,4	0,58	1,55		94	-6,2	1,12	53,0	52,9	0,66
UMB 4	163	42,2	0,67	46,5	0,59	1,57		78	-7,7	1,25	53,3	53,1	0,70

Tableau 2 Statistiques de calibration et de validation des équations de prédiction des émissions de CH_4 entérique basées sur la moyenne des spectres MIR du lait collecté pendant différentes durées de mesure du CH_4 (g/j).

Durée de mesure du CH_4 [1]	Calibration[2]							Validation[3]					
	n	SEC	R^2C	SECV	R^2CV	RPDCV		n	biais	pente	SEP	SEPC	R^2V
Spectres quotidiennes corrigé par le stade de lactation													
UMB 1	340	58,5	0,44	61,0	0,39	1,28		171	-10,5	1,11	66,2	65,5	0,46
UMB 2	214	38,6	0,72	44,7	0,62	1,61		110	-7,6	1,11	56,9	56,6	0,59
UMB 3	184	37,7	0,71	44,7	0,60	1,58		94	-17,7	1,22	54,9	52,2	0,68
UMB 4	158	43,2	0,66	46,5	0,60	1,59		78	-17,5	1,31	58,8	56,5	0,67
Moyenne des spectres collectés pendant les UMB, corrigée par le stade de lactation													
UMB 1	335	50,0	0,58	55,5	0,48	1,39		171	-1,0	1,01	59,3	59,5	0,55
UMB 2	219	45,4	0,60	49,7	0,52	1,45		110	-4,2	1,09	58,2	58,3	0,56
UMB 3	196	40,2	0,68	44,2	0,62	1,62		94	-4,9	1,08	54,7	54,8	0,62
UMB 4	170	51,1	0,51	52,5	0,49	1,40		78	-9,8	1,36	56,1	55,5	0,68

Tableau 3 Statistiques de calibration et de validation des équations de prédiction des émissions de CH_4 entérique basées sur des spectres MIR quotidiens du lait ou sur la moyenne des spectres collectés pendant différentes durées de mesure du CH_4 (g/j), corrigés par le stade de lactation

Variable phénotypique [1]	Calibration[2]							Validation[3]					
	n	SEC	R^2C	SECV	R^2CV	RPDCV		n	biais	pente	SEP	SEPC	R^2V
Spectres quotidiennes corrigé par le stade de lactation vs CH_4 mesurée sur 4 UBM													
Parité	160	50,8	0,49	52,4	0,46	1,36		78	-15,1	1,46	60,0	58,4	0,67
PL	161	52,7	0,48	55,2	0,42	1,32		78	-15,6	1,31	64,0	62,5	0,58
PLcor	161	52,6	0,48	55,3	0,42	1,32		78	-15,7	1,31	64,1	62,6	0,58
Parité + PL	160	51,6	0,48	53,2	0,45	1,35		78	-15,3	1,35	63,2	61,8	0,60
Parité + PLcor	161	52,5	0,48	55,1	0,42	1,32		78	-15,8	1,31	63,2	61,6	0,59
Moyenne des spectres collectés pendant les UMB, non corrigée par le stade de lactation vs CH_4 mesurée sur 4 UMB													
Parité	158	37,6	0,72	44,7	0,61	1,60		78	-11,4	1,09	49,4	48,4	0,73
PL	160	38,5	0,72	46,0	0,60	1,59		78	-8,3	1,16	50,9	50,5	0,72
PLcor	160	38,5	0,72	46,0	0,60	1,59		78	-8,6	1,16	50,8	50,4	0,72
Parité + PL	161	38,1	0,73	46,6	0,59	1,56		78	-9,7	1,13	50,1	49,5	0,72
Parité + PLcor	161	38,1	0,73	46,6	0,59	1,56		78	-9,7	1,13	50,3	49,6	0,72

Tableau 4 Statistiques de calibration et de validation des équations de prédiction des émissions de CH_4 entérique basées sur des spectres MIR quotidiens du lait ou sur la moyenne des spectres collectés pendant différentes durées de mesure du CH_4 (g/j), et l'ajout des variables explicatives phénotypiques supplémentaires.

Effets des conditions climatiques et du chargement à l'alpage sur l'ingestion d'herbe et l'activité physique de génisses croisées

Effects of climatic conditions and stocking on grass intake and physical activity of cross-bred heifers

FAIVRE-PICON R., MOREL I., LERCH S.
Groupe de recherche Ruminants, Agroscope, 1725 Posieux, Suisse

INTRODUCTION

Le changement climatique se manifeste sous forme d'épisodes climatiques extrêmes à fréquence variable causant des variations de disponibilité et de qualité de l'herbe au pâturage (Bernabucci, 2019). L'objectif de cette étude est d'observer la réponse de génisses croisées en termes d'ingestion et d'activité physique en fonction des conditions climatiques et du taux de chargement à l'alpage.

1. MATERIEL ET METHODES

Cette étude (autorisation n°2020_45_FR) a été réalisée en juillet 2021 à l'alpage de La Frêtaz (Bullet, Suisse, 1200 m d'altitude). Elle a été conduite sur 16 génisses (290 ± 16 kg PV) issues d'un croisement entre une mère Brune Suisse et un père Angus (×An, *n*=8) ou Limousin (×Li, *n*=8) réparties dans deux troupeaux de 32 animaux (génisses et bœufs) chacun. Quatre parcs ont été utilisés dans un schéma expérimental en carré latin 2×2 composé de deux périodes consécutives (P1 et P2) d'une durée de 10 j chacune et conduites selon 2 chargements (Ch) : faible, 0,36 UGB/ha et moyen, 0,54 UGB/ha. L'ingestion individuelle a été mesurée par la technique des doubles alcanes avec $C_{32}H_{66}$ comme marqueur externe et $C_{31}H_{64}$ ou $C_{33}H_{68}$ comme marqueurs internes en prélevant 1) de l'herbe matin et soir pendant les cinq derniers jours de chaque période par la méthode des bouchées simulées, poolée par troupeau et période et 2) des fèces le matin à J+1 par rapport à l'herbe, poolés par animal et période. Les valeurs nutritives et la digestibilité ont été déterminées parallèlement. L'activité physique des animaux a été mesurée à l'aide de podomètres (ITIN+HOCH®) fixés à la patte arrière gauche. Les données ont été analysées par ANOVA à l'aide de la procédure MIXED du logiciel SAS (v9.4), avec les effets fixes période, chargement, croisement, période × chargement, chargement × croisement et l'effet aléatoire animal.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

La période P1 a été caractérisée par un fort épisode pluvieux (150 mm en 8 j sur 10; températures min = 9,6°C ; max = 14,5°C) alors que P2 était plus sèche (47 mm en 3 j sur 10; températures min = 12,4°C ; max = 18,4°C). L'herbe ingérée était de meilleure qualité nutritive en P2 avec 909 g MO, 125 g MA et 5,3 MJ NEV[1] contre 854 g MO, 124 g MA et 5,1 MJ NEV par kg MS en P1. Une augmentation moyen-ne de l'ingestion de +0,5 kg/j (P < 0,01) a été observée entre P1 et P2 (Tableau 1). Le chargement moyen a pénalisé l'ingestion uniquement en P1 avec 1 kg/j de MS en moins par rapport au chargement faible. La P2 sèche a été plus favorable à la croissance et disponibilité de l'herbe, ce qui a pu masquer l'effet du chargement sur l'ingestion (Per*Ch, P = 0,03). En P1, les digestibilités de la MS et de la MO ont été inférieures de respectivement 8,2 et 5,7 points pour le chargement moyen comparativement au faible, alors qu'en P2 des valeurs intermédiaires sont relevées (respectivement 6,6 et 4,2 points supérieures à P1 chargement moyen; Per*Ch, P < 0,001). Un effet du croisement a été observé uniquement sur l'ingestion, +0.8 kg/j supérieure (P < 0,01) chez les ×An par rapport aux ×Li, en accord avec les données du livre rouge (INRA, 2018). En P1 avec de fortes pluies, les animaux sont restés plus longtemps debout, se sont moins couchés, ont augmenté leur temps de marche et nombre de pas, en comparaison de P2 (P < 0,001). De plus, avec le chargement moyen en P1, les animaux sont restés davantage debout (P < 0,01) sans marcher plus, en comparaison du chargement faible. A contrario en P2, seuls les déplacements étaient plus nombreux avec le chargement moyen (Per*Ch, P = 0,05).

[1] Energie nette pour la production de viande (système suisse).

CONCLUSION

Pour réduire la vulnérabilité aux différences de disponibilité et qualité des fourrages liées à des évènements climatiques extrêmes au pâturage, les éleveurs disposent de différents leviers d'action. A l'échelle du troupeau, les animaux peuvent adapter leur comportement aux conditions climatiques, leur permettant de sélectionner les fourrages qu'ils vont consommer. A l'échelle du système de production, les stratégies maximisant la flexibilité d'utilisation des ressources fourragères peuvent permettre d'améliorer la résilience des systèmes.

Les auteurs remercient Mathias Amstutz et le Groupe de recherche en chimie des aliments pour animaux (Agroscope) pour leur assistance technique.

Bernabucci U., **2019**. Animal Frontiers 9, 3-5
INRA, **2018**. Editions Quae, Versailles, France. 728 p.

	Période (Per)											
	1 (Humide)		2 (Sèche)									
	Taux de Chargement (Ch)				Croisement (Cr)			*Valeurs P*				
	Faible	Moyen	Faible	Moyen	×An	×Li	SEM	Per	Ch	Cr	Per*Ch	Ch*Cr
Poids Vif (kg)	287^{bc}	281^{c}	296^{ab}	298^{a}	294	286	5,4	<0,001	<0.01	0,33	0,61	0,29
Ingestion (kg/j)[1]	6,2^{a}	5,2^{b}	5,9^{a}	6,6^{a}	6,2	5,4	0,26	<0,01	0,38	<0,01	0,03	0,07
Digestibilité (%)												
MS	69,3^{a}	61,1^{b}	66,7^{a}	68,6^{a}	67,0	65,9	1,00	0,02	<0,01	0,31	<0,001	0,97
MO	72,7^{a}	67,0^{c}	70,0^{b}	72,4^{a}	70,8	70,2	0,72	0,03	0,01	0,47	<0,001	0,37
Activité Physique (%)												
Couché	38,2^{b}	29,2^{c}	45,5^{a}	46,7^{a}	40,6	39,2	1,32	<0,001	<0,01	0,36	<0,01	0,36
Debout	52,3^{b}	61,3^{a}	47,8^{c}	45,6^{c}	51,2	52,3	1,25	<0,001	<0,01	0,41	<0,01	0,36
Marche	9,6^{a}	9,4^{a}	6,7^{c}	7,7^{b}	8,2	8,4	0,33	<0,001	0,08	0,65	0,21	0,87
Nombre de pas/j	4022^{a}	3922^{a}	2534^{c}	3111^{b}	3361	3433	132,6	<0,001	0,04	0,65	0,05	0,98

× An = croisement Angus ; × Li = croisement Limousin ;. MO = matière organique
[1]Moyenne des ingestions mesurées avec $C_{31}H_{64}$ et $C_{33}H_{68}$ comme marqueurs internes
[a-d]Les moyennes ajustées pour l'interaction période × chargement présentant une lettre distincte sont significativement différentes (P < 0,05).

Tableau 1 Poids vif, ingestion, digestibilité et activité de génisses en fonction des conditions climatiques, du chargement et du croisement

Etude de l'impact du bâtiment et de l'adaptation des éleveurs de vaches laitières en Bretagne en situation de stress thermique

Study of the impact of housing and dairy farmer's adaptation in situation of heat stress in Brittany

DUPONT L. (1), SAILLARD Y. (1), JATTIOT M. (1)
(1) INNOVAL, rue Éric Tabarly – CS 80038 – 35538 NOYAL-SUR-VILAINE Cedex

INTRODUCTION

Le stress thermique chez la vache laitière est un sujet suscitant de plus en plus d'intérêt dans un contexte de réchauffement climatique. De nombreux programmes de recherche font état d'une augmentation de la fréquence et de l'intensité des épisodes de stress thermique (Climatlait, 2020). 2 objectifs ont été définis dans le cadre de cette étude : 1) identifier des facteurs, principalement liés au bâtiment d'élevage, aggravant ou limitant l'impact du stress thermique, et 2) déterminer les leviers en termes de conduite du troupeau utilisés par les éleveurs pour limiter ces impacts.

1. MATERIEL ET METHODES

Pour répondre à ces objectifs, des enquêtes en élevages ont été réalisées en 2021. Le calcul du THI journalier (Température Humidité Index) de la station météo la plus proche de l'élevage (et à moins de 10 km), tel que défini ci-dessous permet de définir un épisode de stress thermique (THI du jour >68).

THI = (1,8 × TA + 32) – [(0,55 – 0,0055 × HR) × (1,8 × TA − 26)] (NRC, 1971), avec *TA : Température Ambiante en °C*
HR : Humidité relative en %

L'écart moyen de production par rapport aux 10 jours précédents a été calculé pour chaque jour de stress thermique, pour 65 élevages bretons (départements 22, 29, 56) en traite robotisée. Ceci a permis d'identifier les 20 élevages subissant le moins de pertes (groupe « impact faible ») et les 20 élevages en subissant le plus (groupe « impact fort ». 35 ont été enquêtés au final : réalisation d'un audit du bâtiment d'élevage, à partir du guide réalisé par Capdeville et Fagoo (2020), puis d'une interview recueillant le ressenti des éleveurs et les leviers mis en place en cas de stress thermique. 31 facteurs de risques « aggravant » et 8 facteurs « limitant » l'impact du stress thermique ont été collectés, et compilés pour obtenir 17 variables binaires (présence/absence) relatives à 9 facteurs généraux aggravants et 8 facteurs généraux améliorants.

L'impact de ces facteurs a ensuite été analysé avec le logiciel R (version 4.1.2) et son interface RStudio. Une Analyse en Composantes Multiples (ACM) a été effectuée avec le package FactoMineR.

2. RESULTATS

2.1. DESCRIPTION DE L'ECHANTILLON ENQUETE

Le tableau 1 présente les caractéristiques principales de l'échantillon enquêté.

Groupe	Nb vaches traites	Niveau de production (kg/VL)	Ecart de production (%)
Faible (n=15)	97	9340	1,3
Fort (n=17)	95	9833	-2,2
Global	97	9622	-0,5

Tableau 1 : Description de l'échantillon enquêté

Les 2 groupes sont également homogènes en ce qui concerne la présence de pâturage, le système de traite, et la race.

Ces élevages subissent en moyenne sur la période (avril à octobre) un THI de 62.

2.1. IDENTIFICATION DES FACTEURS AUGMENTANT OU LIMITANT LES EFFETS DU STRESS THERMIQUE

Les facteurs aggravants les plus fréquemment identifiés sont le manque de points d'eau, une mauvaise circulation de l'air, et un manque d'ouvertures du bâtiment (respectivement 87,84 et 81% des cas).

Parmi les facteurs limitant les effets du stress thermique, on retrouve la réduction du rayonnement solaire sur le toit, la création de courants d'air et la présence d'ouvertures modulables dans respectivement 87, 75 et 50 % des cas.

L'analyse factorielle et les tests du Chi² n'ont montré aucun effet significatif permettant de discriminer les 2 groupes définis.

Les seules différences observées, bien que non significatives, confirment que dans le groupe des élevages à fort impact, 88% des bâtiments ont été qualifiés de « manque d'ouvertures », contre 53% dans l'autre groupe. Et inversement, 93% des élevages subissant un faible impact réduisent le rayonnement solaire sur le toit, contre 65% pour les autres.

2.2. ADAPTATION DES ELEVEURS LORS D'EPISODES DE STRESS THERMIQUE

91% des éleveurs interrogés affirment activer des leviers en cas de stress thermique. La majorité (n=28) augmente les surfaces de ventilation naturelle à l'aide d'ouvertures modulables, ou supplémente les vaches en bicarbonate de sodium (n=16).

3. DISCUSSION

La non-signicativité des résultats peut s'expliquer premièrement par le faible échantillon enquêté (n=35), du fait de contraintes logistiques. Ensuite, les élevages ont été qualifiés selon la baisse de lait engendrée (ou non) lors d'épisode de stress thermique. Or, la baisse est très faible, y compris pour le groupe « impact fort », ce qui explique qu'il soit difficile de les discriminer. Enfin, les épisodes de stress thermique ont été définis à partir d'un THI calculé à l'échelle d'une station météo et non dans les élevages directement, ce qui engendre une imprécision.

CONCLUSION

Aucun de ces facteurs identifiés, qu'ils soient positifs ou négatifs, n'a eu d'effet significatif sur le fait que les élevages soient fortement impactés ou non.

Il est intéressant de constater que bien qu'étant le facteur aggravant le plus souvent identifié, la gestion de l'abreuvement est un levier très peu souvent activé par les éleveurs lors d'épisode de stress thermique. Cette conclusion a permis de renforcer les messages diffusés par Innoval sur le terrain.

Climatlait, IDELE
Fagoo,B. 2020, Améliorer le confort thermique des vaches laitières en bâtiment en période chaude. CNIEL, France
NRC, 1971. A Guide to Environmental Research on Animals. National Academy of Sciences, Washington, DC

Etude de l'importance et des conséquences du stress thermique sur la vache laitière et les élevages en Bretagne

Study of the importance and consequences of heat stress on dairy cows and farms in Brittany

DUPONT L. (1), SAILLARD Y. (1), JATTIOT M. (1)
(1) INNOVAL, rue Éric Tabarly – CS 80038 – 35538 NOYAL-SUR-VILAINE Cedex

INTRODUCTION

Le stress thermique chez la vache laitière est un sujet suscitant de plus en plus d'intérêt dans un contexte de réchauffement climatique. De nombreux programmes de recherche font état d'une augmentation de la fréquence et de l'intensité des épisodes de stress thermique (Climatlait, 2020). INNOVAL a donc souhaité objectiver l'importance de ce phénomène sur 3 départements bretons (objectif 1), ainsi que ses conséquences sur la production laitière (objectif 2).

1. MATERIEL ET METHODES

Pour répondre à l'objectif 1, les données journalières sur la période avril à septembre 2017 à 2020 de 43 stations météo des départements 22, 29 et 56 ont été utilisées pour identifier les épisodes de stress thermique, en utilisant l'indicateur THI (Température Humidité Index), défini tel que :
THI = (1,8 × TA + 32) – [(0,55 – 0,0055 × HR) × (1,8 × TA − 26)] (NRC, 1971), avec
TA : Température Ambiante en °C
HR : Humidité relative en %
Plusieurs niveaux de stress thermique ont ensuite été définis (Fagoo *et al.*, 2020).

Pour répondre à l'objectif 2, les données quotidiennes de production individuelles de 65 élevages en traite robotisée situés à moins de 10 km d'une station météo ont été utilisées, sur les mêmes périodes. 2 indicateurs de production à l'échelle de l'élevage ont été calculés : la production moyenne par vache laitière et par jour (PL), et l'écart de production par rapport à la moyenne des 10 derniers jours (en %). Les niveaux de stress thermique ont été utilisés comme variable explicative.
Le logiciel R (version 4.1.2) et son interface RStudio ont été utilisés pour l'agrégation des différentes données ainsi que pour les analyses statistiques (test de Student et modèles mixtes linéaires, construits à l'aide du package lmer en intégrant un effet aléatoire de l'élevage).

2. RESULTATS

2.1. DESCRIPTION DE L'ECHANTILLON ETUDIE

En ce qui concerne les données météorologiques, le THI journalier moyen d'avril à septembre est de 60,2 (écart-type de 5,8), avec un minimum de 39,5 et un maximum de 80,8.
En moyenne, on observe 13,5 jours avec un THI>68 chaque année, avec une hétérogénéité sur le territoire étudié (de 5 à 30 jours). En effet, une analyse cartographique a montré la présence d'un gradient N-O/ S-E, les stations du Morbihan étant plus souvent touchées par des épisodes de stress thermique.
Les données de production sont présentées dans le tableau 1.

Variable	Min	Moyenne	Max	Ecart-type
PL/vache/j (Kg)	15,2	**29,5**	40,1	3,3
Ecart de production (%)	-14,9	**-0,06**	15,21	3,57

Tableau 1 : Statistiques descriptives des données de production

2.2. CONSEQUENCES SUR LA PRODUCTION LAITIERE

Quelle que soit la façon de l'exprimer (THI de la veille, THI des 3 jours passés, classes de THI du jour etc…), un épisode de stress thermique a eu un effet négatif significatif (p<0,05) sur la production laitière.
En revanche, les effets ont été très faibles (figure 1), et plus marqués à partir du seuil de 68.

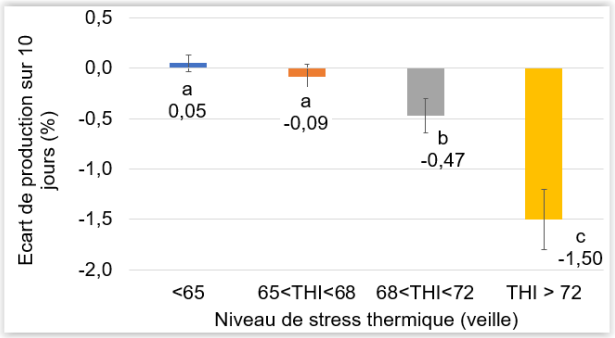


Figure 1 : Ecart de production de lait par rapport à la moyenne des 10 jours précédents (%) selon le niveau de stress thermique de la veille

La comparaison des différents modèles mixtes linéaires a montré qu'exprimer un épisode de stress thermique en utilisant le THI moyen des 7 jours précédents avait le plus d'impact (bien que très modéré) sur la production laitière.

3. DISCUSSION

Les résultats observés sont particulièrement faibles, ce qui va à l'encontre de certaines publications et des remontées du terrain. Utiliser des données de stations météorologiques est moins précis que d'évaluer le THI dans le bâtiment, d'autant plus que la conception de celui-ci a un impact très important. L'idéal aurait été d'utiliser un autre indicateur, tenant compte du rayonnement, qui est le HLI (Heat Load Index) (Wang *et al.*, 2018).
De plus, utiliser des THI moyens ne permet pas de tenir compte de l'effet cumulatif (nombre de jours consécutifs en stress thermique) et de l'intensité des pics de chaleur.

CONCLUSION

L'analyse des données météorologiques a permis de confirmer la présence du stress thermique sur l'ensemble de la zone d'étude, bien que plus marquée dans le sud du Morbihan.
L'analyse des données de production a permis de valider le seuil de stress thermique pour un THI=68, à partir duquel la production laitière commence à diminuer, bien que très peu dans cette étude. Prendre en compte une période de 7 jours semble également être le plus pertinent.

Climatlait, IDELE
Fagoo, B. 2020, Améliorer le confort thermique des vaches laitières en bâtiment en période chaude. CNIEL, France
NRC, 1971. A Guide to Environmental Research on Animals. National Academy of Sciences, Washington, DC
Wang et al, 2018. Biosystems Engineering, 167,87-98

Evolution des corrélations animales entre méthane, ingestion, production laitière, poids et note d'état corporel au cours de la lactation chez la vache Holstein

Evolution of animal correlations between methane, feed intake, milk production, body weight and body condition score along lactation for Holstein cows

FRESCO S. (1, 2), BOICHARD D. (2), FRITZ S. (1), BABREY S. (3), GABORIT M. (3), MARTIN P. (2)
(1) Eliance, Maison Nationale de l'Elevage, 149 rue de Bercy, 75595 Paris cedex 12
(2) Université Paris-Saclay, INRAE, AgroParisTech, GABI, 78350 Jouy-en-Josas
(3) INRAE UE326 Domaine Expérimental du Pin, 61310 Exmes

INTRODUCTION

Le méthane représente près de 45% des émissions de gaz à effet de serre d'origine agricole (Ministère de la transition écologique et solidaire, 2021), et il est principalement issu de la fermentation entérique des ruminants et en particulier des bovins. Ces derniers contribuent ainsi de façon défavorable au changement climatique. La sélection des individus les moins émetteurs est un levier cumulatif et pérenne, rendu possible par une héritabilité de l'ordre de 15 à 25% (Lassen and Løvendahl, 2016 ; Pszczola et al., 2017). Cependant, pour intégrer le méthane dans un objectif de sélection, il est essentiel de connaître ses corrélations avec les autres caractères en sélection.

1. MATERIEL ET METHODES

Le dispositif expérimental a impliqué 107 vaches Holstein en lactation 1 (n=64) et 2 (n=43) entre décembre 2019 et novembre 2021 à la station expérimentale INRAE du Pin-Au-Haras. La production laitière journalière (L) des vaches au robot a été corrigée (LC) pour les taux protéique (TP) et butyreux (TB) selon la formule suivante : LC = L x (0,337 + 0,116 TB + 0,06 TP). La matière sèche ingérée (MSI) d'une ration complète complémentée par 3 kg de concentré était mesurée individuellement. Le poids vif (PV) des animaux était mesuré automatiquement à chaque traite. Une note d'état corporelle (NEC) était attribuée une fois par mois. Les émissions de méthane, en g/j, étaient mesurées grâce à deux GreenFeed (C-Lock Inc, Rapid City, SD, USA) en libre accès. Elles ont été corrigées pour l'heure de la journée et un effet unité GreenFeed x semaine. Toutes les variables, excepté la NEC, ont été moyennées par semaine de lactation. Les émissions de méthane ont été exprimées en g/j (CH4), en g/kg MSI (CH4y) et en g/kg LC (CH4i) en divisant CH4 par MSI et LC respectivement. Pour analyser les corrélations entre variables au cours de la lactation, un modèle de régression aléatoire a été utilisé, incluant un effet fixe pour les groupes de contemporains (mois de l'année) ; des splines avec 6 nœuds (semaines 1, 3, 6, 13, 30 et 43) pour modéliser l'effet de la covariable stade x rang de lactation ; et des polynômes de Legendre d'ordre 2 pour modéliser l'effet animal aléatoire.

Tableau 1 Statistiques des variables étudiées

	Moyenne (Écart-type)	Minimum	Maximum
CH4 (g/kg)	441,2 (86,5)	156,9	847,6
CH4i (g/kg LC)	11,7 (2,6)	3,5	29,3
CH4y (g/kg MSI)	18,3 (4,1)	6,9	108,8
MSI (kg)	24,1 (3,6)	3,9	34,0
LC (kg)	38,1 (7,0)	12,1	60,0
PV (kg)	678,2 (74,2)	501,3	942,6
NEC	3,1 (0,7)	1,5	5

2. RESULTATS ET DISCUSSION

Les corrélations entre CH4 et MSI, LC et PV sont positives et élevées, confirmant que les émissions de méthane augmentent avec l'ingestion, elle-même positivement influencée par la production laitière et le poids de l'animal. La corrélation entre CH4 et MSI reste cependant modérée (<0.65), suggérant la possibilité d'une sélection contre le méthane à ingestion constante. Les corrélations entre CH4y et les 4 autres caractères sont faibles (entre -0.25 et 0.25), permettant une contre-sélection des émissions de méthane par kg de matière sèche ingérée avec un impact très modéré sur les autres caractères. CH4i présente une corrélation négative faible avec MSI (>-0.25) et une corrélation négative forte avec LC (<-0.5). Ce caractère traduit la dilution des émissions de méthane, à travers l'augmentation de LC, permise notamment par une augmentation de MSI et une mobilisation accrue des réserves corporelles (diminution PV et NEC).

CONCLUSION

Une contre-sélection des émissions de méthane entrainera une adaptation des objectifs de sélection actuels. Elle serait possible pour les trois unités de méthane, avec cependant une faible marge de manœuvre pour CH4 et une augmentation de MSI et LC pour CH4i. CH4y semble le plus facile à sélectionner car le plus décorrélé aux autres caractères, avec néanmoins la difficulté d'obtenir des phénotypes à grande échelle.

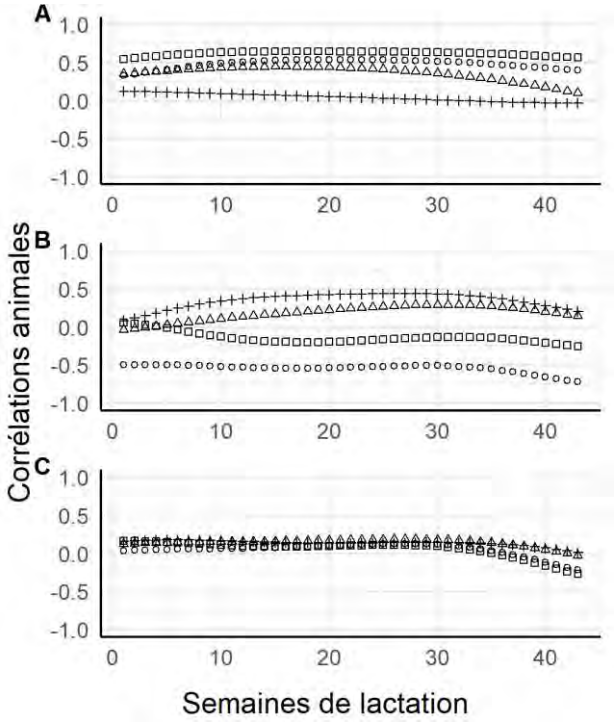


Figure 1 Corrélations animales entre méthane, ingestion (MSI, □), production laitière corrigée (LC, ○), poids (PV, ∆) et note d'état corporel (NEC, +). Le méthane est exprimé en g/j (CH4, A), en g/kg LC (CH4i, B) ou en g/kg MSI (CH4y, C).

Lassen J., Løvendahl P., 2016. J. Dai. Sci., 99, 1959-1957
Ministère de la transition écologique et solidaire Commissariat général au développement durable, 2021
Pszczola M., Rzewuska K., Mucha S., Strabel T., 2017. J. Ani. Sci, 95, 4813-4819

Le pastoralisme sur les grands parcours des régions arides du sud méditerranéen : typologie des systèmes d'élevage transhumant

Pastoralism on arid rangelands of the Southern Mediterranean: typological analysis of breeding systems of transhumant herds

A. ATOUI (1), A. LAROUSSI (1), M. ABDENNEBI (1), S. NAJARI (1).
(1) Laboratoire Elevage et Faune Sauvage, Institut des régions Arides, Médenine 4119. Université de Gabès, Tunisie.

INTRODUCTION

L'élevage pastoral, d'abord nomade et actuellement transhumant, représente une activité principale de valorisation des ressources pastorales des régions arides du Sud Méditerranéen, sous des conditions arides restrictives et irrégulières. L'évolution que ce secteur a lui attribué des caractéristiques structurelles et fonctionnelles qui permettent de tamponner les impacts des stress environnementaux et d'optimiser la valorisation des ressources disponibles qui sont en régression croissante sous les effets notables du changement climatique. L'usage de ressources génétiques adaptés, la mobilité des troupeaux, ainsi que le savoir-faire des bergers, représentent les principaux atouts du secteur. La consolidation de la résilience du pastoralisme doit se reposer sur une typologie qui identifie ses modes de gestion des facteurs de survie et de production.

1. MATERIELS ET METHODES

Les informations collectées à travers l'exécution de 187 questionnaires dans la zone pastorale du sud tunisien, a permis de collecter les informations relatives à 134 variables qualitatives et quantitatives qui décrivent les aspects sociaux professionnels des élevages, le mode de la conduite, la composition du troupeau, les mouvements des effectifs, et aussi, les relations des élevages avec leur environnement naturel et économique. La typologie a fait recours à l'applicationdes analyses factorielles des correspondances multiples AFCM afin d'identifier les principaux systèmes pastoraux et leurs caractéristiques structurelles et ensuite fonctionnelles. Les axesfactoriels sont définis par les distances Chideux des modalités, soit donc, des combinaisons linéaires des variables discriminant au mieux les individus d'après leur association. La valeur propre associée à un axe quelconque est l'inertie des coordonnés des points modalités projetées sur cet axe (Najari, 2005).
Pour réaliser l'AFCM et afin de contourner les covariancesentre elles, nous avons construire des proxys variables pour créer une nouvelle représentation des informations qualitatives enregistrées et qui illustrent des " réalités "corrélées, telle que le cas des performances de reproduction (nombre de chèvres mises à la lutte, nombre des chèvres mises bas, nombre de chevreaux nés, ...) Ensuite, toutes les variables qualitatives et les proxy variables ont été réparties en modalités ou classes en respectant leur dénombrement. Ainsi l'AFCM a concerné une matrice complètement formée de variables qualitatives.

2. RESULTATS

La qualité globale d'explication, obtenue par la somme des pourcentages de variance des axes considérés interprétables, parait suffisante pour dissocier les principaux systèmes pastoraux. La forte variabilité accordée au 1er axe témoigne de corrélations entre les variables. Le tableau 1 affecte à chaque axe factoriel, des trois premiers, les variables explicatives qui représentent les principales sources de sa valeur propre. Les résultats indiquent que le plan factoriel Axe1/Axe2 distingue quatre systèmes d'élevage, un premier système oasien, un deuxième périurbain et deux systèmes pastoraux transhumants. La distinction parait tributaire des conditions d'élevage de chaque zone, des ressources en eau et en parcours, des modes de conduite et des performances des troupeaux ovins caprins (Najari, 2005).

Axe	% Variance	Variables
1	Γ = 23,13	Fertilité, Fécondité, Avortement
2	Γ = 14,60	Sexe ratio, Transhumance
3	Γ =12,73	Eau, Raison de vente

Tableau 1 : Variables explicatives des trois premiers axes AFCM.

Les deux systèmes pastoraux continuent à pratiquer massivement la transhumance (dans plus de 80% des cas, et en moyenne pendant 7 mois de l'année) pour faire face à l'irrégularité des ressources pastorales. Le premier système tend à réduire ses déplacements et à installer un mode de conduite agropastoral qui reflète l'aisance relative de ses éleveurs, et qui se traduisent par les meilleures performances (taux de fertilité>85%) et la vente tardive des jeunes (5-6 mois d'âge). Les éleveurs de la plaine désertiques (système 2) parcourent les distances les plus longues pour subvenir aux besoins en eau et en parcours de leurs troupeaux de grandes tailles (une moyenne de 256 têtes/ troupeau). Pour ce que représente les systèmes transhumance au niveau de l'échantillon, ils regroupent environ 60% des élevages enquêtés mais plus pour le cheptel concerné. En effet, il s'agit de grands troupeaux ovins caprins et qui reçoivent les animaux de plusieurs propriétaires.

3. DISCUSSION

La typologie des systèmes pastoraux manifeste la capacitédu pastoralisme à adapter ses structures et ses modes de conduite pour contre carrer la rareté des ressources et leur irrégularité. La nature collective des parcours et des points d'eau, justifient le maintien de troupeau de grande taille parait l'objectif principal et une sorte de capitalisation puisque les charges sont indépendantes des effectifs. Les performances des troupeaux sont faibles et reflètent l'état des ressources disponibles. L'importance du savoir-faire pastoral reste le principal facteur de réussite de la conduite et de réduction des pertes en bétail et en produits.

CONCLUSION

En dépit de ses crises approfondies par les changements climatiques, le pastoralisme manifeste des capacités notables pour optimiser la gestion des ressources pastorales et génétiques locales des régions arides du sud Méditerrané. Il demeure la solution propice pour valoriser les ressources et soutenir l'économie et l'emploi des sociétés pastorales. Toutefois, la disparition du savoir-faire et la privatisation des parcours collectifs risquent de compromettre l'avenir du secteur et ses capacités de résilience.

Najari, S. 2005. Thesis (Ph D. in Agronomy) : Caractérisation zootechnique et génétique d'une population caprine locale. Institut National Agronomique de Tunis.

Sélection des modèles statistiques d'estimation du poids à la naissance en fonction des mesures morphométriques chez les chevreaux locaux.

Selection statistical models for estimating local kids' birth weight using morphometric measurements.

A. ATOUI (1), A. LAROUSSI (1), M. LASOUED (1), M. ABDENNEBI (1), S. NAJARI (1).

(1) Laboratoire Elevage et Faune Sauvage, Institut des régions Arides, route El jorf km 22.5 Médenine 4119. Université de Gabès, Tunisie.

INTRODUCTION

Le poids à la naissance est l'un des caractères le plus considéré dans les schémas d'amélioration génétique du caprins, surtout au sein des modes d'élevage allaitant. L'information sur le poids à la naissance n'est pas toujours disponible au niveau des troupeaux ambulants sur les vastes parcours. En effet, l'élaboration d'un ensemble des équations mathématiques d'estimation du poids par un nombre réduit de mensurations morphométriques, rend possible d'estimer le poids individuel des animaux sans nécessiter le pesage à jeun qui n'est pas toujours réalisable eu regards le mode de la conduite et l'infrastructure disponible. L'objectif de ce travail est de concevoir des modèles statistiques pour estimer le poids à la naissance des chevreaux locaux sur la base de mesures corporelles définies afin de fournir une méthode rapide, facile et précise pour déterminer le poids à la naissance dans les systèmes d'élevage lorsque l'utilisation des balances est limitée.

1. MATERIELS ET METHODES

Un total de 128 chevreaux issus de 89 chèvres et 9 boucs ont été suivi. Les chevreaux sont pesés à la naissance et identifiés. Un ruban métrique a été utilisé pour mesurer les paramètres morphométriques qui sont **L1** : tour de ventre ; **L2** : périmètre thoracique et **L3** : tour de cou. Les formules barymétriques ont été déterminées grâce aux logiciels SPSS.20 en utilisant la méthode de régression multiple. Le poids à la naissance **(PN)** est considéré comme la variable dépendante. Les différentes équations ont été comparées sur la base de leur coefficient de détermination (R^2). Les techniques de la régression linéaire pas à pas (stepwise) permettent de guider ce choix. En effet, ces analyses donnent des classifications des variables explicatives (par des R^2 ajustées) selon leur importance dans l'estimation de la variable expliquée, qui est le PN dans notre cas.

2. RESULTATS

Les moyennes arithmétiques du PN et des paramètres morphométriques à la naissance sont présentées dans le tableau1.

Variables	N	Min	Max	ET	Moy
PN (Kg)	80	1,50	3,70	0,49	2,45
L1	80	21	42	3,61	31,74
L2	80	24	40	2,86	32,16
L3	80	8	14	2,55	10,67

Tableau 1. Paramètres statistiques du PN et des caractères morphométriques à la naissance chez les chevreaux locaux.

Le chevreau local nait avec un poids moyen de2,45kg. Les paramètres morphométriques moyenne sont 31,74cm ; 32,16cm et 10,67cm respectivement pour L1, L2 et L3. Tous les modèles utilisés pour estimer le PN étaient significatifs (Tableau2). Pour les modèles avec une seule covariable (1…3), le modèle utilisant le « L2 » comme covariable (modèle 2) est le plus adéquat pour prédire le PN. Ce modèle expliquait 78,1% de la variabilité du PN. Le modèle 3 utilisant le tour de cou (L3) comme covariable expliquait 71% de la variabilité du PN. La valeur de R^2 pour L3 est intéressante mais elle est plus faible en comparaison avec le modèle 2. Le modèle contenant les trois covariables avait le R^2 le plus élevé.

DISCUSSION

Le chevreau local est caractérisé par une petite taille corporelle et un poids léger. Les résultats contribuent à une meilleure connaissance des paramètres corporels appropriés aux chevreaux locaux ; ce qui offre au développeur des indicateurs d'une importance considérable au niveau de la gestion des ressources génétiques animales. La petite taille à la naissance est une caractéristique de la plupart des races élevées dans des conditions arides (Najari,2005). Le modèle à deux variables (le périmètre thoracique (L2) et le tour de cou (L3) parait le modèle le plus propice pour prédire le PN puisque l'incorporation davantage de mensurations n'a pas abouti à des R^2 supérieurs à 0,80. Des résultats similaires ont été obtenus par Shirzeyli et al. (2013). En effet, même dans les conditions où le pesage des chevreaux est difficile, il serait possible d'estimer son PN à travers des simples mesures. Ce qui permet de gérer la conduite par la prédiction des productions et des besoins des animaux et des troupeaux. Egalement, l'estimation du PN offre aux sélectionneurs une idée précieuse sur un phénotype généralement utilisé dans les indices de sélection, surtout pour cet élevage allaitant ayant la viande du chevreau comme produit principal (Najari,2005).

CONCLUSION

Pour les modèles avec une seule variable, la valeur de R^2 était plus élevée lorsque le périmètre thoracique était la covariable. Cette mesure doit être utilisée comme une référence pour déterminer le PN dans des conditions de terrain lorsque plusieurs mesures ne sont pas possibles. Cependant, la prédiction du PN est améliorée en utilisant plusieurs mesures morphométriques. Le modèle à deux covariables (le périmètre thoracique (L2) et le tour de cou (L3)) parait le modèle le plus adéquat

Shirzeyli FH., Lavvaf A., Asadi A., 2013. Estimation of body weight

Najari, S. 2005. Thesis (Ph D. in Agronomy) – Institut National Agronomique de Tunis

Equations de prédiction	A0	A1	A 2	A3	R^2	Ecart-type d'erreur
(1) Yi= A0 + A1*x1	-2,669	0,162	------	-------	0,641	0,44
(2) Yi= A0 + A2 *x2	-1,563	---------	0,125	---------	0,781	0,56
(3) Yi= A0 + A3 *x3	0,624	---------	---------	0,171	0,710	0,34
(4) Yi = A0+A1*x1+A2* x2	-7,718	0,140	0,178	---------	0,801	0,54
(5) Yi = A0+A1*x1+ A3 *x3	-6,220	0,170	-------	0,299	0,812	0,64
(6) Yi = A0 + A2 *x2+ A3 *x3	-3,941	-------	0,144	0,165	0,820	1,08
(7) Yi = A0+A1*x1+A2* x2+ A3 *x3	-8,431	0,144	0,150	0,140	0,827	0,88

Tableau 2. Modèle d'estimation du poids à la naissance en utilisant l'analyse de la régression multiple.

Yi = Poids à la naissance en kg, A0 = Intercept de la droite de meilleur ajustement, x1 = L1, x2 = L2, x3 = L3 ; A1, A2, A3 =Coefficient de régression partielle du PN sur les paramètres L1, L2, L3 respectivement. R^2= coefficient de détermination.

Stratégie alimentaire d'adaptation de l'élevage ovin à la pénurie de fourrage et de sécheresse imprévue pour la finition des agneaux

Feeding strategy for adapting sheep farming to shortage of fodder and unexpected drought for finishing lambs

ALEGRE J. (1), KOUAME Y.A. (2) et BRUNET S. (1)
(1) SICA SA ALICOOP – 46 route de la Gasse aux Loups – 79 800 PAMPROUX
(2) LEGTPA de Magnac-Laval – 87 190 MAGNAC LAVAL

INTRODUCTION

Depuis 50 ans, les systèmes fourragers pour l'élevage des ruminants se sont adaptés aux aléas climatiques (Lemaire et Pflimlin, 2007). Les pratiques de conduite alimentaire doivent également s'adapter aux sécheresses imprévues en mettant en œuvre des stratégies de résilience en sortant du cadre du système fourrager habituel (Amigue *et al.,* 2006).
En élevage ovin, la paille de céréales est préconisée comme fourrage grossier à la place du foin, notamment pour les agneaux finis en bergerie disposant de concentré (Sagot *et al.,* 2017). Les précédentes années ont connu des pénuries de paille de qualité alimentaire à cause notamment des faibles rendements et des fortes demandes. Les éleveurs doivent donc trouver de nouvelles alternatives pour nourrir leur troupeau. Depuis plusieurs années, la SICA ALICOOP (Deux-Sèvres) étudie des rations sans apports de fourrages à l'auge pour les petits ruminants, avec un aliment unique complet, qui peuvent pallier au manque ponctuel de foin et de paille. C'est la conduite TOTAL. L'objectif de notre étude est de comparer l'effet d'une conduite alimentaire TOTAL à une conduite conventionnelle à base de concentré et de paille sur les performances des agneaux lors de la période de finition en bergerie.

1. MATERIEL ET METHODE

L'essai a été réalisé avec des agneaux mâles croisés (Texel X Romane) nés en janvier 2020. Avant sevrage, les agneaux étaient conduits en bergerie sous la mère. La mise en lot a été réalisé lors du sevrage selon la taille de la portée de naissance, l'âge et le poids âge type à 30 jours (PAT30). Le dispositif expérimental comprenait 2 lots de 42 agneaux différant selon la conduite alimentaire. Le lot TEMOIN a été alimenté selon la conduite habituelle de l'exploitation à base de concentré en granulés (4mm ; 16% MAT, 41% Amidon+Sucre, 7% cellulose brute) distribué à volonté et de paille de céréales en râtelier. Le lot ESSAI était alimenté avec un aliment complet unique en granulés (8mm ; 14,5% MAT, 34% Amidon+Sucre, 11% cellulose brute) distribué à volonté, sans apport de paille comme fourrage, selon la conduite TOTAL. Pour les 2 conduites alimentaires, les apports nutritionnels étaient similaires (CMV, chlorures). Les 2 lots ont été conduits en contemporains dans une même bergerie. Les quantités des aliments distribués et les refus (concentrés, paille) ont été pesées respectivement tous les jours et une fois par semaine. Les agneaux ont été pesés au sevrage et avant abattage. Les poids et les classements des carcasses ont été collectés (EDE 87). Un traitement statistique a été réalisé sur les résultats individuels de performance par une comparaison des moyennes (ANOVA) avec le logiciel SPPS Statistics (IBM).

2. RESULTATS

2 .1. Consommation de paille et concentrés

Pour toute la période de finition, la conduite du lot TEMOIN a nécessité une distribution totale de 22,4 kg de paille par agneaux en moyenne (litière et râtelier), alors que le besoin du lot ESSAI a été estimé à 10,2 kg par agneaux, uniquement pour la litière.
La consommation totale en concentrés a été de 54,86 kg par agneaux en moyenne pour le lot TEMOIN contre 56,57 kg pour le lot ESSAI. Dans les 2 lots, les agneaux ont consommé en moyenne 1,6 kg de concentrés par jour. Avec des agneaux de plus de 40 kg à l'abattage, cette consommation correspond aux recommandations dans le cas de distribution de concentrés à volonté (Sagot *et al.,* 2017).

2 .2. Performances zootechniques

Pour les 2 lots, les agneaux ont été sevrés entre 60 et 90 jours d'âge et tous les agneaux ont été abattus avant 150 jours, comme recommandé par Sagot *et al*. (2017).
La conduite TOTAL du lot ESSAI a permis des performances zootechniques (poids vifs, GMQ et poids de carcasse) similaires à ceux mesurés pour le lot TEMOIN (Table 1). Les GMQ sevrage-abattage pour les 2 lots sont de l'ordre de 430 gr/jour.

2 .3. Qualité des carcasses

Les carcasses obtenues avec les 2 conduites alimentaires étaient semblables en conformation et en état d'engraissement (Table 2).

CONCLUSION

Avec la conduite TOTAL, les performances des agneaux finis en bergerie étaient similaires à ceux obtenus avec une conduite conventionnelle avec un apport de paille comme fourrage. Notre étude a montré la possibilité d'alimenter et de commercialiser des agneaux en période de pénurie de fourrage, notamment lors de pénurie imprévue de paille alimentaire. La conduite TOTAL peut aider à la résilience des élevages ovins.

Lot	EMOIN	ESSAI	Effet Conduite
PAT30 (hg)	118,07 ± 25,26	115,76 ± 29,84	NS
Age sevrage (jours)	5,17 ± 7,67	75,81 ± 7,69	NS
Poids sevrage (kg)	9,34 ± 4,36	28,27 ± 5,12	NS
Durée finition (jours)	4,79 ± 14,49	33,71 ± 13,43	NS
Poids vif à la fin finition (kg)	2,48 ± 2,02	42,66 ± 2,49	NS
GMQ finition (gr/jour)	30,23 ± 84,61	434,34 ± 67,86	NS
Poids carcasse (kg	0,27 ± 1,22	20,48 ± 1,41	NS
Rendement carcasse (%)	7,5 ± 2,2	48,0 ± 2,1	NS

*(NS: non-significatif ; * :pvalue<0.05 ; ** : pvalue<0.01 ; *** :pvalue<0.001)*
Tableau 1 : Performances zootechniques selon la conduite alimentaire (moy. ± écart-type)

Lot		Témoin	Essai
Nb carcasse selon conformation	Classe R : Classe U :	2 40	1 41
Nb carcasse selon état engraissement	Classe 2 : Classe 3 :	30 12	30 12

Tableau 2 : Classement des carcasses des agneaux selon la conduite alimentaire

Nous remercions les collaborateurs de l'exploitation agricole du Lycée de MAGNAC LAVAL et la coopérative OCEALIA.

Amigues, J.P. *et al.,* 2006. In Rapport INRA ESCo sécheresse et agriculture.
Lemaire, G., Pflimlin, A., 2007. Fourrages, 190, 163-180.
Sagot, L. *et al.,* 2017. In Inn'Ovin (Editor), L'élevage et la finition des agneaux. France, 9-11.

Evaluation de l'effet des macroalgues et de leurs extraits sur la réduction du méthane lors des fermentations ruminale *in vitro*

In vitro screening of seaweeds and seaweeds extract against methane production of ruminant

POINT S. (1), LAZA-KNOERR A-L. (1), ROUILLE B. (2), EDOUARD N. (3), MARFAING H. (4)
(1) Agro Innovation International (CMI – TIMAC Agro), 18 av. Franklin Roosevelt, 35400 Saint-Malo, France
(2) Institut de l'Elevage, Monvoisin, 35652 Le Rheu Cedex, France
(3) PEGASE, INRAE, Institut Agro, 35590 Saint-Gilles, France
(4) Centre d'Etude et de Valorisation des Algues, 83 Rue de Pen Lan, 22610 Pleubian

INTRODUCTION

Les algues marines sont utilisées en nutrition animale pour leurs propriétés nutritionnelles variées telles que la réduction des émissions de méthane ou la stimulation de la croissance (Kinley, 2011). La région Bretagne est un bassin particulièrement riche en algues diversifiées pouvant avoir de multiples applications (Robuchon et al., 2017). Cette étude a pour but d'évaluer la capacité anti-méthanogène des algues disponibles sur les côtes bretonnes lors des fermentations *in vitro* sur du jus de rumen. Elle s'inscrit dans le projet collaboratif METH'ALGUES, qui vise à valoriser des ressources locales pour limiter l'impact environnemental des ruminants.

1. MATERIEL ET METHODES

L'étude *in vitro* est basée sur la technique de production de gaz développée par le laboratoire de Nutrition Animale du CMI (Lessire et al, 2021). Le principe repose sur l'incubation de jus de rumen dans des conditions d'anaérobiose à 39°C selon le protocole de Menke et Steingass (1988). Un inoculum composé de jus de rumen frais filtré et de salive artificielle tamponnée (60ml proportion 1 :2) reproduit les fermentations du rumen en présence d'une ration type hivernale (ensilage de maïs + foin + concentré énergétique) à raison de 0,5g de MS. Le screening permet d'étudier 10 algues, disponibles sous 3 formes (sec, frais ou extrait) selon un plan d'expérience incomplet basé sur une étude bibliographique préalable identifiant les candidats d'intérêt pour la réduction du CH_4. Toutes les modalités sont testées à 0.5% de la MS de la ration. Quatre à huit flacons sont placés en étuve pour chaque modalité. Les paramètres étudiés après 24h de fermentation sont :

- Le volume et la composition du gaz
- La concentration en acides gras volatiles (AGV)
- La digestibilité de la ration (dMS, dNDF et dADF)

Une étude statistique par analyse de la variance multifactorielle a été réalisée pour évaluer les effets « algue », « nature », « dose de molécule active » (logiciel R-4.0.5).

2. RESULTATS ET DISCUSSION

Le screening montre un effet significatif des algues, de leur nature et des doses en molécules actives sur la majorité des paramètres suivis. L'extrait de *Fucus vesiculosus* réduit l'ensemble des paramètres de fermentation. Il diminue ainsi de près de 100% la production de méthane (CH_4) mais il dégrade les fermentations pouvant se traduire par une perte de performance pour l'animal en conditions réelles. Ce résultat semble cohérent avec les effets antimicrobiens connus pour les extraits de Fucus (Chouikhi, 2013).

Les algues rouges source de bromoforme ($CHBr_3$) sont particulièrement efficaces pour limiter le CH_4 avec des réductions de -20 à -85% selon les niveaux de molécules actives, en accord avec la littérature (de -11 à -100% ; Machado et al., 2016 ; Brooke et al., 2020). En effet, la dose de $CHBr_3$ impacte la diminution du CH_4 avec une dose maximum d'efficacité dès 0.13% de la MS.

CONCLUSION

Cette étude a mis en évidence les effets significatifs des algues sur la réduction de la production de CH_4 *in vitro*. Les algues rouges et le composé bromé qu'elles contiennent, sont très efficaces avec des effets variables en fonction de la concentration en molécule active. Compte tenu de ces résultats, la suite des travaux s'oriente vers des algues rouges et vertes abondantes en Bretagne respectivement *Chondrus* et *Enteromorpha* ainsi que sur les algues brunes *Fucus* et *Ascophyllum*, afin de mieux appréhender l'effet dose sur la réduction du CH_4 et les fermentations *in vitro* et *in vivo*.

Cette étude a été co-financée par les régions Bretagne et Pays de la Loire et par Lannion Trégor Communauté, avec le soutien de Valorial.

Kinley R.D. 2011. Thèse Dalhousie University, 183 pages
Robuchon M., Valero M., Thiébaut É., Le Gall L. 2017. J. Ecol., 105, 1791-1805.
Lessire F., Point S., Knoerr A., Dufrasne I. 2021. Dairy, 2(4), 542-555
Menke K.H. et Steingass H. 1988. Anim. Res. Dev. 28(1), 7-55
Chouikhi, A. 2013. ClPCA4" TAGHIT (Bechar)–Algeria.
Machado L., Magnusson M., Paul NA., Kinley R., Nys R. de, Tomkins N. 2016. J Appl Phycol 28:1443–1452.
Brooke CG., Roque BM., Shaw C., Najafi N., Gonzalez M., Pfefferlen A., Anda V. de, Ginsburg DW., Harden MC., Nuzhdin SV., Salwen JK., Kebreab E., Hess M., 2020. Front. Mar. Sci. 7:20539.

Algue	*Nature*	*Dose en $CHBr_3$*	*Dose en polyphénol*	*n*	*Gaz total en 24h (ml/g MS)*	*% CH_4*	*Volume de CH4 (ml/g MS)*	*AGV (mmol/L)*	*dMS (%)*	*dNDF (%)*	*dADF (%)*
Témoin	-	-	-	8	147.3	2.35	3.49	107.6	56.3%	53.0%	52.8%
Asparagopsis armata	Sec	d3	-	8	134.9	0.25	0.35	84.9	50.4%	43.6%	47.2%
A. armata	Extrait	d2	-	8	127.4	0.50	0.63	90.2	57.7%	51.8%	51.3%
A. armata	Frais	d5	-	8	137.2	0.25	0.36	81.2	42.3%	34.3%	37.1%
A. armata + Ascophyllum nodosum + Tanins	Sec	d4	-	4	154.2	0.55	0.85	89.4	55.2%	53.0%	53.8%
Asparagopsis taxiformis + A. nodosum + Tanins	Sec	d5	-	4	144.3	0.60	0.88	108.9	54.6%	50.3%	52.3%
Enteromorpha (*Ulva* sp.)	Sec	d1	-	8	145.0	1.73	2.72	103.5	55.5%	46.8%	44.2%
Fucus vesiculosus	Extrait	-	60g/j	8	13.8	0.55	0.06	64.5	16.0%	19.6%	12.1%
Oligoalginate (laminaire)	Extrait	-	-	8	156.8	2.40	3.79	106.9	61.5%	52.1%	49.1%
Chondrus crispus	Sec	d1	-	8	117.5	1.93	2.10	103.1	51.1%	36.5%	51.1%
A. nodosum	Extrait	-	25g/j	8	110.8	1.88	1.96	88.5	44.3%	34.7%	31.8%
Osmundea	Frais	d1	-	4	141.6	1.95	2.81	93.3	50.2%	37.1%	34.4%
Polysiphonia	Sec	d1	-	4	132.1	1.50	1.98	88.6	56.9%	46.1%	43.6%
Sargassum muticum	Extrait	-	3g/j	4	163.5	2.95	4.86	117.3	52.8%	41.3%	42.8%
A. nodosum + Polysiphonia	Sec	d1	-	4	178.4	3.85	6.88	119.5	46.5%	36.8%	41.6%
Algue					***	***	***	***	***	***	***
Nature					*	*	*NS*	*	**	***	***
Dose en $CHBr_3$					+	***	***	*	***	***	***
Dose en polyphénol					***	***	***	***	***	***	***

Légende : d1 <1mg/j ; d2 = 5-50mg/j ; d3 = 50-100mg/j ; d4 =100-200mg/j ; d5 >200mg/j / NS : non significatif ; + : p<0.1 ; * :p<0.05 ; ** : p<0.01 ; *** : p<0.001

Tableau 1. Effet des algues et des doses en molécules actives sur les paramètres de fermentation

Environnement

Test d'un protocole d'estimation du méthane entérique, avec le Laser Methane Detector, pour des vaches laitières au pâturage

GAUTIER L. (1), BORE R. (2), ROUILLE B. (3)
(1) Ecole Supérieure d'Agricultures, 55 Rue Rabelais, 49000 Angers, France
(2) Institut de l'Elevage, 42 rue Georges Morel, 49071 Beaucouzé Cedex, France
(3) Institut de l'Elevage, Monvoisin, 35652 Le Rheu Cedex, France

RESUME
Les émissions de méthane (CH_4) du secteur agricole représentent 7,6% des émissions totales de gaz à effet de serre (GES) de l'Union Européenne (UE). Parmi ces émissions, 90% sont dues aux fermentations entériques des ruminants. La réduction du méthane émis par ces élevages est donc un véritable enjeu. Afin d'estimer ces émissions, il est primordial de disposer d'outils permettant de quantifier le méthane émis. Pour cela, plusieurs outils existent tel le Laser Methane Detector (LMD). Cet appareil est récent et son utilisation au pâturage a été très peu étudiée. Cette étude a donc eu pour objectif de tester un protocole d'estimation du méthane émis par les vaches laitières au pâturage, avec le LMD. Dans un second temps, ce protocole a été testé dans un essai de l'Institut National de la Recherche Agronomique et de l'Environnement (INRAE) dans le cadre du projet ERA NET GrASTech. Cet essai étudiait trois traitements alimentaires (T0, T4 et T8) sur des vaches laitières au pâturage. Les vaches recevant T0, T4 et T8 avaient respectivement un apport complémentaire en ensilage de maïs et tourteau de soja (EMS) au pâturage de 0, 4 et 8 kg de MS (Matière Sèche) d'EMS/vache/jour. La définition des paramètres d'estimations au LMD s'est déroulée dans une phase de pré-essai. Un protocole de mesures contenant la durée de mesure ainsi que la distance et la position de l'opérateur par rapport à l'animal a été établi. La position, l'activité et le comportement de l'animal étaient renseignés pour chaque mesure. L'application de ce protocole pendant l'essai a permis de mettre en avant sa faisabilité pratique sur des vaches laitières au pâturage. Les émissions de méthane ont été étudiées avec les variables « moyenne des pics » (en ppm*m) et « nombre de pics » sur une séquence de 4 minutes. L'influence de plusieurs facteurs comme les conditions climatiques, l'heure de mesure, l'animal étudié et l'opérateur a pu être mise en évidence et la variabilité des émissions a pu être observée. En revanche, les mesures d'émissions de méthane, au LMD, n'ont pas permis de classer les vaches en fonction de leur apport complémentaire en EMS. A la suite de cette étude, il serait pertinent de reconduire ce protocole dans d'autres essais, et de comparer les données avec celles d'un autre outil de mesure du méthane. Cela pourrait ensuite donner lieu à l'extension de ce protocole dans des fermes commerciales.

Development of a protocol for measuring enteric methane, with the Laser Methane Detector, for dairy cows on pasture

GAUTIER L. (1)
(1) Ecole Supérieure d'Agricultures, 55 Rue Rabelais, 49000 Angers, France

SUMMARY
Methane emissions from the agricultural sector represent 7.6% of total greenhouse gas (GHG) emissions in the European Union (EU). Of these emissions, 90% are due to enteric fermentation in ruminants. Reducing the methane emitted by these farms is therefore a real issue. To estimate these emissions, it is essential to have tools to quantify the methane emitted. For this, several tools exist such as the Laser Methane Detector (LMD). This device is recent and its use in pasture has been little studied. The objective of this study was therefore to construct a protocol for measuring the methane emitted by dairy cows on pasture, with the LMD. Secondly, this protocol was tested in a trial by the National Institute for Agronomic Research and the Environment (INRAE). This trial studied 3 feed treatments (T0, T4 and T8) on grazing dairy cows. Cows receiving T0, T4 and T8 respectively obtained a complementary intake of corn silage and soybean meal (EMS) to the pasture of 0, 4 and 8 kg of DM (dry matter) of EMS / cow / day. The definition of measurement parameters at the LMD took place in a pre-test phase. Then, a measurement protocol containing the measurement time as well as the distance and position of the operator from the animal was established. The position, activity and behavior of the animal was recorded for each measurement. Application of this protocol during the trial demonstrated its reliability in pasture, on dairy cows. The methane emissions were translated by the variables "average of peaks" (in ppm * m) and "number of peaks". The influence of several factors such as climatic conditions, time of measurement, the animal studied and the operator could be observed. On the other hand, measurements of methane emissions at LMD did not make it possible to characterize the cows according to their complementary intake of EMS. As a result of this study, it would be relevant to test this protocol in other trials and to compare the data with those of another methane measurement tool. This could then lead to the use of this protocol on commercial farms.

INTRODUCTION

En 2018, au sein de l'UE, 7,6% des émissions totales de GES correspondaient aux émissions de CH_4 du secteur agricole. 90% de ce méthane émis provenaient des fermentations entériques des ruminants, et en particulier de celles des bovins (CITEPA, 2020). Ce gaz est un GES puissant et un précurseur de l'ozone. Ainsi, pour limiter les problèmes environnementaux actuels, les élevages bovins ont comme enjeu de réduire leurs émissions de CH_4. Plusieurs solutions, telles que l'alimentation ou la génétique, existent déjà (Knapp et al., 2014). Cependant, pour mesurer l'effet de ces dernières, le méthane émis doit pouvoir être quantifié. Pour cela, le LMD s'avère être un outil fiable, facile d'utilisation

(outil portable de 20cm de long) et qui ne perturbe par l'animal. Cet appareil mesure une concentration de méthane dans l'air (en ppm*m), par spectroscopie d'absorption, entre le LMD et le point cible du laser. A l'heure actuelle, plusieurs protocoles de mesures au LMD existent pour des vaches en bâtiment (Chagunda et al., 2013 ; Sorg et al., 2018). Des études ont également mis en évidence l'influence de certains facteurs sur les mesures faites avec cet outil. Ceux-ci peuvent être les conditions climatiques, l'heure de mesure mais aussi le comportement de la vache mesurée (Chagunda et al., 2013, Ricci et al., 2014). Cependant, à l'heure actuelle, peu d'études ont été menées au pâturage. En effet, dans ces conditions, le LMD a uniquement été testé sur des vaches qui se reposaient (Mapfumo et al., 2018), ruminaient (Grobler et al., 2014), ou bien sur des chèvres (Roessler et al., 2021). Ainsi, le nombre de mesures récoltées et les paramètres expérimentaux étudiés, avec un LMD, au pâturage, sont très faibles et nécessitent d'être approfondis (Grobler et al., 2014). Cette étude vise donc à définir un protocole de mesures précis avec le LMD, sur des vaches laitières au pâturage. Celui-ci permettra d'estimer le méthane émis à différents moments de la journée et sur des vaches dans différentes activités et positions. Sa capacité à classer ces vaches, en fonction de leur ration, sera également étudiée lors de son application dans un essai de l'INRAE.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. PRE-ESSAI

La phase de pré-essai s'est déroulée sur 36 jours dans l'Installation Expérimentale de Production Laitière (IEPL) de Méjusseaume (35). Les mesures ont été réalisées sur les vaches laitières qui participaient ensuite à l'essai. Cette phase a permis de prendre en main le LMD et l'équipement de mesure (télémètre laser, chronomètre, smartphone, fiche d'observation). Elle a également permis de tester différents paramètres de mesures afin de choisir les plus adaptés à l'essai. Ces paramètres étaient : la distance, la position et l'orientation de l'homme par rapport à l'animal, la durée de mesure, le type d'activité et la position de la vache pendant la mesure. Sur cette période, l'opérateur allait au moins 3 fois par semaine sur la ferme, avec des habits similaires, afin d'habituer les animaux à sa présence.

1.2. ESSAI

1.2.1. Animaux, traitements alimentaires et schéma expérimental

L'essai s'est déroulé sur deux mois, du 16 avril au 18 mai 2021. Il comptait 24 vaches laitières de race Prim'Holstein, multipares et en milieu de lactation au début de l'essai. Trois niveaux d'apport en EMS ont été testés avait une proportion de 87% de maïs et de 13% de tourteau de soja. 0 kg de MS d'EMS/vache/jour étaient donnés aux vaches recevant le traitement T0 (témoin) et respectivement 4 et 8kg de MS d'EMS/vache/jour aux traitements T4 et T8. Les rations des lots T4 et T8 étaient distribuées une fois par jour, par un automate de distribution, en complément du pâturage. Les vaches de ces lots avaient accès 2 fois par jour à l'EMS, pendant 1h, après les deux traites du matin et du soir. Le reste du temps, elles étaient au pâturage, dans un nouveau paddock chaque jour, pour chaque traitement. Cet essai était un carré latin 3*3, répété 8 fois, avec 4 carrés qui tournaient dans un sens et 4 dans le sens opposé. Il y a eu 3 périodes de 21 jours (P1, P2, P3) dans cet essai et chaque vache a reçu tous les traitements alimentaires.

1.2.2. Application du protocole de mesure du LMD

Pendant l'essai, 24 jours de mesures ont été réalisés avec le protocole du LMD. Pour chacune des trois périodes, 4 jours de mesures étaient réalisés par l'opérateur principal et 4 jours par l'opérateur principal et secondaire. Les mesures se déroulées de 9h à 16h, sur la période de pâturage diurne des vaches. Chaque vache était mesurée 2 fois par jour et par opérateur (une fois le matin et une fois l'après-midi). L'ordre des mesures a été défini aléatoirement tous les matins, pour chaque opérateur. Cet ordre était conservé l'après-midi pour avoir un laps de temps similaire entre les deux mesures de chaque vache. Les mesures de méthane ont pu être réalisées grâce au protocole de mesure du LMD, défini dans la phase de pré-essai. Ce protocole contient plusieurs critères de mesure. Tout d'abord, l'opérateur se plaçait à une distance de 2m et à un angle de 90° par rapport à l'axe de la tête de l'animale en visant les naseaux. En effet, c'est au niveau du naseau que le méthane est mesuré, grâce à la visualisation du laser vert du LMD. Ce naseau devait être du côté opposé au soleil, si possible, afin que le point vert du laser soit plus visible. La distance de 2m était contrôlée grâce au télémètre laser, fixé sur le LMD. Cette distance permettait une mesure précise, sans perturber l'animal. L'enregistrement de chaque mesure était de 4'10'' pour assurer une durée de 4min par mesure. Cette durée permettait de récolter un nombre maximal de données, et de faire toutes les mesures prévues, par jour, dans l'essai. La position de l'animal (debout ou couchée) ainsi que son activité (pâture, rumine, rien) étaient renseignées sur une fiche d'observation à l'issue de chaque mesure. Lorsqu'un évènement particulier (la vache se lèche, avance, boit, change de position, interagit avec une autre vache, …) survenait pendant la mesure, l'opérateur devait noter cette information sur la fiche d'observation, ainsi que le laps de temps associé. L'opérateur devait également réagir au mieux lors de ces évènements, afin de respecter le protocole de mesure et de ne pas effrayer l'animal. Toutes les données mesurées avec le LMD étaient enregistrées simultanément sur un smartphone. Chaque mesure contenait une mesure de méthane (en ppm*m) par ½ seconde. Ces données, et celles renseignées sur la fiche d'observation, ont été intégrées dans une base de données. Des mesures faites par l'INRAE ont également été ajoutées à cette base. Celles-ci sont les conditions météorologiques par heure, pour chaque jour de mesures et la production laitière (en kg de lait/vache/jour). Les données sur les émissions de méthane ont été étudiées grâce aux variables « moyenne des pics » et « nombre de pics ». Un pic correspond à une concentration de méthane mesurée sur 1/2s (en ppm*m) qui est supérieure à celle de la 1/2s précédente et à celle de la suivante (Sorg et al., 2018). Une analyse descriptive a été faite sur l'ensemble des données. Une ANOVA (Analysis of variance) a été faite uniquement sur les données de l'opérateur 1. Le modèle a comme variable à expliquer la moyenne des pics. Ses variables explicatives sont le traitement alimentaire (effet fixe), la période (effet fixe) et l'animal (effet aléatoire).

2. RESULTATS

2.1. UN PROTOCOLE AU PATURAGE DEFINI PENDANT LE PRE-ESSAI

Le pré-essai a permis de réaliser 344 mesures, étalées sur 15 jours. Différentes durées, distances et positions entre l'homme et l'animal ont pu être testées. Le pré-essai a mis en évidence la possibilité d'estimer le méthane émis par des vaches dans différentes positions et activités. Tous ces éléments ont permis de construire un protocole précis de mesures au pâturage avec le LMD. Ce protocole correspond à celui détaillé dans le matériel et méthodes de l'essai. Cette phase de pré-essai a également permis d'établir une relation de confiance réciproque entre l'animal et l'opérateur. Au début les vaches étaient craintives, ou intriguées, ce qui compliquait les mesures. Puis, les vaches ont fini par ignorer à la présence de l'opérateur. Ainsi, les mesures au LMD pouvaient être réalisées sur vaches dans leur comportement naturel. Dans ce pré-essai, l'opérateur a également défini les réactions à adopter pendant la mesure, selon les comportements de l'animal. Par exemple, si une vache

interagissait avec la vache mesurée, il devait la repousser docilement. En effet, cette vache pouvait biaiser la concentration du méthane émis par la vache et mesuré au LMD. Pour d'autres évènements tels qu'un déplacement de la vache, l'opérateur devait la suivre au mieux, puis renseigner le laps de temps associé sur la fiche d'observations. Pour chaque situation, l'opérateur devait un compromis entre des mesures qui respectent le protocole défini, et qui n'apeurent pas l'animal. L'objectif étant *in fine* d'avoir des mesures fidèles à la réalité du méthane émis par les vaches.

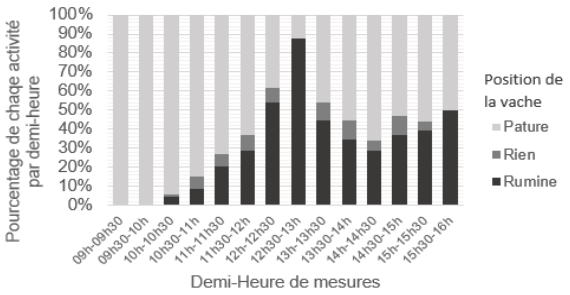
2.2. DES MESURES REALISEES DANS DIVERSES CONDITIONS

L'application du protocole de mesures à l'essai a permis de réaliser 1650 mesures. 81% de ces mesures ont été réalisées sur des vaches debout, 17% sur des vaches couchées et 2% ont changé de position pendant la mesure. 66% des mesures ont été faites sur des vaches qui pâturaient, 22% sur des vaches qui ruminaient et 6% sur des vaches qui avaient une autre activité (activités mixtes ou d'abreuvement).

La position debout représentait 99% des mesures au pâturage, 36% de celles en rumination et 52% de celles qui ne faisaient rien. Au cours d'une journée de mesure, la proportion de chaque activité, par demi-heure de mesures, était très variable (Figure 1).

Figure1 : Répartition des activités principales des vaches, par demi-heure de mesures, au cours d'une journée

Les mesures se sont étalées de mi-avril à mi-juin 2021 et les conditions météorologiques ont été très variables sur les 3 périodes (Figure 2). L'humidité moyenne était plus importante

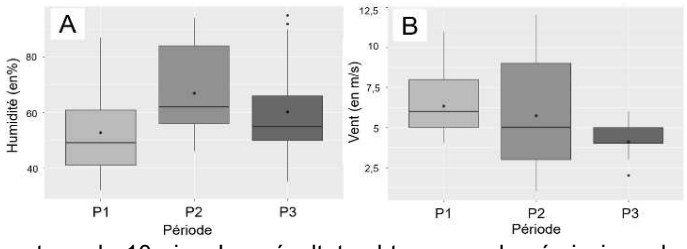


en P2 qu'en P1 (Figure 2-A). Le vent moyen était maximal en P1 et minimal en P3. En P2, le vent moyen était intermédiaire aux deux autres périodes mais il était bien plus variable (Figure 2-B). Les variations de climat, visibles ici par période, l'étaient également sur une même journée, pendant tout l'essai.

Figure 2 Boxplots de l'humidité (A) et du vent (B) par période

2.3. DES EMISSIONS DE METHANE QUI VARIENT SELON PLUSIEURS FACTEURS

Sur la totalité des mesures faite au LMD, la moyenne des pics par mesure était de 97ppm*m et l'écart-type de 60ppm*m. Le nombre de pics moyen par mesure était de 138 pics et l'écart-



type de 10 pics. Les résultats obtenus sur les émissions de méthane des vaches laitières, en fonction de leur apport complémentaire en EMS, au pâturage, sont illustrés dans le Tableau 1. Les moyennes des pics diffèrent pour les trois périodes. La moyenne maximale est atteinte en P3 et la minimale en P2. Les différences de moyennes de pics entre les traitements varient selon les périodes. Pour les vaches recevant T0, les émissions de méthane sont minimales en P1 et P3 et elles sont maximales en P2. En P1 et P2, les vaches recevant T4 ont des émissions inférieures à celles recevant T8. En P3, ces émissions sont égales. En P3, les écart-types sont plus importants pour les trois traitements. En P2, les moyennes de pics, pour les trois traitements, sont très proches. La réalisation de l'ANOVA a mis en évidence un effet période très significatif avec une p-value<0,001 (Tableau 1). Le modèle de cette analyse est un modèle de cross over. Ainsi, l'analyse statistique du traitement alimentaire n'a pu être faite que sur la première période de mesures. A l'issu de ce test, le résultat montre un effet non significatif (p-value =0,443) du traitement alimentaire sur les émissions de méthane mesurées par le LMD.

Période	P1			P2			P3		
Traitement alimentaire	T0	T4	T8	T0	T4	T8	T0	T4	T8
Moyenne	89	98	99	77	75	77	102	107	107
Ecart-type	45	56	57	42	42	38	64	65	67
Résultats statistique de l'ANOVA									
Effet Période						p-value<0,001			
Effet Traitement alimentaire en P1						p-value = 0,443			

Tableau 1 Moyenne des pics (en ppm*m) par période et par traitement alimentaire, pour l'opérateur principal.

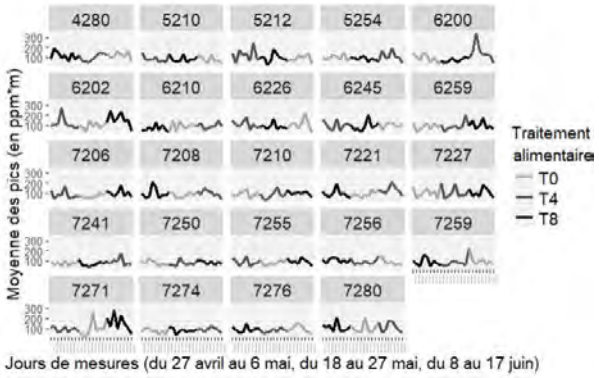


Figure 3 Evolution des moyennes de pics (en ppm*m) par animal en fonction des jours et du traitement alimentaire.

En plus des différences d'émissions observées par période, tous traitements confondus, les résultats ont mis en évidence des différences d'émissions entre les jours de mesures. D'autre part, des évolutions extrêmement hétérogènes entre les animaux ont également pu être observées (Figure 3). Des vaches ont par exemple des émissions moyennes importantes (6202, 7227) et d'autres très faibles (7276, 7241). Ces différences sont également visibles pour des animaux recevant un même traitement alimentaire en même temps (5210, 5212).

Enfin, les émissions étaient également différentes en fonction de la position et de l'activité de la vache (Tableau 2).

		Moyenne des pics		Nombre de pics	
Position	Activité	Moyenne	Ecart-Type	Moyenne	Ecart-Type
Debout	Rumine	100	45	141	13
	Rien	105	39	140	15
	Pâture	100	66	138	9
Couchée	Rumine	85	43	139	12
	Rien	80	44	136	14
	Pâture	58	12	137	4
Demi-Journée	Matin	104	70	137	10
	Après-midi	91	48	140	10

Tableau 2 Moyenne de pics (en ppm*m) et nombre de pics (en pics) par position et activité et par demi-journée

Sur l'ensemble des mesures, les vaches ont une moyenne et un nombre de pics supérieurs quand elles sont debout (significatif). Dans cette position, elles émettent autant de méthane qu'elles pâturent ou ruminent. En revanche, en position couchée, elles émettent plus de méthane quand elles ruminent (non significatif).

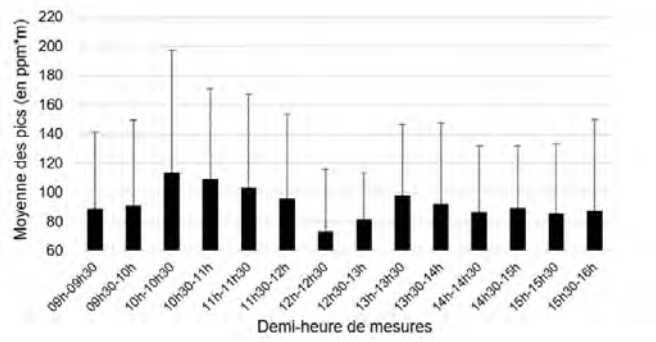


Figure 4 Evolution de la moyenne des pics (en ppm*m) sur une journée

Les émissions étaient également différentes selon le moment de la journée. Les vaches émettaient plus de méthane le matin que l'après-midi. En revanche, le nombre de pics était plus élevé l'après-midi (Tableau 2). Lorsque les émissions étaient observées à l'échelle de la demi-heure de mesures, pour toutes les vaches, un maximum d'émission apparaissait entre 10 et 11h (Figure 4). Finalement, les vaches n'ont pas pu être classées par leur apport complémentaire d'EMS grâce au méthane mesuré par le LMD. En revanche, les résultats obtenus par l'INRAE sur la production laitière des vaches ont montré un effet significatif de ce traitement. Sur chaque période, la production laitière était supérieure pour les vaches recevant un apport complémentaire d'EMS au pâturage.

3. DISCUSSION

3.1. UN PROTOCOLE FIABLE AU PATURAGE ET ADAPTE A L'ESSAI

Le pré-essai a permis de construire et de valider un protocole de mesures, avec le LMD, sur des vaches laitières au pâturage pour prédire le méthane émis. Grâce à la présence régulière de l'opérateur pendant cette période, les vaches se sont habituées et l'ont ignoré. Ainsi, leur comportement au pâturage était habituel, comme le souhaitait plusieurs auteurs (Ricci et al., 2014). Ce protocole a ensuite pu être appliqué à l'essai et respecté sur toute sa durée. Ainsi, une large base de données de 110h d'enregistrements répartis en 70 mesures/vache (position et activité associées) a pu être construite. Ce protocole a donc permis de contribuer au besoin d'élargir le nombre de mesures, faites avec un LMD, au pâturage (Grobler et al., 2014). La moyenne des pics obtenue (97 ppm*m) était légèrement inférieure à celle obtenue par Sorg et al. en 2018 (129 ppm*m) et l'écart-type (60 ppm*m) était supérieur à celui de Sorg et al. (54ppm*m). Cependant, dans cette étude, les mesures avaient été faites dans un bâtiment. Or, la concentration de méthane mesurée dans l'air par le LMD peut être diluée par le vent (Chagunda et al., 2013) et cet élément n'est normalement pas présent en bâtiment. Ceci pourrait donc expliquer une moyenne de pics inférieure au pâturage. Ces auteurs avaient également montré que la concentration de CH_4 mesurée sur des vaches qui se déplacent était plus faible que sur des vaches inactives. Or, au pâturage, les vaches se déplaçaient fréquemment. Enfin, ces auteurs avaient observé, à l'instar de cette étude, des émissions de CH_4 plus faibles pour des vaches qui ruminent debout plutôt que couchées. Pour la variable « nombre de pics », la moyenne était de 138 pics par mesure de 4min, soit 35 pics/min. Ceci correspond au taux respiratoire des bovins (Thompson et al., 2011).

En considérant les activités et positions des animaux, le protocole a également permis d'observer la dynamique journalière des animaux. En effet, les vaches pâturaient toutes debout en arrivant dans la parcelle. Puis, entre 10h et 13h la proportion de vache en rumination augmentait. L'après-midi, le comportement du troupeau était plus hétérogène et les émissions de méthane plus faibles. Le matin, les émissions de méthane étaient supérieures à celles de l'après-midi, avec un pic atteint entre 10h et 11h. En 2014, Ricci *et al*. avaient mis en avant que ce pic d'émissions survenait juste après le repas. Enfin, de fortes différences d'émissions ont pu être observées à l'échelle des individus. Ceci pourrait être lié à l'heure de mesure, ou bien au comportement de l'animal qui pouvait faciliter ou non la réalisation de la mesure. D'autre part, l'explication pourrait être génétique (Denninger et al., 2020). Au regard des résultats et de ces différentes études, la fiabilité des mesures réalisées avec le LMD, sur des vaches laitières au pâturage, a donc pu être validée.

3.2. DES EMISSIONS DE METHANE SIMILAIRES ENTRE LES DIFFERENTS NIVEAUX D'APPORT EN EMS

Les mesures faites au LMD n'ont pas permis de différencier les vaches selon leur traitement alimentaire. Les moyennes de pics étaient néanmoins supérieures pour T4 et T8, en P1 et P3. Ceci pourrait s'expliquer par la quantité réelle ingérée en EMS (qui était parfois inférieure à la quantité offerte), et par la qualité de l'ensilage de maïs (Knapp et al., 2014). L'ingestion réelle d'herbe ainsi que sa qualité pourrait également être une explication. Toutes ces données sont analysées par l'INRAE et il serait donc intéressant de les croiser avec les mesures du LMD. A l'inverse de l'effet du traitement alimentaire, l'effet période s'est montré très significatif sur les mesures de méthane. En croisant ces données avec les conditions climatiques des corrélations ont pu être établies. Par exemple, en P2 les émissions de méthane étaient minimales et le vent était intense et très variable. En P3, les émissions étaient maximales et le vent minimal. Ceci confirme donc l'impact du vent et de l'humidité sur les mesures faites au LMD par Chagunda et al. (2013). La météo pourrait également expliquer les variations journalières observées pour toutes les vaches. Des différences aveint aussi été observées entre les mesures de l'opérateur principal et secondaire. Ainsi, dans le cadre de l'exploitation des mesures faites avec un LMD, il sera pertinent de prendre en compte tous ces facteurs.

CONCLUSION

Ces premiers résultats ont donc permis la construction d'un protocole de mesure, avec le LMD, sur des vaches laitières au pâturage. Son application est fiable et pratique mais sa fiabilité devra être précisée par des mesures de répétabilité. Le protocole n'a pas permis de différencier les vaches en fonction de leur apport complémentaire en EMS. Cependant, il a été montré que de nombreux facteurs pouvaient influencer les émissions de méthane enregistrées à l'aide du LMD. Ces derniers devront être pris en compte pour de nouvelles mesures au LMD.

Je remercie les partenaires du projet GrASTech ainsi que le programme européen, ERA-NET SUSAN, qui le finance. Je remercie Benoît Rouillé pour son encadrement sur cette étude, l'Institut de l'Elevage et l'INRAE pour leur accueil.

CITEPA, 2020. Rapport national d'inventaire
Chagunda M.G.G., et al., 2013. Ani. Sci., 63, 68-75
Denninger T.M., Jou. of dai. Sci. 103, 2024-2039
Grobler S.M.,et al.,2014. Sou. Afr. Jou. Ani. Sci., 44, 12-16.
Knapp J.R., et al., 2014. Jou. of Dai. Sci., 97, 3231-3261
Mapfumo M.F., et al., 2018. Pastoralism, 8, 1-8.
Ricci P., et al., 2014. Jou. of Dai. Sci.,92, 5239 5250
Roessler R., Schlecht E., 2021. Animal, 15, 100070
Sorg D., et al., 2018. Com. and Elec. in Agr., 153, 285-294
Thompson V.A.,et al., 2011. Jou. Ani. Sci, 89,3973-3982.

Premiers résultats d'une approche environnementale globale et intégrée de l'exploitation laitière de Trévarez

FORAY S. (1), BROCARD V. (2), TRANVOIZ E. (3), TROU G. (3), LE CŒUR P. (3)
(1) Institut de l'Elevage, BP 85225, 35652 Le Rheu Cedex
(2) Chambre d'agriculture de Bretagne, CS 74223, 35042 Rennes Cedex

RESUME

La ferme expérimentale laitière de Trévarez (Bretagne) met en place depuis 2018 une stratégie intégrant un ensemble de leviers et de pratiques pour répondre aux enjeux environnementaux auxquels font face les systèmes de production agricoles. Cette stratégie repose notamment sur la réduction du taux de renouvellement et de l'âge au vêlage des génisses, la baisse des intrants alimentaires et l'utilisation de tourteaux de colza à la place du soja pour l'alimentation des vaches laitières, la valorisation des déjections produites sur l'exploitation pour limiter l'utilisation d'engrais minéraux. Pour étudier les effets de ces facteurs sur les performances environnementales de l'exploitation, les émissions de Gaz à Effet de Serre (GES) (méthane CH_4, protoxyde d'azote N_2O ou dioxyde de carbone CO_2), mais aussi les pertes azotées, ont été déterminées avec l'outil CAP'2ER développé par l'Institut de l'Elevage. L'approche réalisée ne s'arrête toutefois pas aux indicateurs couramment utilisés tels que l'empreinte carbone du lait mais s'intéresse aussi et particulièrement à la globalité du système d'élevage. Cette stratégie globale conduite a permis de réduire les émissions de GES de 14% par litre de lait (0,83 vs 0,97 kg eqCO_2 l^{-1}). A l'échelle de l'exploitation, cette réduction est de 13% par ha de SAU (7 788 vs 8 904 kg eqCO_2 ha^{-1}). En 2021, 85% des émissions de GES de l'exploitation sont liés à son fonctionnement biologique (CH_4 entérique, N_2O liée à la gestion des déjections). Le carbone stocké dans les sols et dans les haies (partie racinaire et partie aérienne) permet de compenser intégralement les émissions liées aux intrants. L'efficience de l'azote (NUE) est également passée de 38% à 43 % et l'excédent du bilan réduit de 12 kgN par ha de SAU (83 à 71 kgN ha^{-1}) limitant les pertes azotées vers l'eau et l'air. L'utilisation d'indicateurs bien connus (bilan apparent ou efficience de l'azote) et d'autres dédiés aux émissions de GES dont les modalités d'expression diffèrent de la seule production laitière (empreinte carbone du lait) et qui s'intéressent à la globalité de l'exploitation (émissions de GES par ha de SAU, émissions liées au fonctionnement biologique de l'exploitation) et non uniquement à l'atelier laitier révèle tout l'intérêt de l'approche intégrée des leviers d'action pour s'assurer de répondre correctement aux enjeux environnementaux.

First results of a global and integrated environmental approach of Trevarez dairy farm

FORAY S. (1), BROCARD V. (2), TRANVOIZ E. (3), TROU G. (3), LE CŒUR P. (3)
(1) Institut de l'Elevage, BP 85225, 35652 Le Rheu Cedex

SUMMARY

Since 2018, the Trevarez experimental dairy farm (Brittany) has been implementing a strategy integrating a set of measures to meet the environmental challenges facing agricultural production systems. This strategy is based on reducing the replacement rate and the calving age of heifers, reducing feed inputs, and using rapeseed cake instead of soybeans for dairy cows, recovering the value of manure produced on the farm to limit the use of mineral fertilizers. To study the effect of these factors on the environmental performance of the farm, GHG emissions (CH_4, N_2O or CO_2), as well as nitrogen losses, were determined using the CAP'2ER tool developed by the Institut de l'Elevage. However, the approach is not limited to commonly used indicators such as the carbon footprint of milk and focuses on the overall farming system. The overall strategy has reduced GHG emissions by 14% per litre of milk (0.83 vs 0.97 kg eqCO2 l^{-1}). At the farm level, this reduction is 13% per hectare of UAA (7,788 vs. 8,904 kg eqCO_2 ha^{-1}). In 2021, 85% of the farm's GHG emissions are linked to its biological functioning ($CH_{4\ enteric}$, N_2O linked to manure management). The carbon stored in the soil and in the hedgerows (root and aerial parts) will fully compensate for the emissions linked to inputs (concentrates, fuel, fertilizer). Nitrogen efficiency (NUE) also increased from 38% to 43% and the nitrogen surplus reduced by 12 kgN ha^{-1} UAA (83 to 71 kgN ha^{-1}) limiting nitrogen losses to water and air. The use of well-known indicators (nitrogen balance or NUE), together with indicators dedicated to GHG emissions, which are expressed differently from the level of milk production (carbon footprint of milk) and which are concerned with the whole farm and not just the dairy unit (GHG emissions per ha of UAA, emissions linked to the biological functioning of the farm), reveals the interest of an integrative view of the measures in order to ensure that the environmental issues are correctly tackled.

INTRODUCTION

La prise en compte des préoccupations environnementales en élevage herbivore est un enjeu majeur. L'élevage doit concilier à la fois des objectifs de production compatibles avec la notion de produits de qualité tout en respectant l'environnement. Des efforts importants ont été entrepris par la filière herbivore ces dernières années pour réduire l'impact de l'activité d'élevage sur la qualité de l'eau (Foray & al. 2019).

Aujourd'hui, le changement climatique nécessite plus que tout d'élargir l'analyse environnementale à d'autres aspects, notamment aux émissions de Gaz à Effet de Serre (GES) afin de trouver les solutions pour les réduire tout en maintenant une activité agricole viable. Ainsi, la filière laitière française a déployé la démarche « Ferme Laitière Bas Carbone » (www.ferme-laitiere-bas-carbone.fr/) dont l'objectif consiste à réduire l'empreinte carbone du lait de 20%. Pour encourager les éleveurs à l'intégrer, la ferme expérimentale de Trévarez (Chambre d'agriculture de Bretagne) a mis en place depuis 2018 une expérimentation système à orientation « Bas

Carbone » sur son élevage laitier conventionnel. L'analyse du déploiement de la combinaison de plusieurs leviers et pratiques vertueuses permet de préciser les connaissances sur leur interopérabilité, leur coût de fonctionnement, leur difficulté/facilité de mise en place et leurs impacts environnementaux (positifs ou négatifs). En effet, si de nombreux leviers ont été identifiés comme ayant un intérêt ponctuel pour la réduction des émissions de GES (Pellerin et al. 2013, Dolle et al. 2017) ou pour les compenser par le stockage de carbone sous les prairies (Arrouays et al., 2002 ; Soussana, 2010), ils sont souvent analysés à l'échelle du maillon considéré sur l'élevage (troupeau ou stockage des déjections par exemple), sans prendre en compte leur incidence sur la gestion globale de l'exploitation (Faverdin et Van Milgen, 2019). Les travaux conduits sur la ferme expérimentale de Trévarez viennent ainsi compléter les travaux liées à l'approche intégrée de la mise en place combinée de pratiques visant à réduire les émissions de GES et plus globalement les impacts environnementaux des élevages laitiers (Foray et al. 2020).

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. La ferme expérimentale de Trévarez et le système étudié

La ferme de Trévarez est située dans le centre-est du Finistère, à 30 km au Nord-Est de Quimper. Elle bénéficie d'un climat océanique, même si la zone peut être qualifiée de froide et humide, avec une pluviométrie moyenne de 1 250 mm par an. Si Trévarez dispose de deux élevages laitiers, dont un en agriculture biologique, c'est l'élevage conduit en agriculture conventionnelle qui est concerné par l'expérimentation système présentée ici. Ce système appelé « Bas Carbone » a été lancé en 2018. Il mobilise entre 125 et 130 vaches laitières de race Prim'Holstein et environ 45 génisses de renouvellement par génération. Les vaches en lactation sont logées dans une stabulation à logettes non paillées, avec matelas. Les génisses et les vaches taries sont logées dans une étable avec aire de couchage paillée et une aire d'exercice raclée en fumier. Le système dispose d'une surface agricole de 130 ha. La surface pâturable est volontairement bloquée à 25 ares par vache laitière, sur un potentiel d'un peu plus de 40 ares accessibles par vache, afin de correspondre à la moyenne des exploitations bretonnes. Les systèmes de cultures sont fonction de la localisation des parcelles et de la dichotomie entre surfaces accessibles et surfaces non accessibles au pâturage par les vaches laitières. Sur les 51 ha accessibles, une rotation majoritaire Maïs – Maïs - Céréales-RGI/colza dérobé/prairies permet de faire bénéficier au maïs l'effet retournement de la prairie. Une rotation courte colza/RGI sur les surfaces proches des bâtiments entre 2 prairies a comme finalité de maintenir cette surface accessible au pâturage. Sur les surfaces non accessibles, les rotations alternent entre les surfaces en herbe et les surfaces en cultures annuelles. L'organisation des rotations sur ces surfaces non accessibles a comme objectif de favoriser les rendements fourragers selon les besoins en herbe et en appliquant comme règles de décision 1) de satisfaire les besoins de surfaces dédiées au pâturage des génisses et 2) de garantir les besoins de surfaces orientées vers la fauche pour les vaches laitières.

1.2. Les objectifs et la construction du système Bas Carbone

L'objectif du système lors de sa conception était de produire 8 000 kg de lait par vache et par an, de réduire d'au moins 20% l'empreinte carbone du lait à l'horizon 2025 par rapport à la situation d'origine, de limiter les fuites d'azote et de garantir efficacités économique et sociale. Les mesures ou pratiques mises en place sur l'élevage pour atteindre ces objectifs sont issues d'une étude bibliographique et de simulations réalisées au démarrage de l'essai système. Cinq leviers de deux ou trois modalités, applicables au contexte de Trévarez ont été testés par modélisation avec l'outil d'analyse environnementale CAP'2ER décrit ci-après. Les 48 simulations réalisées à partir des données zootechniques réelles de la ferme de Trévarez issues de précédents travaux (Brocard et al., 2020) ont permis de définir les pratiques les plus pertinentes à mettre en place en termes de réduction des émissions de GES et de pertes azotées. Le choix s'est porté sur (a) la réduction de l'âge au premier vêlage en visant un vêlage des génisses à 24 mois - vs 27 mois - , sur (b) deux périodes de vêlage (65% des vêlage à l'automne et 35% au printemps) – vs 100% à l'automne ou 100 % au printemps, sur (c) l'utilisation de tourteau de colza plutôt que de soja, sur (d) la non utilisation de concentrés de production (céréales) – vs utilisation de céréales en complément, sur (e) une récolte précoce d'herbe ensilée pour favoriser la qualité plutôt que la quantité. Par la suite, la conduite a été adaptée au fur et à mesure des résultats obtenus par recherche permanente d'optimisation.

1.3. Données techniques enregistrées

Les données suivantes ont été enregistrées sur les 4 années étudiées : les effectifs de toutes les catégories animales, la valeur alimentaire des fourrages, l'alimentation distribuée et les refus à l'auge (vaches traites, taries, à l'engrais et génisses), le concentré VL individuel, le planning de pâturage des vaches et des génisses pour évaluer les quantités d'herbe consommée (méthode HerbValo, Delagarde et al., 2017), la production laitière par traite, les taux du lait et les cellules (1 contrôle par semaine), les données de reproduction et de santé, les pesées et notes d'état corporel mensuelles. Pour le volet végétal, ont été enregistrés le suivi des rotations, les itinéraires techniques des cultures, la gestion de la fertilisation minérale et organique, les rendements des cultures.

1.4. L'évaluation environnementale

L'évaluation environnementale du système Bas Carbone a été réalisée à l'échelle de l'exploitation de 2018 à 2021 avec l'outil CAP'2ER (v6.4.0) développé par l'Institut de l'Elevage (https://cap2er.fr/Cap2er/). Elle s'intéresse à l'ensemble des impacts environnementaux (émissions de GES, bilan apparent de l'azote, lessivage des nitrates, émissions d'ammoniac, …) afin d'analyser le risque de transfert de pollution entre les différents compartiments (eau, air, sol).

Les émissions de GES sont évaluées sur plusieurs postes : la fermentation entérique, la gestion des déjections (bâtiment, stockage, épandage, pâturage), les consommations d'énergie directe (fioul) et indirecte (émissions de CO_2 générées lors de la fabrication et le transport des intrants) mais aussi les émissions liées à l'application des engrais minéraux. Ces émissions de GES sont converties en équivalent CO_2 et ramenées à la production laitière standard en protéines et matières grasses (kg eqCO_2 l^{-1} lait) sur la base de l'allocation biophysique lait/viande préconisée par la Fédération Internationale Laitière. L'empreinte carbone nette du lait, qui prend en compte une estimation du stockage de carbone associé aux surfaces en prairies, est également proposée.

L'approche réalisée ne s'arrête toutefois pas à ces indicateurs couramment utilisés. En effet, des travaux récents mettent en avant le besoin d'aborder ces questions environnementales de façon intégrée et soulignent la difficulté du choix des unités fonctionnelles (litre de lait ou kg de viande vive par exemple) à utiliser (Van der Werf et al. 2020). Dans le cadre du suivi du système Bas Carbone de Trévarez, d'autres indicateurs sont utilisés. Il s'agit par exemple du rapport entre les émissions de GES liées au fonctionnement « biologique » de l'exploitation - méthane (CH_4) entérique, CH_4 et protoxyde d'azote (N_20) liés à la gestion des déjections - et les émissions de GES totales, ou encore le rapport entre les émissions liées aux intrants (CO_2 direct lié à la consommation d'énergie, CO_2 indirect lié aux intrants et N_2O lié à la fertilisation minérale) et les mêmes émissions totales.

2. RESULTATS

2.1. RESULTATS TECHNIQUES

2.1.1. Surface fourragère et alimentation

Au cours des 4 années, le système Bas Carbone a été conduit sur 82 ha de prairies, dont 29 ha de prairies permanentes, et sur 34 ha de maïs ensilage. La part de maïs dans la surface fourragère principale (SFP) passe sous la barre des 30% à partir de 2019. Elle est de 26% en 2021.

Si l'herbe représente 33% de la matière sèche (MS) ingérée sous forme de fourrage en 2018, elle atteint 49% de la ration (MS) hors concentrés en 2021. En moyenne, 80% de cette herbe est ingérée au pâturage. Depuis 2019, 100% des concentrés protéiques distribués aux vaches laitières sont constitués de tourteau de colza.

Le système est autonome en fourrage et affiche une autonomie protéique moyenne de 73% sur les 4 ans. Elle atteint 78% en 2021 (tableau 1).

2.1.2. Production laitière

Entre 2018 et 2021, la production laitière brute a augmenté de 286 litres par vache (tableau 1). Elle s'est accompagnée d'une amélioration de la matière utile : le taux butyreux (TB) a gagné plus d'un point (de 43,2 g/l en 2018 à 44,5 g/l en 2021), tout comme le taux protéique (TP) qui passe de 32,3 g/l en 2018 à 33,7 g/l en 2021. En 2020, ces taux ont été légèrement plus faibles et compensés par une production laitière plus importante. En corrigeant la production laitière avec un TB de 40 g/kg et un TP de 33 g/kg, le lait produit par vache présente atteint 8 036 kg en 2021, soit 490 kg de plus qu'en 2018, répondant aux objectifs de production fixés au démarrage de l'expérimentation.

Enfin, l'écart entre le lait livré et le lait produit est le plus faible en 2021 où seuls 2,7% du lait produit n'a pas été livré (distribué aux veaux ou écarté à la suite du traitement de mammites).

	2018	**2019**	**2020**	**2021**
Occupation du sol				
Prairies temporaires + permanentes (ha)	**78,1**	**81,7**	**77,6**	**86,0**
Maïs (ha)	**41,6**	**31,7**	**37,7**	**33,8**
Surface fourragère (ha)	**122,5**	**118,4**	**117,4**	**122,9**
Part de maïs dans la surface fourragère (%)	32%	24%	29%	26%
Cultures de vente (ha)	8,0	7,2	13,1	7,6
Alimentation				
Herbe pâturée (kg MS / VL / an)	1 503	1 526	1993	2 281
Herbe ensilée (kg MS / VL / an)	421	183	463	508
Foin (kg MS / VL / an)	78	79	44	155
Maïs ensilage (kg MS / VL / an)	3 889	3 968	3612	3049
Autres fourrages conservés (kg MS / VL / an)	120	360	235	211
Total fourrages (kg MS / VL / an)	**6 011**	**6 117**	**6348**	**6204**
Autonomie fourragère	*100%*	*100%*	*100%*	*100%*
Tourteau de colza (kg / VL / an)	409	723	635	690
Tourteau de soja (kg / VL / an)	157	0	0	0
Blé et féverole (kg / VL / an)	142	0	0	0
Total concentrés (kg / VL / an)	**799**	**723**	**635**	**690**
Autonomie protéique	*73%*	*76%*	*80%*	*78%*
Production laitière				
Lait vendu total (x 1 000 l)	899	978	992	938
Lait produit brut / VL présente (l)	7 481	7 771	7 927	7 767
Taux butyreux (g/l)	43,2	44,2	42,1	44,5
Taux protéique (g/l)	32,3	32,6	32,7	33,7
Lait produit corrigé TB-TP / VL présente (l)	7 546	7 949	7 917	8 036
Lait vendu / lait produit (%)	94,7%	97,2%	96,9%	97,3%

Tableau 1 Ration moyenne annuelle en fourrages (kg de matières sèches MS) et quantité moyenne annuelle de concentrés hors minéraux (kg de matière brute) par vache laitière présente – autonomies fourragère et protéique – production laitière et qualité du lait sur la ferme de Trévarez entre 2018 et 2021

2.1.3. Conduite des génisses

En 2020 et 2021, les génisses ont vêlé à 25 mois en moyenne. L'âge au premier vêlage a été réduit de 2 mois par rapport aux moyennes de 2016 à 2019. Ces résultats s'expliquent par une meilleure croissance des génisses entre la naissance et l'insémination, et par le choix des génisses conservées pour le renouvellement.

Depuis 2018, les génisses sont sevrées à 100 kg en moyenne pour un âge au sevrage de 75 jours (tableau 2).

L'alimentation des veaux a ainsi été revue. De 15 jours à 5 mois, leur ration est constituée de foin à volonté, d'eau et d'un concentré à base de féverole et de granulé d'orge, plafonné à 3,5 kg par tête. A 6 mois, les génisses atteignent 200 kg. A partir de cet âge, l'objectif est de maximiser le pâturage. Sur l'ensemble de leur durée d'élevage, les génisses pâturent ainsi plus de 400 jours en 25 mois. Si la consommation de concentrés a augmenté de 100 kg par génisse élevée, elle est compensée par une économie de 660 kg de matières sèches de fourrages du fait des 2 mois d'élevage gagnés.

Les génisses atteignent en moyenne 400 kg à 15 mois. Elles sont inséminées à 380 kg minimum après pesée au moment des périodes d'inséminations artificielles.

Le gain de croissance observé a permis de réduire le nombre de génisses décalées d'une saison de reproduction à l'autre, faute de poids suffisant, et donc de réduire l'âge au vêlage, sans dégrader le poids après vêlage qui reste identique.

	2015 à 2017	2018 à 2020	Ecart
Effectifs	126	129	
kg naissance	39	41	+ 2 kg
kg sevrage 75 j	85	100	+ 15 kg
kg à 6 mois	176	201	+ 25 kg
kg à 15 mois	368	400	+32 kg
kg après vêlage	561	565	+ 4 kg
Age 1er vêlage	26,7	24,7	- 2 mois

Tableau 2 Evolution des croissances des génisses élevées sur la ferme de Trévarez depuis 2015

2.2. RESULTATS ENVIRONNEMENTAUX

2.2.1. Efficience de l'utilisation de l'azote, bilan apparent de l'azote et pertes potentielles vers le milieu

Le tableau 3 présente les principaux postes du bilan apparent de l'azote dont l'excédent n'a jamais dépassé 83 kgN ha^{-1} (valeur en 2018), reflétant des pertes potentielles vers le milieu relativement faibles et très inférieures aux références disponibles pour des systèmes d'élevage équivalents. Ceux-ci affichent en moyenne un excédent du bilan apparent de 96 kgN ha^{-1} pour les systèmes de plaine où le maïs représente 10 à 30% de la SFP ou 119 kgN $^{-1}$ pour les systèmes de plaine où le maïs occupe plus de 30% de la SFP (Foray et al. 2017).

Par rapport à ces références, Trévarez est caractérisée par des entrées d'azote plus faibles sur les postes « engrais minéraux » avec en 2021 une valeur de 34 kgN ha^{-1} contre 65 kgN ha^{-1} et 89 kgN ha^{-1}. Les entrées liées aux aliments concentrés sont également plus faibles. La fixation symbiotique sur le système Bas Carbone de Trévarez est à l'opposé plus marqué que dans les 2 systèmes de référence.
Les sorties d'azote (lait vendu principalement) sont quasiment identiques entre le système de Trévarez et le système de référence à 10-30 % de maïs dans la SFP.
L'efficience azotée de l'exploitation (rapport entre les sorties d'azote et les entrées) est en moyenne supérieure à 40%.

	Trévarez Bas Carbone				Données Inosys Réseau d'Elevage 2009-2013 (Foray *et al.*, 2017)	
kgN ha^{-1} SAU an^{-1}	2018	2019	2020	2021	Système de plaine 10-30% maïs dans la SFP	Système plaine < 30% de maïs dans la SFP
Total des entrées, dont	134	121	100	123	145	188
Engrais minéraux	32	26	25	34	65	89
Aliments concentrés	50	42	36	39	43	69
Fixation symbiotique	30	31	29	37	19	11
Total des sorties	51	52	55	52	49	69
Bilan apparent N et pertes potentielles	**83**	**69**	**45**	**71**	**96**	**119**
Vers l'air	*40*	*38*	*33*	*37*	*29*	*37*
Vers l'eau	*29*	*18*	*2*	*16*	*49*	*77*
Efficience azotée NUE (%)	38%	43%	55%	43%	37%	39%

Tableau 3 Bilan apparent de l'azote, pertes potentielles vers le milieu et efficience de l'utilisation de l'azote du système Bas Carbone de Trévarez et comparaison à des systèmes de référence

2.2.2. Emissions de GES

Les émissions brutes de GES (tableau 4), exprimées en kg eq CO_2 l^{-1} de lait corrigé ont baissé de 14% en passant de 0,97 à 0,83. C'est également une valeur inférieure de 19% à la référence régionale Bretagne à système comparable.
En intégrant le stockage de carbone dans les sols prairiaux et la partie racinaire de haies, l'empreinte carbone nette du lait atteint 0,71 kg eq CO_2 l^{-1}, soit une baisse de 17% par rapport à 2018.
Plus globalement, à l'échelle de l'exploitation, les émissions de GES ramenées à l'ha de SAU ont suivi la même tendance (-13% entre 2018 et 2021).
Le rapport entre les émissions de méthane entérique et les émissions totales de l'exploitation augmente légèrement en 4 ans (58 % en 2018 et 62 % en 2021).

Toutefois, ces mêmes émissions de méthane entérique rapportées aux émissions liées au fonctionnement biologique de l'exploitation fluctuent très peu sur la campagne de suivi.
La réduction de la part des émissions liées aux intrants sur les émissions de GES totales est également visible (20 % en 2018 vs 15 % en 2021).
L'augmentation de la surface en prairie en 2021 se traduit par une augmentation du stockage de carbone de 171 kg eqCO_2 ha^{-1} de SAU en l'espace de 4 ans.
Enfin, le stockage de carbone complémentaire dans la partie aérienne non valorisée des haies est estimé à 102 kg eqCO_2 ha^{-1} de SAU.

	Echelle	Trévarez Bas Carbone				Evolution 4 ans	Réf*
		2018	2019	2020	2021		
Emissions brutes de GES (kg eqCO_2 l^{-1} lait corrigé)	Atelier lait	0,97	0,87	0,81	0,83	-14%	1,02
Stockage de carbone (kg eq CO_2 l^{-1} lait corrigé)		0,11	0,10	0,10	0,12	+ 9%	0,16
Empreinte carbone nette (kg eqCO_2 l^{-1} lait corrigé)		0,86	0,77	0,71	0,71	-17%	0,86
Emissions brutes de GES (kg eqCO_2 l^{-1} ha^{-1})		8 904	8 515	7 929	7 788	-13%	
Emissions CH_4 entérique / émissions totales (%)		58%	59%	64%	62%		
Emissions CH_4 entérique / émissions biologiques (%)		72%	72%	75%	73%		
Emissions biologiques du système / émissions totales (%)		80%	83%	85%	85%		
Emissions liées aux intrants / émissions totales (%)		20%	17%	15%	15%		
Stockage de carbone kg eqCO_2 ha^{-1} de SAU		962	943	958	1 133		
Stockage de carbone / intrants totaux		55%	65%	83%	100%		
Stockage de carbone complémentaire bois (biomasse aérienne) kg eqCO_2 ha^{-1} de SAU		102					
Stockage de carbone total (avec biomasse aérienne) / intrants totaux		66%	78%	100%	117%		

Tableau 4 Emissions de GES et stockage de carbone sur la ferme Bas-Carbone de Trévarez. La référence proposée est issue du référentiel régional Bretagne 2021 sur « La ferme laitière Bas Carbone » (Goumand & Castellan, 2021) avec intégration des modifications des PRG du CH_4 et N_2O liés aux recommandations de l'IPCC pour permettre la comparaison avec la version CAP'2ER utilisée pour l'étude

3. DISCUSSION

Depuis sa mise en place en 2018, le système Bas Carbone de Trévarez affiche une réduction non négligeable de ses pertes azotées avec un bilan apparent de l'azote qui atteint 71 kgN ha^{-1} en 2021, traduisant notamment un très faible risque de perte par lessivage.
Le faible recours aux engrais minéraux explique en partie les faibles niveaux d'intrants azotés. Le maïs ne reçoit par exemple qu'un engrais starter au semis (100 kg de phosphate d'ammonium 18/46). Sa fertilisation est complétée par un apport de fumier s'il n'est pas implanté dans les 2 années suivant le retournement d'une prairie. Dans ce dernier cas, aucun apport organique n'est réalisé. Sur 25 années d'observations à Trévarez, le premier maïs après retournement de prairie produit 20% de rendement supplémentaire par rapport à la moyenne de toutes les parcelles de maïs quel que soit sa place dans la rotation, et 25% de plus que dans le cas des monocultures de maïs.
Les prairies sont fertilisées en priorité avec du lisier de bovin (1 à 2 apports), et si nécessaire, avec un apport minéral sous forme d'ammonitrate, sous condition d'une météo favorable à la pousse de l'herbe. De plus, une grande partie de la fertilisation de ces prairies est permise par la présence de trèfle (25% de trèfle blanc en moyenne dans les prairies temporaires pâturées) et explique également la faible utilisation d'azote minéral. L'introduction de légumineuses (trèfle blanc, trèfle violet, …) dans les prairies d'association est d'ailleurs aujourd'hui l'un des leviers phares mis en avant par le Teagasc en Irlande pour réduire l'utilisation d'engrais minéraux et les externalités négatives associées (émissions de GES et d'ammoniac) (Henessy et al. 2022).
A l'échelle de l'animal, malgré l'utilisation exclusive et limitée de tourteau de colza, la production laitière répond aux objectifs fixés, tant en quantité qu'en qualité, grâce à la part croissante d'herbe dans la ration. La poste « aliments concentrés » du bilan apparent est de ce fait relativement stable depuis 2019 mais beaucoup plus faible qu'en 2018.
Finalement, le poste intrants azotés sur l'exploitation affiche une baisse de 11kgN ha^{-1} entre 2018 et 2021. Pour autant, les sorties d'azote n'ont pas changé (+1 kgN ha^{-1} en 4 ans). L'exploitation a donc gagné en efficience d'utilisation de l'azote. Cette efficience, associée au faible surplus azoté, traduit une gestion optimisée de l'azote sur l'exploitation, aussi bien à l'échelle du troupeau (alimentation) qu'à l'échelle des cultures (fertilisation), et une bonne combinaison entre ces 2 ateliers.

Les émissions de GES suivent la même tendance que les pertes azotées. Elles diminuent depuis 2018, quels que soient le périmètre (atelier laitier ou exploitation) ou l'unité fonctionnelle utilisée (litre de lait corrigé ou ha). La baisse des émissions de GES exprimée par litre de lait (-14% en 2021/2018) n'est pas le fait de leur « dilution » permise par une intensification laitière. Elle est également observée à l'échelle de l'exploitation qui montre une réduction, en 4 ans, de plus de 1,1 tonne eq CO_2 par ha de SAU, sur une surface qui est restée inchangée.
Comme évoqué précédemment, la réduction de l'âge au vêlage des génisses explique en partie cette baisse.
De même, l'utilisation limitée de tourteau de colza, dont l'origine n'est pas associée à un changement d'occupation des sols (déforestation), est synonyme d'un faible impact environnemental indirect.
Le gain d'efficience observé sur la gestion de l'azote est également identifié sur ce volet GES. En effet, du fait de la réduction des intrants sur l'exploitation, et notamment de l'aliment concentré, la part des émissions liées à ces intrants (émissions indirectes) s'est considérablement réduite. Elles sont d'ailleurs intégralement compensées en 2021 par le stockage de carbone permis par les sols prairiaux et par la partie racinaire de haies. Il s'agit d'une certaine forme de neutralité climatique puisqu'il ne reste que les émissions liées au fonctionnement biologique de l'exploitation, dont la principale origine est le méthane entérique. Une partie de ces émissions est même compensée en 2021 par le stockage complémentaire dans la biomasse aérienne non valorisée des haies de Trévarez.

CONCLUSION

Le mot d'ordre sur le dispositif Bas Carbone de Trévarez est d'utiliser le plus efficacement possible les ressources disponibles sur l'exploitation et de limiter le recours aux intrants, dont les coûts environnementaux ne sont pas négligeables, notamment en ce qui concerne les émissions de GES liées à leur fabrication ou à leur transport, et qui peuvent également être synonymes de pertes azotées.
L'amélioration des pratiques est donc un levier pour répondre aux enjeux environnementaux, avant de penser à d'autres solutions industrielles, certainement plus coûteuses pour l'éleveur. L'étude économique prévue sur les années de suivi de ce système Bas Carbone de Trévarez permettra de compléter cette analyse.
Enfin, il est de nécessaire de rappeler l'intérêt de l'approche globale et intégrée des différents facteurs impliqués dans le fonctionnement des systèmes laitiers dans l'évaluation de leurs performances environnementales et de ne pas se focaliser sur un seul indicateur, ou une seule unité fonctionnelle, au risque de ne pouvoir atteindre les objectifs fixés de réduction des émissions de GES et autres pertes vers le milieu.

Cette étude a bénéficié du soutien financier de l'Europe dans le cadre du projet Interreg Atlantic Area Dairy-4-Future, et du compte d'affectation spéciale développement agricole et rural attribué par France Agrimer dans le cadre du projet STRACE²

Arrouays D., Balesdent J., et *al.*, 2002. Stocker du carbone dans les sols agricoles de France ? Rapport d'expertise collective, réalisé par l'INRA à la demande du Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable. Paris. 334 p
Brocard V., Tranvoiz E., et al., 2020. Renc. Rech. Ruminants 2020. 554-559
Colombie S., Ligneau L., et *al.*, 2020. Carbocage, vers la neutralité carbone des territoires, Ademe, 40 p
Delagarde R., Caillat H., Fortin J., 2017. Actes du congrès AFPF 2017, 117-124
Dollé, J.-B., Faverdin, P., Agabriel, J., Sauvant, D., Klumpp, K., 2013. Fourrages, 181–191
Faverdin P., Van Milgen J., 2019. INRAE Productions Animales, 32(2), 305-322
Foray S., Gaborit M., et al. 2020. Renc. Rech. Rumi., 25, 115-119
Foray S., Manneville V., 2019. À la reconquête de la qualité de l'eau en France, Idele, 39 p
Foray S., Billy C., et *al.* 2017. Gestion de l'azote dans les systèmes d'élevages herbivores, Idele, 98 p
Goumand, E., Castellan, E. 2021. https://idele.fr/en/detail-dossier/fiches-references-cap2err-edition-2021
Henessy D., O'Donovan M., 2022. Management and establishment of grass-white clover swards. Moorepark Dairy Levy research Update. Teagasc, 32p.
Pellerin S., Bamière L., et *al.* 2013. Quelle contribution de l'agriculture française à la réduction des émissions de gaz à effet de serre ? Potentiel d'atténuation et coût de dix actions techniques. Synthèse du rapport d'étude, INRAE (France).
Soussana J.F., Tallec T., Blanfort V., 2010. Animal, 4 : 334-350
Van der Werf H., Trydeman Kundsen M., Cederberg C., 2020. Nature Sustainability, 3, 419-425

Efficience d'utilisation de l'azote et empreinte carbone d'un système bovin laitier agroécologique basé sur des ressources fourragères diversifiées

NOVAK S. (1), GUYARD R. (1), CHARGELEGUE F. (1), AUDEBERT G. (1), FORAY S. (2)
(1) INRAE, Ferlus, 86600 Lusignan, France, DOI : 10.15454/1.5572219564109097E12
(2) IDELE, Monvoisin, 35650 Le Rheu, France

RESUME
Le système de polyculture-élevage OasYs, basé sur une diversification des ressources fourragères, la maximisation du pâturage, le développement des légumineuses et une stratégie d'élevage adaptée (2 périodes de vêlage, allongement des lactations à 16 mois, croisement 3 races) est mis en place depuis juin 2013 (72 vaches laitières, 91 ha) dans une zone soumise à des sécheresses estivales. Conduit sans irrigation et avec peu d'intrants, sa production laitière annuelle moyenne a été de 6746 l lait corrigé sur la matière utile /vache de 2017 à 2020. Ses performances environnementales ont été évaluées sur cette période avec l'outil CAP'2ER. OasYs présente un bilan apparent de l'azote très peu excédentaire avec de faibles pertes (48 kg N ha^{-1} en moyenne sur les 4 années) et une bonne efficience d'utilisation de l'azote (49% en moyenne). Les émissions brutes de gaz à effet de serre en équivalent CO_2 par litre de lait corrigé sont faibles (0,78 en 2020) et inférieures aux autres systèmes de plaine basés sur l'herbe. Elles sont essentiellement dues aux fermentations entériques des bovins (59% en moyenne) et dans une moindre mesure à la gestion des effluents (23%). Le stockage de carbone dans les sols est en revanche moins élevé que celui d'autres systèmes herbagers basés sur la prairie permanente car OasYs comporte quasi exclusivement des prairies temporaires.

Nitrogen use efficiency and carbon footprint of an agroecological dairy system based on diversified resources

NOVAK S. (1), GUYARD R. (1), CHARGELEGUE F. (1), AUDEBERT G. (1), FORAY S. (2)
(1) INRAE, Ferlus, 86600 Lusignan, France, DOI : 10.15454/1.5572219564109097E12

SUMMARY
A mixed crop-dairy system called OasYs, based on diversification of fodder resources, maximisation of grazing, development of legumes and an adapted breeding strategy (2 calving periods, extension of lactation length to 16 months, three-way crossbreeding) was implemented since 2013 (72 dairy cows, 91 ha) in a plain area affected by summer droughts. Conducted without irrigation and with limited inputs, its average annual fat and protein corrected milk production was 6746 l milk /cow from 2017 to 2020. Its environmental performance was assessed over this period by the CAP'2ER tool. OasYs showed small average N surpluses (48 kg N ha^{-1} on average for the 4 years) and good N use efficiency (49% on average). Greenhouse gases gross emissions expressed in kg CO_2-equivalent per litre of corrected milk were low (0.78 in 2020) and lower than other grassland-based systems from lowland areas. They were mainly due to enteric fermentation of cattle (59% on average) and to a lesser extent to manure management (23%). Carbon storage in soils is lower than in other systems based on permanent grassland because OasYs is almost exclusively composed of temporary grassland.

INTRODUCTION

L'élevage laitier doit relever de nombreux défis : faire face à l'augmentation des aléas climatiques et du prix des intrants, préserver l'environnement et veiller au bien-être animal, tout en garantissant des conditions de travail et de rémunération attractives. La plupart des systèmes laitiers actuels n'arrivent pas à répondre conjointement à l'ensemble de ces objectifs, exceptés les systèmes herbagers économes dont les bons résultats technico-économiques et environnementaux sont souvent mis en avant (Journet, 2003 ; Delaby *et al*., 2020). Cependant, ces systèmes herbagers à faible niveau d'intrants sont majoritairement situés dans des zones climatiques jusque-là favorables à la pousse de l'herbe, mais qui pourraient ne plus l'être autant dans les années à venir sous l'effet du changement climatique (Laanaia *et al.*, 2016). Pour répondre à tous les défis de l'élevage laitier, y compris celui de l'adaptation au changement climatique et de son atténuation, un nouveau système bovin a été co-conçu en mobilisant différents leviers agroécologiques tant au niveau du système fourrager que de la stratégie d'élevage. Ce système, nommé OasYs (Novak *et al.*, 2013) est basé sur une diversification des ressources fourragères, la maximisation du pâturage, le développement des légumineuses et une stratégie d'élevage adaptée (2 périodes de vêlage, allongement des lactations à 16 mois, croisement 3 races). Il est mis en œuvre grandeur nature depuis juin 2013 sur un site d'INRAE à Lusignan. Une précédente étude a montré que ce système pouvait permettre de rémunérer 1,5 UMO à 2 Smic chacune (Novak et al., 2020a). Nous étudions ici les performances environnementales d'OasYs, vues sous l'angle des flux d'azote et des émissions de gaz à effet de serre (GES) sur la période 2017-2020.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. CARACTERISTIQUES DU SYSTEME LAITIER OASYS

Le système étudié est composé d'un troupeau de 72 vaches laitières, des génisses de renouvellement et de 91,5 ha de SAU en rotation cultures - prairies temporaires. Il est situé à Lusignan (INRAE Ferlus, Vienne) sur des sols limono-argileux à bonne réserve utile, dans une zone classiquement soumise à des sécheresses estivales. Le système fourrager est basé sur trois rotations, dont deux, représentant chacune 26% de la SAU, ont pour objectif de fournir, par le pâturage, l'essentiel de l'alimentation des animaux. Pour cela, elles comportent cinq années de prairies temporaires multiespèces riches en légumineuses et deux années de cultures annuelles. Celles-ci sont dédiées à allonger la période de pâturage pour l'une des rotations et à être utilisées à double-fin pour la deuxième (Novak *et al.*, 2018). La troisième

rotation (44 % SAU) a pour vocation de fournir des stocks fourragers équilibrés (mélanges céréales-protéagineux, sorgho monocoupe associé à une légumineuse), de la paille et des cultures de vente (blé, protéagineux). Ces cultures de vente sont parfois utilisées comme fourrage si besoin. Les cultures ne sont pas irriguées et sont conduites avec peu d'intrants exogènes (< 5 kg N minéral / ha, IFT (hors prairies) < 0,5). La diversification des fourrages repose sur une diversité intra parcellaire, avec des mélanges prairiaux associant diverses graminées (fétuque élevée, dactyle, ray-grass anglais, hybride ou d'Italie), légumineuses (trèfles, luzerne, sainfoin, lotier) et dicotylédones (chicorée, plantain). Elle repose également sur une diversité à l'échelle de l'assolement, avec des couverts différant par leur composition, leur précocité et leur aptitude à pousser aux différentes saisons et sous des conditions climatiques variées. Les plantations de ligneux sur 5 parcelles d'environ 3 ha, et de 1040 m de haies, réalisées entre 2014 et 2018 sont un élément supplémentaire de cette diversification fourragère, tout en ayant également d'autres fonctions (abri, ombrage, fertilité du sol, stockage de carbone, diversification des produits, …) (Novak *et al.*, 2020b). La stratégie d'élevage a pour principaux objectifs de limiter les émissions de GES, de valoriser les ressources du milieu, de préserver l'environnement et de favoriser le bien-être animal (Novak *et al.*, 2014). Ainsi 2 périodes de vêlage, centrées sur le printemps et l'automne, ont été mises en place en 2014 afin de valoriser les fourrages au maximum par le pâturage. Des vêlages à 24 mois et un allongement des lactations à 16 mois visent à limiter les périodes improductives durant la carrière de la vache. L'allongement des lactations a également pour objectif d'augmenter la longévité des vaches afin de réduire la taille du troupeau de renouvellement et les impacts environnementaux qui y sont associés. De plus depuis juin 2013, le troupeau est engagé dans un croisement rotatif à 3 races (Holstein, Rouge Scandinave, Jersiaise) afin de disposer de vaches laitières plus rustiques, avec de bonnes capacités de production et de reproduction, et bien adaptées au pâturage. Le croisement avec la Jersiaise vise en outre à améliorer les taux de matière utile du lait, mais aussi à limiter l'impact des températures élevées sur la production laitière (Smith *et al.*, 2013).

1.2. EVALUATION ENVIRONNEMENTALE

L'évaluation du bilan apparent de l'azote, de son efficience d'utilisation, des émissions de GES et du stockage de carbone a été réalisée à l'échelle de la ferme de 2017 à 2020 à l'aide de l'outil CAP'2ER (https://cap2er.fr/Cap2er/). Cet outil, développé par l'Institut de l'Elevage, est basé sur l'analyse du cycle de vie. Il prend en compte les différents compartiments de la ferme à l'origine de pertes azotées ou d'émissions de GES, telles que la fermentation entérique, la gestion des déjections (bâtiment, stockage, épandage, pâturage), les consommations d'énergie directe et les intrants (émissions de CO_2 générées lors de leur fabrication et de leur transport) mais aussi les émissions liées à l'application des engrais minéraux. Les émissions de GES, converties en équivalent CO_2, sont calculées sur l'ensemble de l'exploitation, et prennent en compte les ateliers lait et cultures de vente. A l'échelle de l'atelier lait, ces émissions sont ramenées à la production laitière standard en protéines et matières grasses (kg eqCO_2 /l lait corrigé) sur la base de l'allocation biophysique lait/viande préconisée par la Fédération Internationale Laitière. L'empreinte carbone nette du lait est calculée en retranchant le stockage de carbone dans les sols aux émissions brutes de GES en eqCO_2. Le stockage de carbone a été estimé à 570 kg C/ha/an pour les prairies permanentes, selon les travaux de Soussana *et al.* (2010) et Schulze *et al.* (2009). Pour les surfaces en rotation intégrant des prairies temporaires, le stockage/déstockage de carbone est fonction de la durée de présence de la prairie dans la rotation en considérant qu'une prairie stocke 570 kg C/ha/an et que les cultures suivantes déstockent 950 kg C/ha/an, en lien avec le retournement de la prairie. Les résultats moyens obtenus avec CAP'2ER sur OasYs de 2017 à 2020 ont été comparés à des références nationales sur deux systèmes type « herbe de plaine » ou « herbe-maïs de plaine » comportant respectivement moins de 10% ou de 10 à 30 % de maïs dans leur SFP. Pour les indicateurs sur les flux d'azote, les références proviennent des fermes du réseau d'élevage Inosys évaluées sur les années 2009 à 2013 (Foray *et al.*, 2017). Pour les émissions de GES, nous utilisons comme référence les résultats de la « Ferme Laitière Bas Carbone » obtenus avec CAP'2ER de 2013 à 2019 (Gourmand et Castellan, 2021).

Tableau 1 : bilan apparent de l'azote et efficience d'utilisation de l'azote sur OasYs comparés à des systèmes type

	OasYs				Données Inosys Réseau d'Elevage 2009-2013 (Foray *et al.*, 2017)	
kg N ha^{-1} SAU an^{-1}	2017	2018	2019	2020	Système herbe de plaine n=46	Système herbe-maïs de plaine n=126
Fourrages achetés	0	0	4	0	10	6
Concentrés achetés	9	3	7	9	37	43
Engrais minéraux	25	15	15	6	45	65
Fixation symbiotique	47	73	74	47	18	19
TOTAL des entrées	91	101	110	72	120	145
TOTAL des sorties	52	44	41	45	40	49
Bilan apparent N	39	57	69	27	80	96
Efficience N (%)	57	44	37	62	33	34

2. RÉSULTATS

2.1. BILAN APPARENT DE L'AZOTE

Le bilan apparent en N est très peu excédentaire avec des pertes anuelles représentant de 27 à 69 kg N ha^{-1} selon les années (tableau 1). Le poste principal correspond à la fixation symbiotique par les légumineuses qui représente de 52 à 72 % du total des entrées d'azote dans le système et qui est à l'origine de la fluctuation du bilan entre les années. Les engrais azotés minéraux de synthèse ne comptent que pour 8 à 27% des entrées d'azote. L'efficience d'utilisation de l'azote à l'échelle de la ferme varie de 37 à 62% selon les années, également en lien avec la proportion de légumineuses présentes dans les prairies.

	OasYs				Données CAP'2ER sur 2013-2019 (Goumand & Castellan, 2021)	
	2017	2018	2019	2020	Système herbe de plaine n=347	Système herbe-maïs de plaine ; n=1208
SAU (ha)	91,5	91,5	91,5	91,5	124	119
Prairies dans la SAU (%)	67	64	64	65	80	58
Lait corrigé (litres vache^{-1})	6624	6468	6915	6978	5507	7187
Concentrés (g litre^{-1})	42	28	54	63	130	161
Autonomie protéique (%)	93	97	91	93	87	73
Emissions brutes GES (kg éq CO_2 litre^{-1} lait corrigé)	0,90	0,83	0,83	0,78	0,99	0,96
dont fermentation entérique	*0,54*	*0,49*	*0,48*	*0,47*	*0,57*	*0,51*
dont aliments achetés	*0,02*	*0,01*	*0,03*	*0,03*	*0,06*	*0,10*
Stockage C (kg éq CO_2 litre^{-1} lait corrigé)	0,05	0,06	0,06	0,05	0,32	0,15
Emissions nettes GES (kg éq CO_2 litre^{-1} lait corrigé)	0,85	0,78	0,77	0,73	0,67	0,82
Emissions brutes GES (kg éq CO_2 ha^{-1} SAU)	6492	5450	5407	5111	5768	6866

Tableau 2 : émissions de GES et empreinte carbone d'OasYs comparé à des systèmes type
GES : gaz à effet de serre

2.2. EMPREINTE CARBONE

Sur la période 2017-2020, la production laitière annuelle a varié de 6468 à 6978 l lait corrigé sur la matière utile /vache et les concentrés ont représenté en moyenne 47 g/l de lait (tableau 2).

Les émissions brutes de GES exprimées en kg équivalent CO_2 (éqCO_2) par litre de lait corrigé ont diminué de 2017 (0,90) à 2020 (0,78). Elles sont essentiellement dues (59% en moyenne) aux fermentations entériques des animaux et dans une moindre mesure à la gestion des effluents (23% en moyenne), alors que les émissions liées aux aliments achetés sont très faibles (4% au maximum). La diminution entre 2017 et 2020 des émissions brutes de GES en général et du méthane en particulier, est surtout liée à la baisse de l'effectif du troupeau de renouvellement sur cette période. Celui-ci avait fortement augmenté les premières années de mise en place du système pour procéder au croisement rapide du troupeau initialement constitué uniquement de vaches de race Holstein. En 2020, la taille du troupeau de renouvellement constitué de 30 génisses croisées, s'est rapprochée de celle visée par le système en rythme de croisière (24 génisses).

Le stockage de carbone dans les sols des prairies et sous les haies et les arbres agroforestiers est relativement constant sur les 4 années (0,05 kg éq CO_2 litre^{-1} lait corrigé), la surface totale en prairies et en éléments boisés variant peu d'une année à l'autre sur l'assolement.

Les émissions brutes ont également diminué au cours du temps à l'échelle de l'exploitation : elles passent de 6492 à 5111 kg éqCO_2 par ha de SAU entre 2017 et 2020 (tableau 2).

3. DISCUSSION

Le bilan apparent de l'azote obtenu sur OasYs (48 kg N ha^{-1} en moyenne) est très peu excédentaire comparativement à celui observé en moyenne sur des systèmes herbagers (80 kg N ha^{-1}) ou mixtes maïs-herbe (96 kg N ha^{-1}). De même, son efficience d'utilisation de l'azote (49% sur 2017-2020) est meilleure que celle obtenue en moyenne sur ces systèmes (33 et 34%). Ces bons résultats sont vraisemblablement liés à la très faible utilisation d'engrais minéraux azotés et de concentrés sur le système OasYs. La forte autonomie protéique du système (94% en moyenne), s'appuie sur le pâturage de prairies diversifiées riches en légumineuses et sur des stocks réalisés avec des fourrages variés (Novak *et al.*, 2022). Les bons niveaux d'autonomie protéique et fourragère sont également la résultante des leviers mis en place au niveau de l'élevage, notamment la diminution de la taille du troupeau de renouvellement.

Les émissions brutes de GES en kg éq CO_2 par litre de lait corrigé (0,84 en moyenne) sont inférieures à celles des références nationales des systèmes « herbe » (0,99) et « herbe-maïs » (0,96). L'ensemble des leviers mis en place sur le système concourt à ces faibles émissions par litre de lait corrigé, en réduisant le nombre d'animaux improductifs (grâce aux lactations allongées et à des races à bonne capacité de reproduction), en limitant les émissions de GES sur les autres postes (grâce à l'allongement du pâturage et à la faible utilisation d'engrais minéraux de synthèse et de concentrés) tout en conservant une production laitière satisfaisante avec des taux élevés en matière utile (grâce à la race Jersiaise, l'allongement des lactations et l'alimentation diversifiée et pauvre en concentrés).

En revanche, le stockage de carbone dans les sols est trois à six fois plus élevé pour les systèmes « herbe-maïs » et « herbe » que pour OasYs (0,6 kg éq CO_2 litre^{-1} lait corrigé en moyenne), car ils comportent des prairies permanentes qui, stockent davantage de carbone que les rotations d'OasYs comportant des prairies temporaires de 4 ou 5 ans. Cependant, la valeur de stockage annuel de carbone dans les sols des prairies utilisée par CAP'2ER est une valeur moyenne, identique quelle que soit l'âge de la prairie, les conditions pédoclimatiques ou les modes de gestion, alors que ces paramètres peuvent avoir un effet important sur la quantité de carbone stockée (Angers *et al.*, 2020). Par ailleurs, le carbone stocké dans la biomasse aérienne des arbres n'est pas encore pris en compte dans CAP'2ER, ce qui désavantage le système OasYs qui comporte de nombreuses parcelles en agroforesterie.

Au global, l'empreinte carbone nette en kg éq CO_2 litre^{-1} lait corrigé d'OasYs (0,78), comptabilisée en retranchant aux émissions brutes le stockage de carbone, est meilleure que celle des systèmes maïs-herbe (0,82), mais moins bonne que celle des systèmes tout herbe (0,67).

Exprimées en kg éq CO_2 par ha de SAU, les émissions brutes sont également plus faibles sur OasYs (5615 en moyenne) que sur les systèmes « herbe » (5768) et herbe-maïs (6866) (tableau 2).

La réduction des émissions de GES sur OasYs entre 2017 et 2020 à la fois par litre de lait et par ha montre par ailleurs le gain d'efficacité réalisé par le système au cours du temps.

CONCLUSION

Le système bovin laitier agroécologique OasYs, basé sur des ressources fourragères diversifiées et riches en légumineuses et une stratégie d'élevage innovante, a montré sur 2017-2020 de bonnes performances environnementales, à la fois au niveau du bilan apparent de l'azote et des émissions de GES. La reconception de systèmes laitiers avec une approche agroécologique semble donc être une voie prometteuse pour réduire leur impact sur l'environnement.
Son bilan environnemental pourrait encore être amélioré en allongeant la durée des prairies pour augmenter le stockage de carbone dans les sols. Il faudrait cependant que les prairies ainsi prolongées continuent de fournir un fourrage de qualité et en quantité suffisante, y compris durant les périodes de sécheresse. Il reste également quelques leviers techniques à actionner comme la diminution du travail du sol, la couverture de la fosse ou une amélioration dans l'épandage des effluents organiques liquides, même s'ils sont peu chargés. Par ailleurs, la meilleure prise en compte par CAP'2ER de certaines pratiques innovantes mises en place sur le système, comme l'agroforesterie ou l'utilisation de plantes riches en tanins condensés limitant la méthanogenèse, permettrait d'évaluer plus finement ce système innovant.

Nous remercions tous les agents d'OasYs pour leur engagement dans la mise en œuvre et l'évaluation du système. Cette étude a été co-financée par le Fonds Européen de Développement Régional dans le cadre du projet Interreg de l'Espace Atlantique Dairy-4-Future.

Angers, D., Augusto, L., *et al.* 2020. Expertise Collective INRAE.
Delaby, L., Finn J.A., *et al.* 2020. Front. Sustain. Food Syst., 4, 543587.
Foray, S., Billy, C., *et al.* 2017. https://idele.fr/en/detail-article/gestion-de-lazote-dans-les-systemes-delevage-herbivores
Goumand, E., Castellan, E. 2021. https://idele.fr/en/detail-dossier/fiches-references-cap2err-edition-2021
Journet, M. 2003. Fourrages, 173, 63-88.
Laanaia, N., Carrer, D., *et al.* 2016. Clim. Risk Manag., 13, 31-42.
Novak, S., Delagarde, R., *et al.* 2013. Fourrages, 215, 241-246.
Novak S., Chargelegue F., *et al.* 2014. Renc. Rech. Rumi., 21, 357**.**
Novak, S., Audebert, G., *et al.* 2018. Fourrages, 233, 27-34.
Novak, S., Godoc, B., *et al*. 2020a Renc. Rech. Rumi., 25, 120-124.
Novak, S., Chargelègue, F., *et al.* 2020b. Fourrages, 242, 71-78.
Novak, S., Didiot, C., *et al*. 2022 Renc. Rech. Rumi., 26.
Smith, D. L., Smith, T., *et al.* 2013. J. Dairy Sci., 96, 3028-3033.
Soussana, J.F., Tallec, T., Blanfort, V. 2010. Animal, 4, 334-350.
Schulze, E.D., Luyssaert, S., *et al.* 2009. Nat. Geosci. 2, 842-850.

Nature et agriculture : les leçons du réensauvagement agricole et du réseau *Paysans de nature*

MONDIERE A.(1), THOMAS V.(2), CORSON M.(1), DIRAISON M.(3), DULAC P.(3), SIGUIER D.(3), VAN DERF WERF H.(3)
(1) Sol Agro-hydrosystèmes et spatialisation (UMR 1069 SAS) INRAE – InstitutAgro - 65 rue de Saint-Brieuc CS 84215 35042 Rennes Cedex - France
(2) Centre for Rural Policy Research (CRPR). Exeter - Royaume-Uni
(3) *Paysans de nature* (*Paysans de nature*). *Paysans de nature* - Beauvoir sur Mer - France

RESUME
Le concept de réensauvagement, prônant la restauration de la capacité des processus écologiques à agir avec pas ou peu d'intervention humaine, peut être interprété de façon très diverse selon le contexte géographique. En Angleterre le « réensauvagement domestiqué » émerge. En comparaison au réensauvagement présent dans d'autres pays, il est applicable à plus petite échelle, avec des ambitions moindres en termes d'augmentation de la biodiversité, de restauration des écosystèmes et de leur fonctionnement naturel, et implique plus d'interventions humaines, notamment en termes d'introduction et de gestion d'animaux domestiques (Thomas, 2021). Plus globalement, le réensauvagement agricole est une forme de gestion des terres située entre l'agroécologie et le réensauvagement « classique » (Corson *et al.*, 2021). Il combine un objectif principal de restauration des processus écologiques avec une modeste production agricole (le plus souvent animale). En parallèle, le réseau *Paysans de nature*® fédère des paysans dont l'objectif principal est de restaurer l'environnement naturel au sein de paysages agricoles tout en maintenant une production agricole, des revenus décents pour les agriculteurs et un lien fort entre les agriculteurs et le reste de la société (*Paysans de nature*, 2021). Le réensauvagement domestiqué et le réensauvagement agricole sont assez similaires en termes de gestion de terres mais ont un angle d'approche différent. Par comparaison, l'approche *Paysans de nature* est mise en place sur des fermes, donc sur des surfaces assez faibles par rapport aux projets de réensauvagement. Cette approche est multifonctionnelle (restauration des écosystèmes, production agricole, ouverture sociale...) répondant aux problématiques sociétales actuelles, notamment en lien avec le déclin de la biodiversité au sein des paysages agricoles. Nous avons analysé deux projets de réensauvagement agricole en Angleterre et deux fermes du réseau *Paysans de nature* en France. Ceci a permis d'identifier leurs caractéristiques principales et leurs similitudes et différences en termes de contexte (origine des porteurs de projet, type de territoire et échelle du projet), d'objectifs (objectif principal de restauration des écosystèmes avec prise en compte plus ou moins forte des dimensions économique et sociale) et de stratégies pour atteindre ces objectifs. Le bilan de ces caractéristiques, combiné aux impressions des coauteurs sur les points forts et faibles, est présenté à travers une analyse SWOT (forces, faiblesses, opportunités, menaces) des deux approches. Un bilan a ensuite été réalisé pour identifier les caractéristiques sur lesquelles se baser pour faciliter voire étendre des projets de réensauvagement agricole et de *Paysans de nature* afin de laisser plus de place à la nature dans les paysages agricoles. Les deux approches permettent des productions de qualité et la restauration des écosystèmes. Elles ont une bonne image auprès du grand public et pourront profiter d'opportunités financières futures (subventions ou investissements) grâce à la prise de conscience environnementale globale. Elles doivent mieux démontrer leur intérêt général pour l'ensemble de la population rurale afin d'être plus facilement acceptées et être attentives au risque de concurrence entre la préservation de la nature et la production alimentaire.

Farming with nature: lessons from rewilding agriculture and *Paysans de nature*

MONDIERE A.(1), THOMAS V.(2), CORSON M.(1), DIRAISON M.(3), DULAC P.(3), SIGUIER D.(3), VAN DERF WERF H.(3)
(1) Sol Agro-hydrosystèmes et spatialisation (UMR 1069 SAS) INRAE – InstitutAgro - 65 rue de Saint-Brieuc CS 84215 35042 Rennes Cedex - France

SUMMARY
Rewilding is a multifaceted concept, with distinct interpretations depending on its geographical location. A form of domesticated English rewilding is emerging; compared to rewilding at other locations, it operates at smaller spatial scales; has somewhat lower ambitions for increasing biodiversity, restoring ecosystem functioning and favouring natural functioning; and involves more human intervention (Thomas, 2021). More generally, agricultural rewilding is an emerging form of land use conceptually positioned between agroecology and rewilding (Corson *et al.*, 2021). It combines restoration of ecological processes with some degree of agricultural production, most often of animals. In parallel, the French *Paysans de nature*® network federates farmers whose main objective is to conserve and restore natural environments while producing food in an economically viable way (*Paysans de nature*, 2021). Domesticated English rewilding and agricultural rewilding largely correspond to the same type of land use, perceived from different angles. In comparison, the *Paysans de nature* approach aims to reconcile agricultural production and wildlife in all its forms. These approaches, which currently concern relatively small areas, may provide multifunctional models for the transition of livestock farms to respond better to societal demands, in particular for restoration of biodiversity in agricultural landscapes. We performed a SWOT (strengths, weaknesses, opportunities, threats) analysis of environmental, social, and economic characteristics of the two approaches. We conclude by summarizing our view of the potential of both.

INTRODUCTION

Liens entre agriculture et déclin de la biodiversité

L'agriculture est considérée comme la cause principale du déclin de la biodiversité (Tscharntke *et al.*, 2005), principalement liée au modèle agricole majoritaire actuel basé sur l'intensification de la production (Chappell et LaValle, 2011). L'intensification entraîne simplification et homogénisation des paysages agricoles et des rotations culturales, et augmente le recours à la mécanisation et aux intrants chimiques (engrais et pesticides). Ceci impacte directement la biodiversité à l'échelle de la parcelle et du paysage. L'expansion des systèmes agricoles intensifs dans les écosystèmes naturels (Tscharntke *et al.*, 2005) est aussi directement néfaste pour la biodiversité. La diminution de la qualité des écosystèmes via d'autres impacts environnementaux (par exemple le changement climatique) va aussi venir impacter indirectement la biodiversité (Alejandre *et al.*, 2019). Des systèmes agroécologiques, qui reposent davantage sur les processus écologiques que sur les intrants, pourraient remédier à cette perte de biodiversité (Therond *et al.*, 2017). La transition d'un système basé sur des intrants vers un système agroécologique dont la production dépend des processus naturels au sein de l'agroécosystème peut donc favoriser la biodiversité, en particulier celle qui soutient la production agricole. Cette biodiversité peut être gérée en appliquant une approche paysagère à l'échelle de la ferme (Duru *et al.*, 2015). Certains concepts, tels que le réensauvagement agricole et l'approche du réseau d'agriculteurs français *Paysans de nature*, vont encore plus loin en considérant la restauration de la biodiversité comme l'objectif principal d'un système agroécologique.

Emergence du réensauvagement agricole en Angleterre

Les principes du réensauvagement sont utilisés à des fins de restauration écologique depuis une quarantaine d'années en Angleterre (Taylor, 2011). Le terme a cependant été adopté plus récemment, et le concept de « rewilding » anglais est distinct du concept original apparu et développé aux Etats-Unis (Lorimer *et al.*, 2015). En effet, le réensauvagement en Angleterre s'est développé indépendamment, dans un contexte « approprié à une île surpeuplée, plutôt qu'à une échelle continentale » (Taylor, 2011, p.14). Ce contexte spécifique influence la trajectoire d'évolution du réensauvagement anglais de manière significative. Compte tenu de la densité de population et de l'anthropisation millénaire de l'Angleterre, ses paysages, notamment agricoles, sont très culturels (Sandom et Macdonald, 2015) et tout projet de réensauvagement doit s'y intégrer. Sa géographie insulaire induit aussi une intervention humaine pour réintroduire certaines espèces disparues (Clancy et Ward, 2020). Ainsi, l'intégration au sein des paysages et la nécessité d'une intervention humaine « domestiquent » le réensauvagement en Angleterre (Thomas, 2021) en (i) opérant à des échelles plus petites que dans d'autres pays (par exemple, à l'échelle de la ferme), (ii) permettant une anthropisation plus forte (par exemple, le pâturage extensif du bétail), (iii) en étant un minimum productif d'un point de vue agricole, (iv) en limitant les espèces réintroduites et (v) en limitant l'effet des facteurs non humain dans le processus de réensauvagement. En raison de ces adaptations, on assiste à l'émergence du "réensauvagement agricole", une forme d'utilisation des terres qui combine la restauration des processus écologiques avec un certain degré de production agricole. Il se situe donc conceptuellement entre l'agroécologie et le concept original de réensauvagement (Corson *et al.*, 2021) et correspond mieux aux géographies sociales et environnementales de l'Angleterre que les autres formes de réensauvagement.

Emergence de *Paysans de nature* en France

Paysans de nature (PdN) est une association visant à allier restauration de la biodiversité et production agricole. Elle s'est développée en France à l'échelle régionale puis s'est étendue à l'échelle nationale depuis une dizaine d'années (*Paysans de nature*, 2021). C'est un réseau d'agriculteurs qui s'engagent à respecter une charte commune les incitant à gérer leur exploitation comme une "réserve naturelle agricole". PdN promeut des accords entre la marque *Paysans de nature* et des acteurs locaux. Ces derniers peuvent aussi s'engager directement en faveur du réseau (accueil de stagiaires, d'événements etc.). Tout ceci permet de diffuser l'approche portée par l'association. Plus de 5000 ha sont aujourd'hui gérés par les agriculteurs adhérents. Les acteurs environnementaux voisins de chaque ferme participent à un audit visant à valider (ou non) le statut PdN des fermes. Cet audit, basé sur les enjeux de biodiversité identifiés par les gestionnaires d'espaces naturels locaux, vise à adapter la gestion de la ferme à son contexte naturel. Ainsi, l'approche PdN crée un système socio-écologique qui accroît l'harmonie entre la société, les pratiques agricoles et la nature. Elle souligne l'importance de la biodiversité au sein de l'exploitation tout en maintenant une présence humaine avec une gestion "douce" et une philosophie renforçant l'aspect sauvage de l'agroécosystème de la ferme. Les agriculteurs PdN se distinguent des autres tendances agricoles émergentes en (i) se considérant comme faisant partie d'une communauté d'autres êtres vivants, (ii) considérant que toutes les espèces ont leur place dans la valorisation de la faune et la flore de leurs exploitations et (iii) apprenant à connaître la biodiversité de leurs exploitations pour en tenir compte dans leur gestion. Ils sont installés au sein de divers agroécosystèmes en France mais sont plus présents là où un certain niveau de biodiversité est déjà présent (zones de déprise agricole et/ou difficile à cultiver).

1. MATERIEL ET METHODES : Comparaison des 2 approches via l'analyse de projets les appliquant

Deux projets de réensauvagement agricole anglais et deux fermes PdN appliquant les 2 approches ont été analysées afin d'identifier leurs caractéristiques générales et de mettre en évidence leurs similitudes et différences (Tableau 1). Bien que l'échelle des deux projets de réensauvagement agricole soit plus petite que celle des projets de réensauvagement traditionnels, chacun d'eux reste relativement important : une grande ferme (450 ha pour le bloc sud de Knepp Wildland) ou un petit paysage (4402 ha pour Wild Ennerdale). Knepp Wildland résulte d'un système polyculture élevage en faillite, tandis que Wild Ennerdale a été mis en place dans un parc national, où l'enjeu de conservation de la biodiversité était déjà présent. Dans les deux projets l'introduction d'espèces domestiques (notamment bovines) adaptés aux conditions locales a été une des étapes du réensauvagement. Ces espèces jouent le rôle d'ingénieurs des écosystèmes tout en permettant un faible niveau de production (de viande la plupart du temps) Les deux projets hébergent aussi des espèces sauvages, souvent spécifiques à l'écosystème local et parfois réintroduites. D'autres actions visant à favoriser le réensauvagement sont aussi mises en place, comme la gestion des espèces domestiques (prélèvement, surveillance de la mise bas), la restauration d'habitats ou encore le pâturage extensif. Les activités sociales (bénévolats etc.) et économiques (production de viande, tourisme etc.) sont centrées sur l'objectif principal de restauration de l'écosystème. Les deux fermes qui illustrent l'approche PdN sont très différentes l'une de l'autre (tableau 1). Grand Laval est une petite exploitation en polyculture élevage très diversifiée avec une grande majorité de surface arable. La Barge est une exploitation allaitante plus grande, avec la

Approche	Nom, date de mise en place, surface, type de gestion[1]	Type de projet et localisation	Espèces clés		Actions en faveur du réensauvagement	Acteurs liés aux projets	Activités économiques
			Domestiques	sauvages			
Réensauvagement agricole	Bloc sud de la Knepp Wildland, 2001, 450 ha, P	Ferme en faillite transformée en réserve de faunes sauvages (Sussex, GB)	Porc Tamworth, Poney Exmoor, Vache long-horn cattle	Castor d'Eurasie, différentes espèces de cerfs, papillon empereur pourpre, cigogne	Pâturage extensif, restauration des habitats, réintroduction d'espèces, gestion des animaux domestiques	Volontariat	Tourisme, éducation à l'environnement, production animale
	Wild Ennerdale, 2003, 4402 ha, G-P-N	Réensauvagement dans le parc national 'Lake District' (Cumbria, GB)	Vache Galloway	Chevreuil, cerf rouge, écureuil rouge, faune aquatique	Pâturage extensif, restauration des habitats, plantation d'arbres, gestion des cerfs	Volontariat, Réseau de partenaire	Production animale
Paysans de nature	La ferme du Grand Laval, 2006, 25 ha, P-N	Ferme bio. en polyculture élevage diversifiée intégrant faune et flore sauvages dans sa gestion (Drôme, France)	Brebis, volaille, verger, légume, grandes cultures	Oiseaux, chauves-souris, petits mammifères	Nichoirs, haies, bandes enherbées, paillage, culture de sources de nectar	Volontariat, vente directe à la ferme	Production diverses de produits animaux et végétaux
	GAEC La Barge, 2006, 171 ha, P-N	Ferme bio. allaitante sur prairie permanente de marais avec fort engagement dans la préservation de la biodiversité (Vendée, France)	Vache maraîchine, chevaux, autres espèces domestiques locales	Amphibiens, oiseaux endémiques des marais, autres espèces d'oiseaux	Inondation des prairies, création d'étangs, pâturage extensif, réduction de la mécanisation, augmentation du ratio pâturage/fauche	Volontariat, vente directe à la ferme, événements culturels à la ferme, marchés, promenades dans la nature	Production de viande et vente de fourrage

Tableau 1. Caractéristiques de deux projets de réensauvagement agricole et de deux fermes du réseau Paysan de nature. (Sources : sites Internet de Rewilding Britain, Grand Laval et La Barge)
[1] G: gouvernementale, P: privée, N: organisation non gouvernementale

quasi-totalité de sa surface en prairie permanente. Toutes deux gèrent de nombreuses espèces animales ou végétales domestiquées, adaptées (par exemple, la vache maraîchine) ou non à leur contexte naturel, avec pour objectifs principaux la production agricole et le maintien d'une biodiversité importante sur l'exploitation. Différentes pratiques de gestion sont mises en œuvre pour restaurer le fonctionnement de l'écosystème et/ou héberger une biodiversité importante sur l'exploitation. Ces exploitations influencent la communauté locale via de la vente directe, le recours à des bénévoles et l'organisation de divers évènements. Leurs revenus sont exclusivement liés à leur production agricole.

2. RESULTATS : Similitudes et différences entre les 2 approches

Les analyses précédentes et la littérature portant sur le résensauvagement agricole et le réseau PdN ont permis d'identifier des similitudes et des différences entre les deux approches (Tableau 2). Bien qu'elles aient des origines différentes et qu'elles soient appliquées à des échelles et dans des contextes différents, elles visent à restaurer le fonctionnement de l'écosystème tout en considérant d'autres objectifs socio-économiques. Des interventions humaines plus ou moins intenses sont aussi mises en places.

Les projets de réensauvagement agricole sont initiés par des acteurs privés ou gouvernementaux sur de grandes surfaces, pas nécessairement sur des exploitations agricoles et dans des contextes pédoclimatiques variés. Sans avoir de chartes ou de cahiers des charges communs, ils mettent en place des pratiques de gestions assez proches (par exemple, la restauration des écosystèmes par l'introduction de grands herbivores). En comparaison, les fermes PdN sont des exploitations privées soutenues par des associations locales et un réseau national. Leurs productions sont diverses (comprenant généralement au moins une production animale). Elles adaptent donc leurs stratégies de restauration des écosystèmes à leur système respectif tout en respectant une charte commune.

Bien que tous deux visent à restaurer la biodiversité, les objectifs principaux des deux approches diffèrent. Les projets de réensauvagement agricole se concentrent sur la restauration des écosystèmes, en considérant la production et les revenus agricoles ou l'intégration dans la communauté locale comme des objectifs secondaires. En revanche, les fermes PdN visent à équilibrer la restauration des écosystèmes, la production alimentaire, les revenus agricoles et l'intégration dans la communauté locale. Les projets de réensauvagement agricole ne disposent pas d'une ligne directrice commune, ce qui conduit à une grande variété de pratiques de gestion, ayant pour point commun une faible intervention humaine et quelques activités secondaires (tourisme, production agricole etc.). En revanche, les fermes PdN ont un engagement commun au sein d'un réseau national les soutenant dans leurs activités. Même si leurs pratiques à faible niveau d'intrants contribuent à améliorer la biodiversité, l'intervention humaine y est plus importante que dans les projets de réensauvagement agricole, en particulier dans les systèmes polyculture-élevage. Bien que les deux approches visent à restaurer le fonctionnement des écosystèmes, leurs différences nécessitent une réflexion approfondie sur les actions à mener pour favoriser leur développement.

	Réensauvagement agricole	*Paysans de nature*
Vision globale portée	Les herbivores et autres espèces ingénieurs de l'écosystème peuvent transformer des surfaces agricoles marginales et/ou d'autres zones en un écosystème diversifié, qui permet une certaine production agricole. L'objectif principal est la restauration du fonctionnement de l'écosystème.	Des exploitations agricoles gérées comme des " réserves agricoles naturelles " pour conserver et restaurer les milieux naturels, améliorer la biodiversité, nourrir les citoyens et assurer un revenu aux agriculteurs. L'implantation de *Paysans de nature* dans une région protège sa faune et sa flore plus efficacement que ne le font les réglementations traditionnelles.
Type de systèmes	De grandes surfaces où une diversité d'herbivores et parfois d'autres espèces sont gérées pour créer des écosystèmes autonomes permettant de restaurer la biodiversité indigène et les processus écologiques. L'intervention humaine varie selon les projets et la production agricole est limitée.	Une variété de de systèmes de production agricoles, combinant souvent cultures et élevage, majoritairement biologiques produisant principalement pour les marchés locaux. Organisées en réseaux, avec un engagement envers une charte commune combinant objectifs agricoles et environnementaux.
Pratiques de résensauvagement mises en place	Introduction et prélèvement régulier d'espèces domestiques rustiques et d'herbivores sauvages, restauration d'habitats, plantation d'arbres.	Restauration d'habitats, plantation d'arbres.
Pratiques agricoles mises en place	Pâturage extensive.	Utilisation de variétés végétales et de races animales rustiques, faibles niveaux d'intrants, absence de produits chimiques de synthèse, pratiques agricoles compatibles avec la préservation de la biodiversité.
La dimension économique	Production agricole combinée à d'autres sources de revenus (par exemple, le tourisme).	Production agricole comme seule source de revenus.
La dimension sociale	Différents types d'acteurs gèrent les projets, dont les objectifs varient.	Les agriculteurs s'ouvrent à d'autres acteurs pour partager leur vision de l'agriculture, de la biodiversité et des relations entre acteurs ruraux.

Tableau 2. Caractéristiques des approches de réensauvagement agricole et de P*aysans de nature*

3. DISCUSSION : SWOT des 2 approches pour identifier des pistes de développement

Sur la base de l'analyse précédente, une analyse SWOT (forces, faiblesses, opportunités et menaces) des deux approches a été effectuées par l'ensemble des coauteurs afin d'identifier comment les promouvoir (Tableau 3). Les points forts communs aux deux approches sont la combinaison d'une production alimentaire de haute qualité et de l'amélioration du fonctionnement des écosystèmes, ainsi qu'une bonne image pour la société et/ou d'éventuels futurs porteurs de projets. La diversification des revenus (revenus « basés sur la nature » avec par exemple le tourisme mais aussi la production de viande) et la combinaison de bénéfices environnementaux et sociaux (différents types d'acteurs à l'initiative de tels projets) ainsi que son implantation possible à différentes échelles et dans différents contextes sont les principales forces du réensauvagement agricole. La structuration en réseau avec une charte à l'interface entre agriculture et environnement, la mise en place à l'échelle de la ferme, l'autosuffisance en terme de production et le revenu basé sur la production de la ferme sont les principales forces de PdN. Le fait que ce soit une preuve par les faits que la production agricole et la vie sauvage peuvent coexister est aussi considérée comme une force majeure de PdN. Cependant, le compromis entre production agricole et restauration de l'environnement au sein du réensauvagement agricole peut aussi être considéré comme une faiblesse en terme d'efficacité de restauration des écosystèmes, notamment avec la nécessité d'une surface relativement importante (même à l'échelle de l'exploitation), mais malgré tout trop faible pour héberger certaines espèces. Aussi, sa définition assez large ne permettant pas d'identifier clairement les systèmes s'y rattachant ainsi que l'utilisation du suffixe "re-" pouvant être considéré comme un retour en arrière sont aussi perçus comme des faiblesses. La nécessité d'avoir des compétences en matière de réensauvagement pour bien comprendre et gérer de tels projets est aussi une faiblesse. Concernant PdN, Les principales faiblesses sont les difficultés à créer des liens avec des acteurs locaux autres que des naturalistes et des experts agricoles, des attentes et un enthousiasme qui dépassent la capacité du réseau à les gérer, des difficultés à "exporter" le concept à l'étranger, des revenus modestes et une gestion agricole plus complexe sans évaluation de la contribution de la ferme à l'amélioration réelle de l'état de la biodiversité. Parmi les opportunités communes aux deux approches figurent la sensibilisation croissante de la société aux questions environnementales, pouvant générer de nouveaux investissements et/ou subventions en faveur de ces systèmes, mais aussi l'intérêt accru actuel ou à venir de la profession agricole et des scientifiques pour de tels approches et/ou disciplines et enfin leur attrait touristique. Une autre opportunité pour le réensauvagement agricole serait sa vision "gagnant-gagnant" (restauration des écosystèmes et production agricole). Pour PdN la tendance actuelle au "déclin agricole" offre l'opportunité d'établir de nouvelles fermes PdN sur d'anciennes zones agricoles plus intensives. Les deux approches peuvent être menacées par des facteurs externes tels que le scepticisme des populations rurales (mais aussi des écologistes, pour le réensauvagement agricole). Le réensauvagement agricole pourrait également être considéré comme une approche "perdant-perdant" (pas assez de restauration de l'écosystème et de production agricole) et pourrait concurrencer la production alimentaire dans un contexte d'insécurité alimentaire mondiale ou être boudé par les consommateurs qui délaissent la consommation de viande. Pour PdN, les autres menaces sont l'incapacité à étendre le soutien au-delà d'un petit groupe de citoyens engagés, le conflit avec le modèle agricole dominant et le manque de vocation pour le métier d'éleveur.

CONCLUSION

En résumé, les deux approches bénéficient d'une bonne image du publique et de futures opportunités économiques (subventions ou investissements) en raison de la forte sensibilisation à l'environnement des dernières années. Mais elles doivent démontrer leurs avantages aux populations rurales pour être plus largement acceptées. Le réensauvagement agricole doit être défini plus précisément pour être mieux compris, et il bénéficierait de l'élaboration de lignes directrices générales. Cependant, chaque projet doit prêter attention aux compromis entre la conservation de la nature et la production alimentaire dans son contexte.

	Réensauvagement agricole (4 experts)	***Paysans de nature* (5 experts)**
S	(4) Production de viande de haute qualité et durable, accompagnée d'une restauration du fonctionnement des écosystèmes. (2) Nouvelles économies fondées sur la nature par la diversification des sources de revenus. (1) Applicable à de multiples échelles et dans différentes régions. (1) Apprécié et mis en place par différents acteurs. (1) Bonne image publique. (1) Un concept de compromis qui offre des avantages sociaux et environnementaux.	(5) Réseau d'agriculteurs et de citoyens locaux ayant un engagement commun en faveur de la biodiversité. (3) Interface entre l'agriculture et l'environnement. (2) Réalisable sur une surface relativement petite (exploitation agricole). (2) Bonne image publique et attrait pour de futurs adhérents potentiels. (1) Revenu basé sur la production de la ferme. (1) Production alimentaire de haute qualité. (1) Autosuffisance. (1) Preuve par les faits de la coexistence de l'agriculture et de la vie sauvage.
W	(2) Définition large sans limites claires. (2) La restauration des écosystèmes est moins efficace qu'avec un réensauvagement « classique ». (1) Le "re-" dans le terme lui-même peut être perçu comme une menace pour les non initiés. (1) Nécessite une surface relativement importante, même à l'échelle de l'exploitation. (1) Nécessite un état d'esprit et des compétences en matière de réensauvagement. (1) La surface peut être trop petite pour accueillir certaines espèces.	(2) Une seule source de revenus. (2) Difficile de s'engager avec les parties prenantes autres que les naturalistes et les experts agricoles. (1) Revenu modeste. (1) Pas d'évaluation du degré de restauration de la biodiversité. (1) Les attentes et l'enthousiasme dépassent la capacité du réseau à les gérer. (1) L'exportation à l'international peut être difficile. (1) Complexité accrue de la gestion de la production agricole.
O	(3) Les nouvelles règles en matière de subventions agricoles et les nouvelles opportunités commerciales peuvent le favoriser. (2) Intérêt des agriculteurs et des scientifiques intéressés par l'agroécologie. (1) Approche potentielle "gagnant-gagnant". (1) Tourisme environnemental.	(5) Les questions environnementales sont actuellement appréhendées par l'ensemble de la société (3) Les anciennes zones d'agriculture conventionnelle deviennent disponibles en raison d'abandons de nombreuses exploitations. (1) Tourisme environnemental. (1) Futurs agriculteurs avec plus de compéténces et d'intérêts naturalistes.
T	(4) Scepticisme des populations rurales et des écologistes. (2) Compromis entre l'autosuffisance alimentaire et la préservation de la nature. (1) Viabilité économique dans un contexte concurrentiel. (1) Déplacement de la consommation de viande. (1) Approche potentiellement "perdante".	(2) Scepticisme des populations rurales. (2) Manque d'attraits pour le métier d'éleveur. (2) Partenariat et consommation réservés aux plus fervents partisans. (1) Conflits avec le modèle agricole dominant.

Tableau 3. SWOT des deux approches. (-) : nombre de co-auteurs qui ont mentionné l'élément

En comparaison, PdN peut continuer à s'appuyer sur son réseau, ses produits de haute qualité et les nouvelles surfaces agricoles disponibles tout en maintenant un revenu acceptable pour les agriculteurs. Cependant, il doit prêter attention à la manière de se développer par rapport au modèle agricole dominant et attirer davantage d'éleveurs.

Alejandre, E.M., van Bodegom, P.M. and Guinée, J.B. (2019). Towards an optimal coverage of ecosystem services in LCA. Journal of Cleaner Production 231: 714-722.

Benton, T.G., Vickery, J.A., Wilson, J.D. (2003). Farmland biodiversity: is habitat heterogeneity the key? Trends in Ecology and Evolution 18: 182-188.

Chappell M. J. and LaValle L. A. (2011). Food security and biodiversity: can we have both? An agroecological analysis. Agriculture and Human Values 28: 3-26.

Clancy, C. and Ward, K. (2020). Auto-rewilding in Post-industrial Cities: The Case of Inland Cormorants in Urban Britain. Conservation and Society 18: 126-136.

Corson, M.S., Mondière, A., Morel, L., van der Werf, H.M.G., 2022. Beyond agroecology: Agricultural rewilding, a prospect for livestock systems. Agricultural Systems 199.

Duru, M., Therond, O., Martin, G., Martin-Clouaire, R., Magne, M.A., Justes, E., Journet, E.P., Aubertot, J.N., Savary, S., Bergez, J.E. and Sarthou, J.P. (2015). How to implement biodiversity-based agriculture to enhance ecosystem services: a review. Agronomy for Sustainable Development 35: 1259-128.

Lorimer, J., Sandom, C., Jepson, P., Doughty, C., Barua, M. and Kirby, K. (2015). Rewilding: science, practice, and politics. Annual Review of Environment and Resources 40: 39-62.

***Paysans de nature* (2021).** Charte des *Paysans de nature*. Disponible sur:https://www.paysansdenature.fr/wp-content/uploads/2021/12/charte-des-paysans-de-nature.pdf. Consulté le 25/02/2021.

Sandom, C.J. and Macdonald, D.W. (2015). What next? Rewilding as a radical future for the British countryside. In: Macdonald, D.W. and Feber, R.E. (eds) Wildlife conservation on farmland volume 1: Managing for nature on lowland farms. Oxford University Press, pp. 291-316.

Taylor, P. (ed.) (2011). Rewilding: ECOS writing on wildland and conservation values. Ethos, Walton Hill, UK, 491 pp.

Therond, O., Duru, M., Roger-Estrade, J. and Richard, G. (2017). A new analytical framework of farming system and agriculture model diversities. A review. Agronomy for Sustainable Development 37.

Thomas V. (2021). Domesticating rewilding: interpreting rewilding in England's green and pleasant land. Environmental Values doi: 10.3197/096327121X16328186623841.

Tscharntke, T., Klein, A.M., Kruess, A., Steffan-Dewenter, I. and Thies, C. (2005). Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity – ecosystem service management. Ecology Letters 8: 857-874.

Empreinte carbone et énergie de la production de luzerne déshydratée, de l'implantation à la sortie de l'usine.

Carbon and energy footprint of dehydrated alfalfa production, from sowing to factory gate

THIEBEAU P., RECOUS S.
INRAE, Université de Reims Champagne Ardenne, UMR FARE, 2 Esplanade R. Garros, F-51100 Reims

INTRODUCTION

Le réchauffement climatique que nous connaissons depuis quelques années conduit à considérer le stockage de carbone réalisé par les cultures comme un élément à prendre en compte pour quantifier les impacts de l'activité agricole sur l'environnement, et un levier possible de l'atténuation de ses impacts sur le climat (Arrouays *et al.*, 2002 ; Durand *et al.*, 2010). Un autre moyen d'action réside aussi dans la réduction du recours aux énergies non renouvelables (ENR).
La filière de production de luzerne déshydratée (LD), grande consommatrice d'énergie comme moyen de conservation du fourrage récolté, a engagé depuis plusieurs années des efforts pour réduire ses impacts sur l'environnement. Le bilan environnemental réalisé en 2011 montrait que le système de production approchait le point d'équilibre entre l'énergie contenue dans 1 t Matière Sèche (MS) de LD et celle consommée au cours du processus de production, du champ à la « sortie usine » (Thiébeau *et al*., 2011). Le travail présenté met à jour cette étude sur les mêmes postes d'inventaires.

1. MATERIEL ET METHODES

Les données industrielles proviennent de 4 unités de production (UP) du groupe Luzeal, collaborateur du travail réalisé en 2011. La période retenue couvre 4 années : 2016 à 2019, période 2 (P2). Elle est comparée aux résultats de l'étude précédente (2006-2009, P1). Les inventaires simplifiés « Energie » et « Carbone » (C-CO_2) sont construits comme des bilans. Les passifs comprennent : les consommations de carburants nécessaires du travail du sol au semis de la luzerne et à ses entretiens ; puis des récoltes aux transports champ-UP, et enfin, des consommations nécessaires au fonctionnement des fours (charbon, lignite, biomasses, électricité). L'actif des bilans est composé : du carbone atmosphérique fixé par la culture et stocké dans les biomasses racinaires, les collets et le fourrage récolté. L'énergie portée à l'actif des bilans est la valeur de l'Unité Fourragère Lait (UFL) en rapport avec la teneur en protéines de 18,2% observée en P2, soit : 0,77 UFL/kg MS correspondant à 5,7 GJ/t LD. In fine, les bilans « Energie » et « Carbone » comparent les données portées aux passifs à celles portées aux actifs. Cette méthode n'intègre pas les émissions potentielles vers l'atmosphère.

2. RESULTATS

L'échantillon analysé sur P2 représente une part plus importante de la production nationale de LD (29,3 ±0,5%) que celui de l'étude de P1 (16,8 ±1,7%).
En P1, il fallait près de 9,2 GJ pour produire 1 t MS de LD, alors qu'il n'en faut plus que 3,7 sur les campagnes de récolte 2018-2019. En P1, plus de 90% de cette énergie était issue d'ENR. Elle représente encore 62% de l'énergie consommée en 2018-2019. En P1, il fallait consommer en moyenne 315 kg de carbone pour produire 1 t MS de LD, dont 97% était issu d'ENR. En 2018-2019, cette quantité a été réduite à 155 kg C/t de LD, dont 62% provenait d'ENR.
Les bilans (= actifs – passifs) sont présentés par la **figure 1**. Le bilan « Energie » était déficitaire en P1. Il devient, en moyenne, à l'équilibre en P2 et est significativement excédentaire pour les années 2018 et 2019 : +1,2 GJ/t MS de LD. Le bilan « Carbone » a toujours été excédentaire, mais il s'est significativement amélioré au cours des dernières années, passant de +230 kg à +390 kg C/t MS de LD.

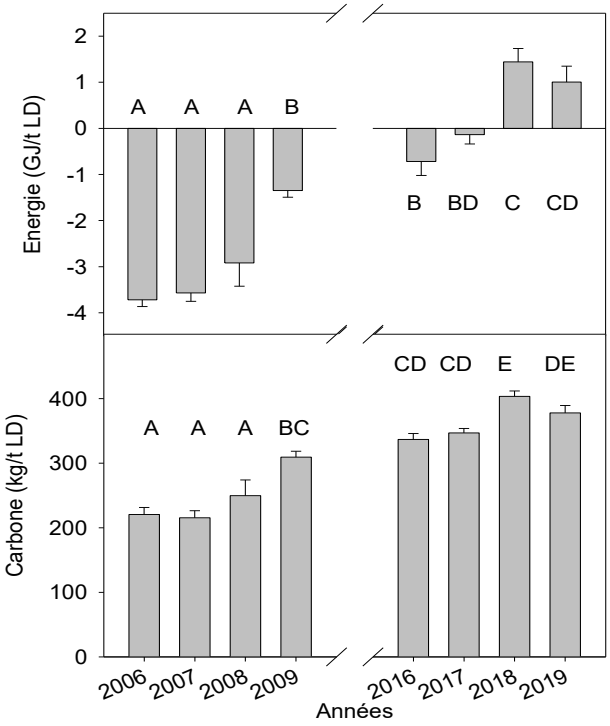


Figure 1: Dynamique des bilans énergie et carbone pour la production d'1 t de luzerne déshydratée (LD)

3. DISCUSSION

La généralisation du préfanage à plat au champ à l'ensemble des UP, la mise en œuvre de fours moins énergivores (250 vs 750°C) en capacité d'incorporer de la biomasse comme source d'énergie, ont favorisé ces améliorations significatives. La poursuite du renouvellement de l'outil industriel doit permettre de poursuivre l'amélioration des performances constatées. L'introduction de ces données dans Agribalyse/EcoAlim v8, outils d'Analyse de Cycle de Vie comprenant la fabrication et le transport des engrais, pesticides et semences jusqu'à la ferme, montre une réduction de 57% de l'impact de la filière LD sur le critère Changement Climatique : il passe de 1,150 en P1 à 0,494 kg équivalent (eq.) CO_2/kg MS de LD en P2. Ce dernier résultat est lui-même inférieur de 10% à l'impact du tourteau de soja Brésilien non associé à de la déforestation : 0,541 kg eq. CO_2/kg tourteau à 13% d'humidité (J. Auberger, communication personnelle).

CONCLUSION

L'empreinte environnementale de la filière s'est améliorée entre les deux périodes étudiées, et des marges de progression existent encore.

Nous remercions T. Hamerel, directeur général du groupe Luzeal, pour la production des données de cette étude.

Arrouays *et al*., 2002. Stocker du carbone dans les sols agricoles de France? Synth. Expertise Coll. INRAE Eds, 321p.
Durand *et al*., 2010. Changement climatique et prairies : l'essentiel des impacts. ADEME Eds, 336p.
Thiébeau *et al*., 2011. Renc. Rech. Ruminants, 18, 157-160

Bioéconomie - Economie circulaire

Bioéconomie et économie circulaire : lecture critique et place de l'élevage

MADELRIEUX S. (1,2), COURTONNE J.Y. (3), GRILLOT M. (4), HARCHAOUI S. (5)

(1) Université Grenoble Alpes, INRAE, LESSEM, Grenoble, France

(2) SELMET, Université Montpellier, CIRAD, INRAE, Institut Agro, Montpellier, France

(3) Univ. Grenoble Alpes, INRIA, Steep, Montbonnot, France

(4) AGIR, Univ Toulouse, INRAE, Castanet-Tolosan, France

(5) INRAE, Institut Agro, UMR SAS, Rennes, France

RESUME – Bioéconomie et économie circulaire sont devenues des stratégies clés en Europe à partir des années 2000, visant à s'affranchir des énergies fossiles. L'agriculture se retrouve ainsi au cœur d'enjeux multiples : alimentation, santé, énergie, biomatériaux. Si certains s'accordent pour dire que bioéconomie et économie circulaire ont un important potentiel pour contribuer aux objectifs de développement durable et à l'Accord de Paris sur le climat, les critiques sont nombreuses, notamment du fait de l'absence de questionnements ou de preuves des liens entre bioéconomie/économie circulaire et soutenabilité. Dans cet article, nous prendrons comme point de départ les définitions institutionnelles de ces deux notions, pour mieux situer les principales critiques qui en sont faites, mais aussi les potentiels. Nous donnerons des illustrations dans le secteur de l'élevage. Ces critiques servent d'outil pour décortiquer les hypothèses cachées, les conséquences non envisagées, et réévaluer ce qui, autrement, pourrait être considéré comme acquis, pour discuter des priorités afin que bioéconomie et économie circulaire puissent être de réels moyens d'atteindre une société soutenable, et la place que peut y tenir l'élevage.

Bioeconomy and circular economy: critical reading and place of the livestock sectors

MADELRIEUX S. (1), COURTONNE J.Y. (2), GRILLOT M. (3), HARCHAOUI S. (4)

(1) INRAE, UR LESSEM/UMR Selmet, Saint-Martin-d'Hères/Montpellier, France

SUMMARY – Bioeconomy and circular economy have become key strategies in Europe since the 2000s, in order to shift away from fossil energy. Agriculture is at the heart of multiple issues: food, health, energy, biomaterials... While some agree that bioeconomy and circular economy have a significant potential to contribute to the sustainable development goals and the Paris climate Agreement, there are many critics, especially because of the lack of questioning or evidence of the links between bioeconomy/circular economy and sustainability. Here, we start from the institutional definitions of these two concepts to position the main criticisms that are made of them, but also the potentials. We will take illustrations from the livestock sectors. We use criticism as a tool to unpack hidden assumptions and unanticipated consequences, and to re-evaluate what might otherwise be taken for granted, in order to discuss priorities so that bioeconomy and circular economy can be real means of achieving a sustainable society, and the place that livestock sectors can hold in it.

INTRODUCTION

À partir des années 2000, économie circulaire (EC) et bioéconomie deviennent des stratégies clés en Europe, notamment en France, du fait que l'économie est devenue très majoritairement linéaire et fondée sur des ressources fossiles. Ces stratégies visent à opérer une transition vers une économie plus circulaire et basée sur des ressources renouvelables, notamment la biomasse d'origine agricole.

Les définitions et récits associés à ces deux notions sont nombreux et des auteurs ont essayé d'en produire des synthèses que ce soit pour l'EC (Kirchherr *et al.*, 2017) ou pour la bioéconomie (Levidow *et al.*, 2013 ; Pahun *et al.*, 2018 ; Vivien *et al.*, 2019). Korhonen *et al.* (2018) expliquent la multiplicité des définitions accolées à EC par le fait que le concept et son application ont presque exclusivement été développés et pilotés dans le champ institutionnel, par des praticiens (décideurs politiques, entreprises, consultants, associations/fondations d'entreprises). Cette diversité peut expliquer l'attrait de ces notions, mais cela rend également difficile de savoir de quoi il s'agit réellement (Corvellec *et al.*, 2021). L'absence de cadrage théorique, voire parfois la méconnaissance, par les promoteurs de l'EC et de la bioéconomie, des critiques adressées à ces notions "parapluie" (Corvellec *et al.*, 2021) laissent entrevoir des risques de détournement sémantique des termes, notamment en évitant la question de la durabilité de ces (bio)économies circulaires (Vivien *et al.*, 2019). Dans le champ institutionnel, le préfixe "bio" accolé au terme "économie" vient signifier l'intégration du vivant aux processus économiques. Pour les porteurs des critiques il s'agirait, à l'inverse, de ré-intégrer les processus économiques dans la biosphère et les limites planétaires (Vivien *et al.*, 2019). Si la littérature scientifique sur l'EC ne traite pas majoritairement des questions agricoles, il est plus étonnant que les travaux relatifs à la bioéconomie, par sa définition même davantage focalisée sur les systèmes agri-alimentaires, se réfèrent assez peu aux productions animales, alors même qu'elles représentent une part importante du potentiel de bioéconomie (Dourmad *et al.*, 2019). Ces auteurs précisent que l'élevage, dans les publications scientifiques relatives à la bioéconomie, est principalement abordé via l'utilisation des effluents pour la production d'énergie par méthanisation. Or l'élevage est un des vecteurs de transformation les plus importants de la biomasse agricole. A l'échelle mondiale, l'alimentation animale représente en masse plus de 60% de la biomasse totale produite par l'agriculture et plus de 40% des terres arables (Mottet *et al.*, 2017).

Nous proposons de partir des définitions institutionnelles posées dans les stratégies européennes et françaises et d'en produire une lecture critique illustrée dans le secteur de l'élevage. Nous proposons de faire de cette lecture un outil permettant de décortiquer les impensés, les hypothèses cachées, les conséquences non envisagées, et de réévaluer ce qui pourrait être considéré comme acquis (Corvellec et al., 2021 ; Allain et al., 2022). Notre finalité est d'attirer l'attention, notamment des praticiens, sur des points qui pourraient être considérés sinon comme sans problème, afin de transformer les façons de voir bioéconomie et EC, pour que leur opérationnalisation en lien avec l'élevage permette d'atteindre la cible d'une soutenabilité forte (Allain *et al.*, 2022).

Cette lecture critique repose sur : i) une mise en perspective historique, donnant à voir que les concepts de bioéconomie et d'EC ne sont pas nouveaux, mais sont promus aujourd'hui du fait des transformations des usages de la biomasse et d'un certain nombre de déconnexions appelant à renouer avec les multiples usages de la biomasse et à recoupler ce qui a été découplé, notamment les flux de biomasse et de nutriments ; ii) une mise en regard des critiques liées à cette absence de prise en considération de l'histoire, des connaissances scientifiques, ou du lien réel entre bioéconomie/EC et soutenabilité, leurs illustrations dans le secteur de l'élevage, et des potentiels de l'élevage comme atout pour la bioéconomie et l'EC si on prend en compte ces critiques.

1. CADRE INSTITUTIONNEL

1.1. BIOECONOMIE

En Europe, la bioéconomie émerge comme nouveau référentiel d'action publique à partir du moment où elle est saisie par l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE), puis par la Commission Européenne, dans les années 2000 (Pahun *et al.*, 2018). Ces auteurs montrent que cette notion émerge à l'OCDE suite au rapport prospectif « Les technologies du XXIe siècle ». Ces institutions attribuent une place centrale aux biotechnologies comme moteur de l'économie européenne. La bioéconomie promue vise ainsi à substituer l'utilisation du pétrole par des "bioressources", afin de produire bioénergie, biomatériaux et autres produits biosourcés. Si sa définition n'est pas stabilisée, elle s'articule autour de l'économie de la biomasse, de la promotion des biotechnologies, et du développement des bioraffineries (Pahun *et al.*, 2018). En France, les ministères en charge de l'écologie, de la recherche, de l'agriculture et de l'alimentation ont travaillé conjointement, à l'élaboration d'une « stratégie bioéconomie pour la France » qui a vu le jour en 2017, accompagnée d'un plan d'action 2018-2020[1]. Malgré la définition large (encadré 1) donnée à la bioéconomie englobant production agricole, valorisations alimentaires et non alimentaires, ce plan d'action renvoie essentiellement aux valorisations non alimentaires des productions agricoles. Les actions, concernant les filières animales sont par exemple : structurer une filière de valorisation de la laine et des peaux des ovins ; renforcer et développer une filière de valorisation des cuirs de veaux français ; renforcer les filières de valorisation du cinquième quartier dans les filières animales ; lever les freins réglementaires / faciliter l'investissement dans la méthanisation agricole.

Encadré 1 : Définitions institutionnelles de la bioéconomie

OCDE : Au début des années 2000, l'OCDE définit la « biobased economy » comme l'application des biotechnologies à des fins économiques et/ou de protection de l'environnement.

Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté Alimentaire

Sur le site du Ministère (septembre 2022), la bioéconomie est présentée comme : « englobant l'ensemble des activités de production et de transformation de la biomasse qu'elle soit forestière, agricole et aquacole : i) la production de bioressources (ressources végétales et animales issues des secteurs de l'agriculture, la sylviculture, l'aquaculture et la pêche) ; ii) l'agroalimentaire (transformation des produits pour notre alimentation) ; iii) les produits biosourcés (fabrication de produits à partir de sources végétales ou animales pour des usages matériaux ou chimie); iv) la valorisation des déchets organiques (compostage des déchets verts ou utilisation des effluents issus de l'élevage, pour la production d'énergie ou comme fertilisant pour les sols) ; v) les bioénergies (utilisation de l'énergie stockée dans la biomasse, comme la méthanisation ou les biocarburants) ».

1.2. ECONOMIE CIRCULAIRE

La loi de Transition énergétique pour la croissance verte a inscrit en 2015 une définition de l'EC dans le code de l'environnement (encadré 2). Afin d'accompagner la transition vers une EC, une feuille de route (FREC) a été publiée en 2018, comportant « 50 mesures pour une économie 100 % circulaire » autour de quatre thématiques : comment mieux produire ? comment mieux consommer ? comment mieux gérer nos déchets ? comment mobiliser tous les acteurs ? Parce que le secteur agricole est vu comme acteur incontournable de l'EC, un volet agricole de la FREC paraît en 2019[2]. Le secteur agricole est principalement identifié pour : la valorisation des biodéchets sur les terres agricoles et la réduction de la consommation d'engrais d'origine non renouvelable ; la réduction des pertes et du gaspillage au niveau de la production primaire ; la meilleure prévention et gestion des déchets des exploitations agricoles. Il est noté que ces actions sont cohérentes avec le plan d'actions bioéconomie 2018-2020.

Encadré 2 : définitions institutionnelles de l'économie circulaire

Commission Européenne : l'EC est une économie où la valeur des produits, des matériaux et des ressources est maintenue dans l'économie aussi longtemps que possible et où la production de déchets est réduite au minimum.

Code de l'environnement, article L.110-1-1

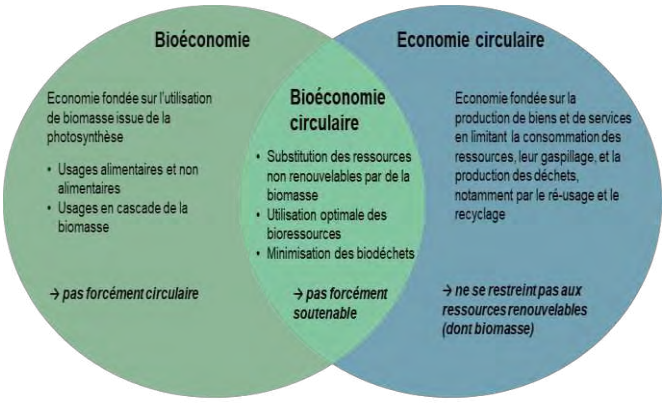
« La transition vers une économie circulaire vise à dépasser le modèle économique linéaire consistant à extraire, fabriquer, consommer et jeter en appelant à une consommation sobre et responsable des ressources naturelles et des matières premières primaires ainsi que, par ordre de priorité, à la prévention de la production de déchets, notamment par le réemploi des produits, et, suivant la hiérarchie des modes de traitement des déchets, à une réutilisation, à un recyclage ou, à défaut, à une valorisation des déchets (...) ».

[1] https://agriculture.gouv.fr/une-strategie-bioeconomie-pour-la-france-plan-daction-2018-2020

[2] https://agriculture.gouv.fr/telecharger/95176

1.3. ET LA BIOECONOMIE CIRCULAIRE ?

En 2018, la nouvelle stratégie européenne pour la bioéconomie souligne que, pour réussir, celle-ci doit avoir la durabilité et la circularité en son cœur. La notion de bioéconomie circulaire (BC) apparaît, visant à combiner les concepts de bioéconomie et d'EC, et souligner l'utilisation d'une approche circulaire de la bioéconomie, (Kardung et al., 2021). BC ne signifie pas pour autant soutenable (Giampietro, 2019), ce que nous décortiquons et discutons dans la suite. Les relations entre ces notions sont présentées dans la figure 1.



Source : les auteurs, inspirés de Kardung et al., 2021

Figure 1 : Relations entre bioéconomie, EC et BC

1.4. OPERATIONALISATION DE CES CADRES

La stratégie Bioéconomie pour la France visait un déploiement dans les régions et les territoires (CGAAER, 2019). Il s'agissait d'offrir des débouchés nouveaux aux secteurs primaires (valeur ajoutée, emplois), augmenter la compétitivité des industries, proposer des solutions innovantes et plus durables de développement pour les territoires, tout en réduisant les dépendances vis-à-vis de matières premières importées. Ce déploiement a été assez variable selon les territoires (CGAAER, 2019). Ces notions ont toutefois été largement ressaisies par les acteurs économiques pour promouvoir leurs activités et donner à voir comment ils répondent aux enjeux socio-économiques et environnementaux promus par l'EC et la bioéconomie. Pour prendre deux exemples, le syndicat des industries françaises de coproduits animaux (SIFCO) présente la valorisation de ces coproduits comme « l'outil EC » des filières animales en permettant de valoriser plus de trois millions de tonnes (t) de biomasse animale par an, via différentes filières (40 sites et plus de 3 600 emplois). « En évitant que ces ressources ne soient perdues et en maximisant leur valeur ajoutée, elle permet de répondre aux besoins d'autres industries, potentiellement en substitution d'autres matières premières ». Autre exemple, celui des coopératives agricoles, qui suite à un premier recensement des initiatives autour de l'EC en 2015 sort une nouvelle édition en 2017[3], souhaitant « mettre en lumière 19 exemples qui s'articulent autour des piliers de l'économie circulaire tels que l'approvisionnement durable, l'écoconception, l'écologie industrielle et territoriale, l'économie de la fonctionnalité, la consommation responsable et le recyclage ».

2. MISE EN PERSPECTIVE HISTORIQUE

2.1. TRANSFORMATIONS MAJEURES DES USAGES DE LA BIOMASSE : DES BIOMASSES QUI SORTENT DE L'ECONOMIE

Dans le champ institutionnel, la bioéconomie est présentée comme « l'économie de la photosynthèse et plus largement du vivant », « une nouvelle vision du vivant » [4]. Pourtant cela ne semble pas très nouveau. Les coproduits animaux ont par exemple été valorisés pour des usages variés rappelés par le SIFCO : peaux pour se vêtir, graisse pour le savon et l'éclairage urbain, boyaux pour l'alimentation humaine, les cornes et onglons, le sang pour la fertilisation, coproduits (ex. lactoserum issue de fromagerie) pour l'alimentation des porcs.

Daviron (2019) reprend l'histoire de la place occupée, au cours du temps, par la biomasse (sources et usages) et de l'agriculture (comme source et consommatrice), en remontant à la fin 16ème siècle. Pour l'auteur, la question des usages de la biomasse est principalement celle de la place de la biomasse dans le métabolisme des sociétés autrement dit dans les apports de matière et d'énergie, et la part respective des usages alimentaires et non alimentaires. L'auteur mobilise les travaux de l'Institut d'écologie sociale[5] de Vienne (Autriche) sur les régimes métaboliques, pour décrire les transformations dans les usages des biomasses. Ces différentes notions sont précisées dans l'encadré 3.

Encadré 3 : Définitions du métabolisme des sociétés et de régime métabolique

Métabolisme des sociétés, social ou socio-économique

Pour mieux réinscrire l'économie dans son substrat biophysique et les limites planétaires (Georgescu-Roegen, 1971), les recherches sur le métabolisme des sociétés se multiplient. Elles ont différentes origines conceptuelles et disciplinaires, mais se rejoignent sur l'importance de prendre en considération les bases matérielles et énergétique du fonctionnement de notre société (Haberl *et al.*, 2019). Le métabolisme social ou métabolisme de société englobe les flux biophysiques échangés entre les sociétés et leur environnement naturel ainsi que les flux au sein des systèmes sociaux et entre eux (Haberl *et al.*, 2019). Une importance est accordée aux divers flux de matière et d'énergie qui traversent les sociétés, mais également à leurs origines et à leurs destinations (Fischer- Kowalski et Haberl, 2015).

Les approches socio-métaboliques, visant à analyser ce métabolisme des sociétés, cherchent à relier processus socio-économiques et biophysiques.

Régime métabolique : il s'agit de modèles spécifiques fondamentaux d'interaction entre société humaine et nature. Un régime est caractérisé par le profil socio-métabolique de la société concernée, notamment son utilisation des matières et énergies (Fischer-Kowalski et Haberl, 2007).

Deux régimes sont distingués : le régime solaire/agraire et le régime minier/industriel. Une société au régime métabolique solaire/agraire est caractérisée par sa dépendance vis-à-vis de la biomasse comme source quasi unique de matière et d'énergie (nourriture, combustible, fibres et peaux pour s'habiller,

[3] https://www.lacooperationagricole.coop/media/4373/download
[4] https://agriculture.gouv.fr/la-bioeconomie-nouvelle-vision-du-vivant
[5] https://boku.ac.at/en/wiso/sec/research/gesellschaftlicher-stoffwechsel

matériaux de construction, mais aussi énergie mécanique via les animaux).

Elle joue aussi un rôle essentiel dans l'entretien de la fertilité des sols. Le rayonnement solaire est la source d'énergie primaire principale.

Une société au régime métabolique minier/industriel tire, quant à elle, l'essentiel de ses ressources de l'exploitation du sous-sol. Le charbon, puis le pétrole, le gaz naturel ou l'uranium s'imposent comme les sources quasi uniques d'énergie mécanique et thermique. La biomasse est remplacée par des substituts de synthèse ou des dérivés de minerai, que l'énergie abondante permet d'extraire et de traiter. L'usage de la biomasse est alors quasiment réduit à l'alimentation. Ce régime se traduit également par la production de déchets à profusion, et d'émissions - gaz à effet de serre en tête- (Daviron, 2019). Ainsi des biomasses auparavant utilisées, sortent de l'économie, soit parce qu'elles ne sont plus utilisées au profit de ressources fossiles et produits de synthèse, soit qu'elles deviennent des déchets non utilisés. Lacombe (2018) prend l'exemple des laines, des cornes, du lactosérum, pour illustrer comment ces produits animaux sont devenus des "déchets", dont il fallait chercher à se débarrasser, dans le régime minier avec ses logiques de spécialisation.

Selon Magalhães *et al.* (2019), jusqu'en 1860, l'économie en France a fonctionné sur un régime agraire avec plus de 88 % des matériaux consommés provenant de la biomasse, alors qu'à partir de 1980 elle ne représente plus que 30% de la consommation totale de matière. La découverte du procédé Haber-Bosch, au début du 20ème siècle, a accéléré le changement de régime, permettant à tout pays disposant d'énergie fossile de synthétiser des engrais azotés, de fertiliser ses sols sans contraintes, et donc sans plus dépendre ni d'un transfert local de biomasse, ni d'un stock physique limité et lointain (Daviron, 2019). Si le régime solaire/agraire peut s'apparenter à ce qu'on appelle aujourd'hui bioéconomie avec un usage important des biomasses comme base de l'économie, le régime minier/industriel s'en est largement éloigné, avec un moindre usage des biomasses comme source de matière et d'énergie.

2.2. RUPTURES MÉTABOLIQUES : D'UNE ECONOMIE CIRCULAIRE A LINEAIRE

Daviron (2019) énonce les transformations majeures du rapport à la biomasse, entraînées par le passage du régime solaire/agraire à minier/industriel. Outre la croissance spectaculaire des rendements agricoles, il met en avant les ruptures dans les interactions métaboliques entre activités humaines et substrat biophysique. Des auteurs proposent la notion de rupture métabolique ou de rift métabolique (Saito, 2021) pour en rendre compte. Ces ruptures concernent notamment les transferts locaux de biomasse et nutriments : élevages-cultures, villes-campagnes, forêts-cultures. Elles sont liées i) à la spécialisation des systèmes de production et des filières ; ii) à l'urbanisation croissante et une perte des liens entre villes et campagnes proches, que ce soit pour l'approvisionnement de la ville en nourriture ou pour le recyclage agricole des déchets urbains (Dufour et Barles, 2021) ; et iii) au développement du commerce de longue distance (Le Noë *et al.*, 2018). Daviron (2019) note par exemple qu'un marché international du soja existe déjà pleinement dès la première décennie du 20ème siècle.

Saito (2021) caractérise les trois problèmes majeurs qu'entraînent ces ruptures métaboliques associées au passage d'une économie auparavant circulaire à linéaire : l'épuisement des ressources naturelles, le transfert des problèmes du "nord global" vers le "sud global", et les effets à retardement, climatiques et environnementaux, qui ne se cristallisent pas immédiatement.

2.3. RÉ-USAGES ET RECOUPLAGES SOUHAITÉS MAIS COMPLEXES

La bioéconomie appelle à ce que les usages non alimentaires de la biomasse reprennent l'importance qu'ils occupaient dans le régime métabolique solaire/agraire, et l'EC à ce que les recouplages s'opèrent, notamment entre villes et campagnes, cultures et élevages. Bioéconomie et EC relèvent finalement d'un recouplage entre des activités ayant été précédemment disjointes. Ces dynamiques souhaitées sont pour autant aujourd'hui rendues complexes par la perte des outils de transformation (ex. dynamique actuelle du Collectif Tricolor[6] pour faire renaître une filière laine en France), la forte concentration des opérateurs détenant les outils de transformation (ex. pour la valorisation du 5ème quartier des filières bovine, ovine et porcine en France -FranceAgriMer, 2013-), ou la déconnexion des activités nécessitant des déverrouillages socio-techniques (ex. des travaux du RMT Spyce puis Spicee[7] ou du GIS Avenir Elevages[8] sur la reconnexion culture-élevage). Cette histoire des usages des biomasses et des ruptures métaboliques (spécialisation, urbanisation, mondialisation des échanges) semble invisible par les promoteurs de la bioéconomie/EC, tout comme les risques de déplacements des problèmes et les difficultés d'opérationnalisation. Le discours dominant "gagnant-gagnant" se concentrant davantage sur la croissance et la compétitivité (innovation, emploi, nouvelles filières) que sur les défis socio-écologiques, occultant les conflits potentiels entre développement économique et protection de l'environnement (Corvellec *et al.*, 2021), amènent de fortes critiques dans le champ scientifique. Les critiques adressées à la bioéconomie/EC sont nombreuses et ont fait l'objet de synthèses, par exemple Allain *et al.* (2022) pour la bioéconomie ou Corvellec *et al.* (2021) pour l'EC. Nous reprenons dans la suite les principales critiques et illustrons leur expression dans le secteur de l'élevage, ainsi que les potentiels pour l'élevage si on tient compte de ces critiques.

3. PRINCIPALES CRITIQUES ET ILLUSTRATIONS POUR L'ÉLEVAGE

3.1.LA BIOMASSE : UNE RESSOURCE INEPUISABLE ET SOUS-UTILISEE POUR LA BIOECONOMIE ?

Dans la vision institutionnelle, la bioéconomie est vue comme inépuisable car se basant sur la biomasse par définition renouvelable. Or renouvelable ne signifie pas soutenable, ni illimitée.

Renouvelable ne veut pas dire soutenable

Les récits institutionnels sur le potentiel d'une bioéconomie évitent la question de la soutenabilité (Vivien *et al.*, 2019), notamment celle de la production de la biomasse. Pfau *et al.*

[6] https://www.collectiftricolor.org/

[7] https://idele.fr/spicee/

[8] https://www.gis-avenir-elevages.org/Actions-thematiques/REVE-Reconnexion-Elevage-VEgetal

(2014) soulignent cet amalgame entre « renouvelable » et « soutenable ». Parce qu'elle utilise des ressources renouvelables alors la bioéconomie serait intrinsèquement soutenable. La soutenabilité est assimilée à la substitution des ressources fossiles par des ressources renouvelables, et une optimisation de l'usage de ces ressources. Pour autant, utiliser des ressources renouvelables ne signifie pas que leur production, quant à elle est soutenable. Cidón *et al.* (2021) montrent que les publications scientifiques reliant agriculture biologique et développement de la bioéconomie sont limitées. L'attention portée à la biomasse peut masquer les questions de dépendance et d'utilisation d'autres ressources, notamment naturelles (eau, sols…, Staffas *et al.*, 2013), de la soutenabilité de l'exploitation de cette biomasse (ex : déforestation, érosion des sols etc.), d'interactions entre filières et de détournements de flux (Marty *et al.* (2021) d'où l'intérêt de s'y intéresser spécifiquement (Allain *et al.*, 2022). L'absence de considération des dimensions sociales (autre composante de la soutenabilité) est également critiquée. Corvellec *et al.* (2021) explicitent en effet les controverses de ces politiques et stratégies présentées comme "gagnant-gagnant", négligeant les problèmes d'opérationnalisation, les contraintes, les verrouillages sociotechniques, les perdants/gagnants, les conflits de ces réorganisations et réorientations de flux, de ces déstructurations/restructurations. Les stratégies bioéconomiques ne précisent pas non plus les échelles de leur mise en place. Les territoires sont mis en avant (CGAAER, 2019) sans que leur place ne soit interrogée par rapport aux logiques industrielles. Bahers *et al.* (2017) discutent du risque de disparition de la dimension territoriale au profit de l'efficience dans l'utilisation des ressources. L'investissement dans des infrastructures et la nécessité de les rentabiliser peut en effet amener à intensifier les productions, ramenant aux impasses agronomiques de la monoculture par exemple, à l'augmentation de l'utilisation d'intrants ou de ressources naturelles (eau) ou à des de détournements de flux venant mettre à mal le système existant, voire à accroître la déconnexion entre cultures et élevages. C'est ce que nous illustrons dans la suite.

Illustration des tensions entre logiques territoriales, environnementales et industrielles

Marty *et al.* (2021) décrivent comment le déploiement de la méthanisation dans le nord de l'Aube (NA) modifie les assolements, les besoins d'irrigation, la restitution des cultures intermédiaires au sol, les infrastructures et filières existantes. En effet, l'augmentation de l'utilisation de pulpe de betterave comme intrant pour les méthaniseurs, les détournant des déshydrateurs, pourrait entraîner la fermeture de ces derniers. Cela impacterait les filières d'élevage puisque ce sont actuellement 350 000 à 400 000 t de pulpe de betterave par an et 100 000 t de luzerne qui sont déshydratées dans le NA à des fins d'exportation pour l'alimentation animale. Le peu d'élevages restant sur le territoire pourrait également être amené à disparaître. Une concurrence pour l'accès à la pulpe de betterave se développe avec la méthanisation, qui est particulièrement attrayante économiquement pour les producteurs de betteraves. On pourrait également craindre une disparition de la luzerne dans les assolements de cette zone spécialisée en cultures végétales, avec des impacts négatifs sur le renouvellement de la fertilité des sols. En parallèle, les cultures intermédiaires, y compris les pièges à nitrate (et pas seulement celles à vocation énergétique), sont de plus en plus récoltées pour l'approvisionnement des digesteurs et une moindre quantité est directement restituée au sol. Au fur et à mesure que les cultures intermédiaires deviennent plus rentables que les cultures principales, les temps de cultures des céréales (cultures principales) diminuent au profit du maïs nécessitant davantage d'irrigation, considéré comme une culture intermédiaire, qui est utilisé en totalité dans les digesteurs. Ce développement de la méthanisation suscite des inquiétudes diverses, quant aux effets sur la ressources en eau, la biodiversité des sols liés à l'épandage des digestats (Madelrieux *et al.*, 2020), et à l'acceptabilité sociale de cette activité (Bourdin et Nadou, 2020). Toutefois des démarches de gestion collective se développent face à des problèmes environnementaux, en déployant une logique industrielle davantage ancrée dans leur territoire. C'est le cas de Ferti'eveil en Vendée. Face au durcissement de la réglementation environnementale (directive européenne Nitrates en 1991), une quinzaine d'éleveurs avicoles ont choisi de s'associer en 2006 pour mutualiser la gestion de leurs effluents d'élevages, notamment pour organiser l'exportation de nutriments fertilisants excédentaires hors de leur territoire de production via le compostage (Le Houerou et Blazy, 2021). La démarche s'est élargie à d'autres types d'élevage (bovin, ovin, caprin, porcin) et associe en 2021 : 140 exploitations dans un rayon de 50 km autour des deux plateformes de compostage. Le fumier, valorisé en compost, est vendu dans un rayon de 150 km pour grandes cultures, viticulture, maraîchage, arboriculture. En retour un approvisionnement des éleveurs en litière est possible via la coopérative. L'une des clés de réussite de cette démarche, inscrite dans la durée semble avoir été dans la construction d'un projet multi-acteurs, multi-filières animales et multi-échelle. L'impact de l'augmentation du transport routier et la dimension énergétique du système reste à clarifier.

Sous-utilisée ne veut pas dire illimitée

La substitution des ressources fossiles par des ressources renouvelables est une hypothèse trompeuse (Allain *et al.*, 2022). Cet idéal de substitution ne tient compte ni du fait que la transition énergétique reste aujourd'hui une addition de ressources renouvelables aux énergies fossiles (et non une substitution), ni que les matières n'ont pas toutes les mêmes propriétés. Le potentiel énergétique des biomasses agricoles est, par exemple, bien moindre que celui des énergies fossiles (Harchaoui et Chatzimpiros, 2019). Pahun *et al.* (2018) montrent comment on est passé dans le champ institutionnel d'une vision de ressources surexploitées (par le régime minier/industriel) à sous-exploitées (nouveaux usages permis par les technologies, déprise agricole/friches, gaspillage), sans finalement changer de régime. Le risque est même fort de reproduire la logique minière dans l'exploitation des biomasses, d'aggraver les problèmes environnementaux et inégalités sociales. Cette impression que la quantité de biomasse est abondante et sous-utilisée dans les visions institutionnelles n'est, pour Daviron (2019), que le résultat d'une utilisation massive des énergies fossiles dans toutes les branches de l'activité humaine. Or, pour cet auteur, les quantités de biomasse sont au contraire limitées. La production primaire nette agricole est en effet le produit des rendements agricoles par les surfaces agricoles disponibles. Chacun des termes de ce produit est contraint et limité. D'une part, le rendement des cultures est limité par l'efficacité intrinsèque de conversion de la photosynthèse et par l'écart de rendement qui dépend des pratiques agricoles (Mueller *et al.*, 2012). D'autre part, la surface agricole est limitée par les limites planétaires (Steffen *et al.*, 2015). À l'échelle de la France, les marges d'amélioration des rendements des cultures et de

l'efficience d'utilisation des nutriments sont très faibles (Harchaoui et Chatzimpiros, 2019).

À l'échelle européenne, Renner *et al.* (2020) montrent les déséquilibres entre internalisation et externalisation des pressions sur les ressources/émissions de l'agriculture, sa dépendance à l'égard de flux "virtuels" de terre et d'eau, et l'impossibilité d'étendre ce modèle à d'autres parties du monde. Avec le déploiement de la bioéconomie et l'augmentation de la demande en biomasse, Bruckner *et al.* (2019) montrent qu'une part de plus en plus importante des surfaces agricoles mondiales est consacrée à la production de biomasse à des fins non alimentaires. Mais aussi, que les deux tiers des terres cultivées nécessaires pour satisfaire la consommation de biomasse non alimentaire en Europe sont déjà situés dans d'autres régions du monde (Chine, États-Unis, Indonésie), ce qui peut avoir un impact sur les écosystèmes de ces pays. Cela concerne des oléagineux pour produire des biocarburants, des détergents et des polymères, mais aussi des utilisations plus traditionnelles : fibres pour les textiles ou cuirs d'animaux. De plus, les fluctuations de l'empreinte spatiale de nos consommations mettent en évidence les liens aux fluctuations des rendements agricoles du fait des sécheresses, qui risquent de s'intensifier dans un contexte de changement climatique (Harchaoui, 2019).

Les concurrences d'usage vont nécessiter plus de terres ou d'intensifier la production des biomasses, avec des incidences environnementales variables selon les lieux (Lewandowski, 2015). Cette compétition entre usages reste peu étudiée de manière systémique par la bioéconomie, alors que la question de hiérarchisation des usages des biomasses est incontournable (Muscat *et al.*, 2021).

Illustrations des tensions entre alimentation humaine, animale et énergie

Le défi de l'agriculture va être de produire pour répondre aux besoins de l'alimentation humaine, animale mais également de bioénergie pour la société, sans augmenter ses surfaces agricoles (Harchaoui et Chatzimpiros, 2018). Cela pourrait aller à l'encontre d'autres écosystèmes et engendrer une perte de biodiversité, autre limite planétaire (nommée intégrité de la biosphère par Steffen *et al.*, 2015). De nombreuses études mettent de côté la dépendance énergétique de l'agriculture aux énergies fossiles pour produire la biomasse. Harchaoui et Chatzimpiros (2018) proposent la notion de neutralité énergétique pour caractériser la capacité de l'agriculture à être une source d'énergie pour elle-même et pour la société, tout en substituant sa dépendance aux énergies fossiles. La neutralité énergétique permet d'évaluer si le potentiel énergétique des ressources internes de l'agriculture qui sont essentiellement les résidus agricoles (résidus de cultures et effluents d'élevage) est supérieur ou non à l'équivalent biomasse des énergies fossiles investies en agriculture. À l'échelle de la France, les auteurs proposent plusieurs scénarii combinant réduction de la part des céréales et fourrages annuels à destination de l'alimentation animale et différents taux de valorisation énergétique des résidus agricoles. Ils montrent que la neutralité énergétique semble difficile à atteindre. Elle ne serait possible qu'à la condition de combiner à la fois la suppression des céréales et des fourrages annuels destinés à l'alimentation animale et une valorisation énergétique entre 30 et 70 % de tous les résidus agricoles. Ce scénario aurait un effet sur le régime alimentaire humain avec une réduction de la part des produits animaux monogastriques consommés. Il irait également à l'encontre des taux minimums de retour au sol des résidus de culture au regard des objectifs de conservation et enrichissement en carbone des sols, conduisant ainsi à des dilemmes et compromis nécessaires entre objectifs énergétiques et climatiques (Harchaoui et Chatzimpiros, 2018). Cette étude permet d'envisager les conditions limites de l'impact de la compétition alimentation humaine, animale et énergie sur le bilan énergétique de l'agriculture. Par contre, elle ne tient pas compte du levier important de réduction des déchets et gaspillages alimentaires pour améliorer le bilan énergétique de l'agriculture.

En effet, des travaux commencent à mettre en lumière le rôle de l'élevage dans la valorisation des coproduits de l'agriculture et de l'agro-industrie (Chapoutot *et al.*, 2018 ; Van Selm *et al.* 2022, plus largement des biomasses d'origine végétale non consommables par l'homme (Laisse *et al.*, 2018 ; Van Zanten *et al.*, 2019), comme facteur de réduction de la compétition entre alimentation animale et humaine. Il reste à mieux estimer les gisements disponibles, en tenant compte : i) de leur possible utilisation par d'autres secteurs (Laisse *et al.*, 2018), comme nous l'avons vu dans le cas de la méthanisation pour la pulpe de betterave ; ii) du coût énergétique de leur utilisation, notamment pour sécher les coproduits humides (Lindberg *et al.*, 2021) ; iii) des moyens nécessaires pour changer les logiques économiques actuelles, faire évoluer les connaissances, les réglementations sanitaires, construire de nouvelles filières et des pratiques d'élevage pour des rations riches en coproduits (Laisse *et al.*, 2018), tout en limitant les risques sanitaires pour les animaux (Chapoutot *et al.*, 2018).

3.2. UNE ECONOMIE 100 % CIRCULAIRE ?

Des circularités localisées vs une augmentation de la taille et des empreintes environnementales de l'ensemble du système

Une critique adressée à l'EC concerne sa vision "relative" plutôt qu'"absolue". En effet, si la taille globale de l'économie continue d'augmenter, les empreintes environnementales associées aux flux d'entrée et de sortie du système resteront supérieures aux gains d'une augmentation du degré de circularité (Haas *et al.*, 2020). Certains auteurs parlent alors de « circular washing » (Marruci et al., 2022), nouveau mode de justification de l'économie néolibérale. De plus augmenter la circularité à un endroit peut entraîner l'accroissement de la linéarité sur le reste du système et les empreintes énergétiques, environnementales associées. En effet, l'implémentation de l'EC ne concerne souvent qu'une partie des activités (Corvellec *et al.*, 2021). Ce que nous illustrons dans la suite.

Economie circulaire et monogastriques : quelles alliances possibles ?

Dans la vallée de la Drôme un modèle d'EC entre les filières grandes cultures et volailles est mis en place par un groupe coopératif. Ce modèle vise à mieux valoriser les céréales locales et à proposer une source de diversification de revenus à des céréaliers, en développant une production de volailles, pour laquelle il y a une forte demande et des marchés, que ce soit pour les œufs ou la chair (Madelrieux *et al.*, 2020). Le lien entre filières se fait principalement par l'intermédiaire de l'usine d'aliments, qui reçoit un tiers des céréales de la coopérative céréalière. Il se fait également par l'utilisation des fumiers pour fertiliser les grandes cultures. La filière volaille « intégrée » est une des plus fortes activités génératrices d'emploi de la zone. Toutefois, les productions de grandes cultures et de volailles sont aussi, d'après les analyses de cycle de vie menées, celles du territoire qui affectent le plus l'environnement (consommation

d'eau et d'énergie, acidification potentielle des sols notamment). La filière volaille reste fortement dépendante d'imports de soja et de poussins, et des exports des 5èmes quartiers. L'abattoir et transformateur de viande de volaille en exporte 1250 t/an, qui part dans la filière pet-food, alors que la coopérative d'approvisionnement peine à capter par exemple les plumes, intrant de choix pour la préparation d'engrais azotés. L'autoconsommation locale des céréales permet de maintenir des prix plus élevés pour les céréales, et d'absorber les fluctuations de prix que connaît la production avicole. Ce modèle d'EC local devient alors un moyen d'exporter, à la fois la production de volaille et d'œufs, qui partent dans les circuits de distribution classiques, mais aussi 50 % du blé et 60 % du maïs principalement vers l'Italie et l'Afrique du nord (Madelrieux *et al.*, 2020). Cette EC locale sur une partie du système, et fortement promue par le groupe coopératif, ne peut cependant s'extraire du fonctionnement du reste des filières pour évaluer la soutenabilité de l'ensemble du système.

Toutefois les élevages monogastriques peuvent jouer d'autres rôles dans une EC en valorisant des déchets alimentaires des hommes qu'ils contribuent à nourrir. Uwizeye *et al.* (2019), s'intéressant au remplacement des céréales et du soja par des pertes et gaspillages alimentaires dans différentes filières porcines, rend compte du cas du Japon. Une politique nationale incitative[9] accompagnée d'un système de régulation sanitaire et économique a permis la mise en place d'une chaine de valeur pour les pertes et gaspillages alimentaires en filière porcine industrielle, alors que cela est limité dans de nombreux pays en raison des risques de maladies infectieuses et de santé publique. Cela ne doit toutefois pas prévaloir sur la prévention et réduction des pertes et gaspillages, qui devrait toujours rester la priorité (Papargyropoulou *et al.*, 2014).

Un 100 % non atteignable : quels flux circulariser ?

Dans la vision institutionnelle, l'EC est promue avec une visée d'économie 100 % circulaire. Corvellec *et al.* (2021) mettent en avant une critique récurrente qui est que les promoteurs de l'EC ignorent les connaissances établies, en particulier, celles de la thermodynamique. Les lois de la thermodynamique indiquent qu'on ne peut ni créer ni détruire de la matière, elle ne peut être que convertie et dissipée. Même les systèmes cycliques consomment des ressources et créent des déchets et des émissions (Korhonen *et al.*, 2018), la récupération ne peut jamais être de 100 %. Un avenir d'EC où les déchets n'existent plus, où les boucles de la matière sont fermées et où les produits sont recyclés indéfiniment est donc, dans un sens pratique, impossible. Recycler représente, de plus, un coût (en temps, en ressources matérielles et financières) puisqu'il s'agit d'internaliser un coût qui reposait auparavant sur l'environnement via l'accumulation de déchets (Giampietro, 2019). L'énergie supplémentaire requise pour faire fonctionner une EC appelle donc à passer aux énergies renouvelables (Haas *et al.*, 2020), avec les difficultés présentées précédemment associées à la substitution des énergies.

Se pose également la question du choix des flux à circulariser (Giampietro, 2019) ? Pour l'élevage, Dourmad *et al.* (2019) évoquent les flux associés à l'alimentation des animaux ou générés par l'élevage (flux vers l'alimentation humaine, flux d'effluents animaux). Il peut se jouer des concurrences entre flux ou des transferts (l'amélioration de la circularité d'un flux entraîne une dégradation de l'efficience d'utilisation concernant un autre type de flux) (Van der Wiel *et al.*, 2020). Et la question de l'échelle à laquelle tendre vers ce 100 % est reposée, ce que nous illustrons dans la suite dans des territoires à forte densité d'élevage.

Quels flux circulariser dans des territoires à forte densité d'élevage ?

Rothwell *et al.* (2020) questionnent les bien-fondés d'une EC dans des territoires à forte densité d'élevage. Ils s'intéressent aux vulnérabilités du système agri-alimentaire d'Irlande du Nord liées à l'approvisionnement en phosphore -P- (risques de rupture d'approvisionnement et d'inflation des prix des intrants) et à l'inefficience de l'utilisation du P (pollution des eaux et conséquences sur la biodiversité et la santé humaine). Ils montrent que la distribution spatiale et temporelle du P issu du fumier est une question critique pour la soutenabilité future de l'agriculture d'Irlande du Nord. La combinaison d'une production animale intensive localisée, une disponibilité limitée de terres arables, un coût du transport du lisier, une infrastructure limitée pour le traitement du lisier, et de 57 % des sols classés comme présentant un risque élevé de ruissellement, pose des défis importants aux agriculteurs en termes d'équilibre entre les objectifs agronomiques et environnementaux. Accroître la circularité du P est vu comme un des leviers d'action pour améliorer la soutenabilité de la gestion du P, avec celui de la réduction des pertes, afin de viser un bilan en P nul. Toutefois, pour les régions à forte densité d'élevage, les auteurs posent la question du compromis entre circularité du P et surplus. En effet, dans le cas de l'Irlande du Nord, la charge en P du fumier dans le sol dépasse à elle seule de 20 % la demande en P des cultures. Récupérer le P du secteur de la gestion des déchets pour améliorer la circularité du P, ne ferait qu'ajouter à la charge en P circulant déjà dans le système, augmentant alors les risques de surplus et de pertes par ruissellement.

Des scenarios sont mis en discussion pour faire face à ce paradoxe où l'élevage est un contributeur potentiel à la réduction de la vulnérabilité des cultures aux perturbations de l'approvisionnement en engrais de synthèse, tout en contribuant de manière significative aux impacts négatifs sur l'environnement (Martin-Ortega *et al.*, 2022). Ils recourent à différents leviers et acteurs : mobiliser des technologies économiquement viables, permettant de traiter les effluents d'élevage pour faciliter leur exportation vers des territoires qui sont déficitaires ; s'appuyer davantage sur l'héritage passé en P du sol et les réserves existantes et s'en tenir au strict besoin des cultures ; viser un objectif environnemental (1,5 kg/ha) et modifier les flux de P des engrais, des aliments pour animaux, du fumier, et du secteur des déchets en fonction ; diminuer la population animale, en lien avec un changement des régimes alimentaires des hommes (moindre consommation de produits animaux). Les discussions avec les acteurs permettent alors d'identifier des verrouillages/besoins socio-économiques, logistiques et technologiques.

[9] Au Japon, cette loi sur le recyclage alimentaire est entrée en vigueur en 2007. Elle exige que les émetteurs de déchets alimentaires recyclent leurs déchets alimentaires en compost, en aliments pour animaux, en biogaz ou en utilisant efficacement la chaleur de l'incinération. Elle exige également que les industries alimentaires achètent des produits agricoles qui utilisent des produits dérivés des déchets alimentaires, comme le compost et les aliments pour animaux. Et du côté des producteurs, un label spécifique "Ecofeed" se développe avec des prémiums pour encourager les éleveurs porcins à utiliser les aliments issus du recyclage.

3.3. BIOECONOMIE CIRCULAIRE : DECOUPLAGE ENTRE USAGE DES RESSOURCES ET CROISSANCE ECONOMIQUE ?

Les visions institutionnelles de la bioéconomie/EC et reposent sur l'idée d'un découplage possible entre usage des ressources et croissance économique, qui relèvent pour nombre de critiques d'une hypothèse là encore trompeuse (Allain *et al.*, 2022). Un des arguments est celui de l'effet rebond ou paradoxe de Jevons, qui stipule que l'optimisation de l'utilisation des ressources entraîne, contre-intuitivement, leur surexploitation (Alcott, 2005). Cet effet a été mis en évidence par Jevons dans le cas du charbon[10]. Sorrell (2009) identifie différentes dimensions en jeu dans cet effet rebond : le jeu de l'offre et de la demande (innovation technologique, amélioration de l'efficience d'un procédé, baisse du coût de production, augmentation de la demande pour le produit, incitation à produire davantage, ressource initiale davantage exploitée), et l'intention sous-tendant le gain d'efficacité (répondre aux enjeux environnementaux ou faire baisser les coûts). L'effet rebond est souvent lié à des changements motivés par des arguments économiques (épuisement des combustibles fossiles et/ou augmentation de prix), plutôt que socio-écologiques. Nous l'illustrons dans la suite dans le cas de recouplages cultures-élevages.

Effet rebond dans des cas de recouplages cultures-élevages

L'intégration des productions végétales et animales par des échanges de matières au sein de systèmes agricoles mixtes est un moyen efficace de boucler les cycles des nutriments. Toutefois, les exploitations étant de plus en plus spécialisées, une option envisagée consiste à opérer cette reconnexion à l'échelle d'un territoire (entre exploitations spécialisées) (Regan *et al.*, 2017). En théorie, ce recouplage devrait conduire à une moindre utilisation d'engrais inorganiques dans les exploitations de culture et à un moindre excédent d'azote -N- dans les exploitations d'élevage. Cependant, cette hypothèse n'est pas toujours valable du fait de cet effet rebond mis en évidence par Regan *et al.* (2017) dans le cas de recouplages entre production laitière et végétale par le biais de la coopération entre exploitations agricoles. Sur la base d'études de cas en Europe, les résultats indiquent que dans trois des quatre stratégies d'intégration agriculture-élevage évaluées, les ressources nouvellement accessibles ont facilité l'adoption de pratiques agricoles plus intensives dans les exploitations laitières coopérantes par rapport aux exploitations laitières spécialisées non coopérantes. Par exemple, sur le cas d'échanges de matière entre exploitations laitières et de cultures en Espagne, l'accès à une plus grande superficie de terres sur lesquelles épandre leur excédent de fumier, grâce à la coopération entre exploitations, a résulté en une augmentation des troupeaux et un doublement du taux de chargement dans les exploitations laitières coopérantes, limitant les avantages que ces systèmes auraient pu tirer de la coopération (ex. plus faible excédent d'N/ha). Cette augmentation du chargement étant liée à la capacité du système d'exploitation à gérer le fumier et non à sa capacité à produire des aliments pour les animaux, des volumes plus importants d'aliments concentrés et de fourrages sont importés pour soutenir le système. Cependant, les auteurs n'ont pas pu déterminer si la coopération a aidé les agriculteurs à intensifier leur système, ou si la coopération est nécessaire pour maintenir des systèmes déjà intensifs.

Toutefois, d'autres travaux à l'échelle d'exploitations d'herbivores conventionnelles et biologiques (Martel *et al.*, 2017) montrent que : i) les exploitations avec un niveau de couplage élevé ont de meilleures performances environnementales, et efficacité économique, ii) le niveau de couplage des systèmes en agriculture biologique est en moyenne plus élevé (par nécessité afin de compenser l'absence de produits chimiques de synthèse), iii) les effets du couplage et du passage en agriculture biologique sont cumulatifs. Cet effet rebond n'est donc pas systématique.Ces résultats amènent l'intérêt d'une réflexion sur les stratégies d'intégration entre cultures et élevages pour substituer par des ressources locales (fumier, aliments pour bétail), des intrants achetés et impactant pour l'environnement, mais tenant compte des potentiels effets rebonds. Ils seront d'autant plus forts, si l'intégration culture-élevage est un moyen pour augmenter le chargement animal et la production animale totale au détriment de la finalité de réduction des intrants sur l'ensemble du système.

4. DISCUSSION : QUELLES PRIORITES POUR UNE BIOECONOMIE CIRCULAIRE SOUTENABLE ET PLACE DE L'ÉLEVAGE ?

4.1. REMATERIALISER LA PENSEE : APPROCHES SOCIO-METABOLIQUES

Nous avons vu à travers la mise en perspective historique, que les ruptures métaboliques sont au cœur des crises énergétiques et environnementales actuelles, et en quoi la linéarisation/circularisation des flux de matières et substances sont questionnées. Ces flux et leur circulation sont largement invisibilisés par la mondialisation des échanges (Nesme *et al.*, 2018), par des empreintes environnementales ou effets climatiques parfois éloignées dans l'espace ou dans le temps, ou par des flux qu'on cherche à cacher comme ceux de déchets (Monsaingeon, 2017). Il y a ainsi un enjeu fort à réinscrire l'économie, et les systèmes sociaux plus largement, dans leur substrat biophysique et les limites planétaires (Georgescu-Roegen, 1971).Pour cela il y a besoin de mettre en évidence les façons dont les relations métaboliques, les solutions technologiques, les systèmes de production/modèles économiques, et les empreintes environnementales/énergétiques co-évoluent (Åkerman *et al.*, 2020). Dans le cas de l'élevage, qui consomme, transforme et fournit de grandes quantités de bioressources (autant d'atouts pour la bioéconomie), Dourmad *et al.* (2019) soulignent cette nécessité que les flux existants et leurs déterminants soient mieux renseignés pour être pilotés, d'autant plus que la variabilité spatiale des flux liés à l'élevage est importante (diversité des systèmes de production et types d'élevage, répartition géographique, localisation de l'industrie agroalimentaire amont et aval) entraînant des échanges entre régions. Dans cette perspective socio-métabolique (Haas *et al.*, 2020) proposent différentes priorités pour que bioéconomie/EC/BC soient des moyens effectifs de la transformation des systèmes, pour la finalité de les réinscrire dans les limites planétaires (figure 2), ce que nous reprenons dans la suite, en déclinant comment cela pourrait se traduire pour l'élevage.

[10] Dans ce cas, les gains d'efficience dans l'utilisation de la ressource (charbon) sont liés aux améliorations techniques des machines à vapeur. Ils ne se sont pas traduits par une réduction de la consommation de charbon, mais au contraire par son augmentation, avec des impacts négatifs sur l'environnement.

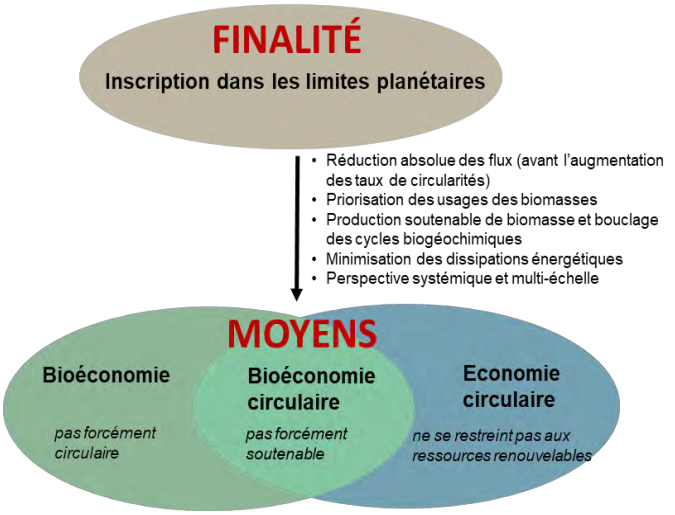


Figure 2 : bioéconomie, EC et BC comme moyens et non comme fins

4.2. PRIORITES POUR UNE INTEGRATION DE L'ELEVAGE DANS LE METABOLISME DES SYSTEMES AGRI-ALIMENTAIRES

Penser la biomasse comme une ressource limitée, et bioéconomie/EC/BC comme des moyens pour réduire le métabolisme de la société

Nous avons vu que la biomasse, même si elle est renouvelable est loin d'être illimitée. Les usages des biomasses et l'accès à la terre sont déjà fortement concurrentiels. Bioéconomie, EC et BC devraient être pensées comme des moyens (et non comme des fins) pour une finalité qui est la réduction, en valeur absolue, du métabolisme de la société, si on veut pouvoir réinscrire l'économie dans les limites planétaires (Haas *et al.*, 2020). Bioéconomie et EC sont en effet pensées, au niveau institutionnel, comme des finalités en soi, sans considération de la diversité des leviers possibles pour un développement soutenable fort (Allwood, 2014). Le premier enjeu est de prioriser la réduction absolue des flux (prélèvements de ressources en entrée et émissions en sortie) avant l'augmentation des taux de circularité (Haas *et al.*, 2020). Pour ces auteurs, cela doit être soutenu par des objectifs clairs de limitation de tous les flux non circulaires d'extraction, d'émissions et de déchets et leur suivi. Des indicateurs absolus permettant de confronter le métabolisme d'une société et sa compatibilité avec les limites planétaires devraient devenir le point de référence pour l'évaluation des options de transition (Allain *et al.*, 2022). Le deuxième enjeu est de prioriser les usages des biomasses afin de limiter les concurrences sur cette ressource limitée. La question des concurrences entre alimentation animale et humaine (Schader *et al.*, 2015), comme on l'a vu, est particulièrement prégnante. Un défi majeur pour l'élevage est donc de réduire les intrants nécessaires à la production (Dumont *et al.*, 2013). Karlsson *et al.* (2021) montrent que 23 % des surfaces de cultures pour nourrir les animaux d'élevage en Europe sont situées en-dehors de l'Europe et 90 % correspondent à du soja. Réduire les flux associés à l'alimentation animale passe en premier lieu par la réduction des densités d'élevage, notamment dans les zones à forte concentration.

Dans la priorisation des usages des biomasses et la limitation des concurrences avec l'alimentation humaine, le rôle de valorisation des biomasses non consommables par l'homme est un atout des élevages (Laisse et al., 2018) : herbe pour les ruminants, déchets alimentaires pour les monogastriques, coproduits des agro-industries. Des auteurs interrogent cette place des élevages pour un système alimentaire soutenable (Röös *et al.*, 2017) pour répondre aux recommandations de régime alimentaire, tout en tenant compte des limites planétaires (Van Selm *et al.*, 2022). Un autre flux à réduire est celui des pertes de nutriments vers l'environnement. Une analyse récente d'Uwizeye *et al.* (2020) montre que plus d'un tiers de la pollution azotée mondiale d'origine anthropiques est associé à l'élevage et dépasserait à elle seule les limites planétaires des émissions d'N. Cependant l'élevage a un rôle majeur à jouer dans l'entretien de la fertilité des sols pour pouvoir se passer d'engrais chimiques (Van Hal *et al.*, 2019). Les ruminants en particulier, ont un rôle moteur dans la circulation de l'N en convertissant l'N fixée dans les prairies vers les systèmes de cultures. En France, l'N fixée par les légumineuses fourragères dans les prairies représente plus de 80% de la fixation biologique d'N totale (Einarsson *et al.*, 2021). Seuls les ruminants peuvent valoriser cet N.

La réduction absolue des densités et chargements animaux semble nécessaire (Billen *et al.*, 2021), mais elle doit s'accompagner d'une meilleure répartition spatiale des animaux et d'une reconnexion cultures-élevages. Cette réduction/redistribution peut être raisonnée en fonction des ressources disponibles d'alimentation animale locales (Dourmad *et al.*, 2019), mais aussi des surfaces disponibles pour l'épandage des effluents d'élevage, ou des possibilités de les exporter dans des territoires proches et déficitaires, dépendants d'engrais de synthèse (Nesme *et al.*, 2015).

Renouvelable et soutenable

Dans le champ institutionnel, la vision dominante considère l'agriculture comme pourvoyeuse d'intrants, fournisseuse de biomasses, avec peu de référence aux conditions de production des biomasses et aux ressources naturelles nécessaires à leur production (vision « porte de l'usine », Wohlfahrt *et al.*, 2019). Pour ne pas poursuivre dans le régime minier/industriel, avec le risque de nouvelles perturbations des cycles biogéochimiques et de perte de biodiversité, la production soutenable de biomasse doit devenir une condition préalable dans les stratégies de BC (Haas *et al.*, 2020), notamment passer à une agriculture basée au maximum sur l'énergie solaire, sans intrants de synthèse et peu mécanisée, respectant les cycles naturels (Georgescu-Roegen, 1971).

Une question est alors de savoir si une telle agriculture biologique peut se développer à grande échelle sans abandonner son principe d'écologie (Nesme *et al.*, 2016) et se substituer à l'agriculture conventionnelle tout en permettant de nourrir la population humaine. L'important déficit en N à l'échelle mondiale pourrait limiter son expansion (Barbieri *et al.*, 2021) et implique selon ces auteurs une série de changements structurels pour parvenir à nourrir le monde de manière plus soutenable et équitable. Pour ces auteurs, l'élevage est la clé du maintien de la production alimentaire, mais nécessite une reconception pour maintenir les rendements des cultures et donc la production alimentaire. Le modèle d'optimisation, basé sur l'N, montre que, dans le scénario 100 % biologique, le cheptel mondial diminuerait de 20 %. Ces résultats contrastent fortement avec d'autres études portant sur l'expansion de l'agriculture biologique reposant sur un déclin drastique des animaux d'élevage afin de maintenir la disponibilité alimentaire, mais ignorant leur rôle important comme source de nutriments. Au contraire, les auteurs montrent que la disponibilité mondiale diminuerait dans un monde biologique sans élevage, appuyant

sur le rôle beaucoup plus important et complexe de l'élevage dans l'agriculture biologique, qu'on ne l'avait précédemment estimé. Le scénario implique également une forte réorientation des élevages vers les ruminants (confirmant leurs rôles, vus précédemment, dans la circulation de l'N) et des changements dans la distribution spatiale des élevages par rapport au scénario de référence conventionnel actuel. Il nécessite également des changements dans les systèmes de culture, et du côté de la demande : changements de régime alimentaire, réduction des déchets alimentaires et recyclage en agriculture des effluents urbains.

Une perspective énergétique systématique afin d'éviter les effets contre-productifs des stratégies de bioéconomie/EC

Dans l'intention, bioéconomie et EC visent à diminuer notre dépendance aux énergies fossiles. Toutefois, elles peuvent mettre en jeu des processus coûteux en énergie et s'écarter grandement du 100 % recyclé. De plus, pour que bioéconomie et EC contribuent aux réductions absolues des émissions afin de limiter le dérèglement climatique, une perspective énergétique systématique semble nécessaire pour éviter les effets contre-productifs des deux stratégies (Haas *et al.*, 2020).

Les compromis entre usages des biomasses doivent être analysés du point de vue systémique, en tenant compte du bouclage des cycles biogéochimiques et du fonctionnement énergétique de l'agriculture. Le secteur de l'élevage a un rôle majeur sur ces deux dimensions du métabolisme des systèmes agri-alimentaires. Les animaux d'élevage, ayant une efficacité de conversion énergétique de la biomasse en alimentation humaine inférieure à 1 (Harchaoui et Chatzimpiros, 2017), ils impactent le bilan énergétique de l'agriculture. Cependant, la valorisation des effluents d'élevage pour la fertilisation des cultures et comme source d'énergie a des potentialités, si elle est intégrée étroitement aux systèmes de cultures. Il s'agit de poursuivre les travaux de caractérisation du rôle de l'élevage, en différenciant ceux des ruminants et monogastriques, selon les territoires, dans la circularité des flux de nutriments et la neutralité énergétique de l'agriculture (Harchaoui et Chatzimpiros, 2018), mais surtout dans les compromis à trouver entre biogéochimie et énergie (Harchaoui, 2019). De plus, l'analyse de l'organisation spatiale des flux d'animaux et de matière entre les territoires (Le Noë *et al.*, 2016), limitant la consommation d'énergies non-renouvelables pour le transport; serait une perspective de recherche pour parvenir à construire des systèmes agri-alimentaires soutenables.

Réseaux métaboliques multi-échelle

Dumont *et al.* (2013) soulignaient déjà, pour réduire l'empreinte environnementale des systèmes d'élevage, les complémentarités à orchestrer entre agroécologie (pour une production davantage basée sur les ressources naturelles et la diversité biologique) et l'écologie industrielle/EC (pour boucler les cycles, réduire la demande en matières premières, diminuer les pollutions et le traitement des déchets). Les scenarios de compatibilité du métabolisme d'un système agri-alimentaire avec les limites planétaires ou une neutralité énergétique (Billen *et al.*, 2021; Duru *et al.*, 2021), permettent de préciser les variables clé, à la fois du côté de la production mais aussi du côté de la demande et du traitement des déchets. Ces variables, déjà énoncées en partie, sont synthétisées ici : les modes de production (notamment biologiques) ; les rotations de cultures et la part des légumineuses (fixatrices d'N dans le sol et sources de protéine pour l'homme) et des prairies (séquestration du carbone) ; la reconnexion cultures-élevages ; les régimes alimentaires des hommes (part des produits animaux) et des animaux (part de l'herbe et des matières non consommables par l'homme) ; le recyclage des effluents d'élevage et des excréments humains ; la reconnexion production/consommation et la place du commerce international ; la valorisation en agriculture et énergie des produits/coproduits issus de l'agriculture, de l'élevage et de l'agro-industrie, et des pertes et gaspillages alimentaires. Limiter les flux, les empreintes et les concurrences d'usage, nécessite d'agir sur ces leviers à toutes les échelles, de l'entreprise individuelle au niveau régional, national, et du commerce mondial (Haas *et al.*, 2020). Nous l'avons également vu à travers les illustrations citées. A l'échelle mondiale, Bruckner *et al.* (2019) suggèrent la mise en place d'un suivi détaillé de l'utilisation des terres et des effets de déplacements, pour soutenir un développement soutenable au niveau mondial des stratégies en matière de bioéconomie. Pour appuyer le développement d'une bioéconomie circulaire, s'appuyant sur la diversité des activités et des ressources des territoires, notamment issues de l'élevage, Dourmad *et al.* (2019) suggèrent de prendre en compte les niveaux d'efficience aux différentes échelles d'organisation. Des travaux permettent de rendre compte des déséquilibres existant entre territoires que ce soit pour la reconnexion cultures/élevages et l'alimentation animale (Jouven *et al.*, 2018), ou la répartition des effluents et leur disponibilité pour les cultures (Nesme *et al.*, 2015) ; la disponibilité des coproduits (Chapoutot *et al.*, 2018) ; le déploiement de la méthanisation (FranceAgriMer, 2022). Cela plaide pour des approches spatialement explicites permettant de rendre compte des interactions entre processus biophysiques et socio-économiques, et de mieux situer la place des filières d'élevage (Spiegal *et al.*, 2022), afin d'envisager des reconnexions entre territoires spatialement proches.

Au-delà des arbitrages prioritaires et urgents, explorés par les scenarios, demeure la question des réorganisations nécessaires et des verrouillages à l'œuvre. Pour l'élevage, Dourmad *et al.* (2019) montrent que les stratégies de rebouclage des cycles sont potentiellement très efficaces, mais présentent de nombreux verrouillages sociotechniques, organisationnels et économiques. Pour essayer d'anticiper au mieux les éventuels transferts, effets rebonds, verrouillages sociotechniques, il y a nécessité de prendre en considération les pratiques de production et les modes de consommation, mais aussi l'ensemble des acteurs des filières, des interactions entre filières, et les réseaux métaboliques étendus ainsi créés (Allain *et al.*, 2022).

CONCLUSION

À partir des années 2000, bioéconomie et EC ont émergé dans l'agenda politique européen et dans celui de la recherche. Leur promotion repose sur des raccourcis qui apparaissent trompeurs et amènent à de fortes critiques dans le champ scientifique, notamment liées à l'absence de questionnements ou de preuves des liens entre bioéconomie/EC et soutenabilité. Pourtant, les raccourcis employés laisseraient imaginer le contraire : renouvelable/durable/illimité pour la bioéconomie, circulaire/fermé/sans déchets pour l'EC.

L'élevage par sa consommation, transformation et fourniture de grandes quantités de biomasse, mais aussi par sa diversité, est un atout pour la BC (Dourmad *et al.*, 2019). Il est toutefois surprenant que sa place dans des systèmes agri-alimentaires plus circulaires et soutenables ait été peu abordée (Röös *et al.*, 2017 ; Van Zanten *et al.*, 2019 ; Van Selm *et al.*, 2022). Cette synthèse visait à montrer ses atouts, en partant des critiques

adressées à la bioéconomie et l'EC pour pouvoir ré-inscrire les système agri-alimentaire et notamment les filières d'élevage dans les limites planétaires. Nous avons vu que les transformations nécessaires requièrent des approches socio-métaboliques, systémiques et multi-échelle, qui tiennent compte à la fois de la production, la consommation et la gestion des déchets. Si bioéconomie et EC, ne permettent pas à elles seules d'atteindre la finalité de ré-inscription de l'économie dans les limites planétaires, elles peuvent être des moyens, intégrées à d'autres, d'y parvenir (ex. agroécologie, mesures de politiques publiques et réglementaires...), si toutefois les critiques qui leur sont adressées sont prises en compte. Le rôle des politiques publiques sera déterminant. Celles-ci peuvent actuellement être perçues comme ambigües, voire même contradictoires. D'un côté, elles promeuvent la compétitivité et le libre marché en s'appuyant sur des opérateurs industriels d'envergure. De l'autre, elles encouragent des dispositifs visant à la relocalisation et au développement local (Plans d'Alimentation/Climat Air Energie Territoriaux, Contrats d'objectif déchets et économie circulaire à destination des collectivités). La première dynamique s'accompagne de la concentration des opérateurs amenant à la perte des infrastructures au niveau local, sapant ainsi les tentatives de remise en place localement de bioéconomies ou économies plus circulaires. Des stratégies et des choix cohérents entre les différentes échelles (Etat, collectivités…) semblent indispensables pour le maintien voire le redéploiement d'infrastructures locales, et au-delà, pour mettre en mouvement l'ensemble des acteurs dans une direction soutenable commune.

Les auteurs remercient les membres du groupe de travail « Bioéconomie et territoires : limites et réorganisation des systèmes agricoles et alimentaires » du Département ACT d'INRAE, l'ADEME pour son financement des projets Boat, AF Filières (appel à projets Graine, 2016) et Scalable (appel à projets Graine 2019), et les participants à ces projets, qui ont permis des échanges ayant nourri cet article.

Åkerman M., Humalisto N., Pitzenc S., 2020. Material politics in the circular economy: The complicated journey from manure surplus to resource. Geoforum, 116.

Allain S., Ruault J.-F., Moraine M., Madelrieux S. 2022. The 'bioeconomics vs bioeconomy' debate : Beyond criticism, advancing research fronts. Environmental Innovation and Societal Transitions, 42, 58-73.

Alcott B., 2005. Jevons' paradox. Ecol. Econ., 54 (1), 9-21.

Allwood J., 2014. Squaring the Circular Economy: The Role of Recycling within a Hierarchy of Material Management Strategies. In Handbook of recycling. Worrel E., Reuter M. (Eds.). Elsevier, 445–477.

Bahers J.-B., Durand M., Beraud H., 2017. Quelle territorialité pour l'économie circulaire ? Interprétation des typologies de proximité dans la gestion des déchets. Flux, 109/110, 129-141.

Barbieri P., Pellerin S., Seufert V., Smith L., Ramankutty N., Nesme T., 2021. Global option space for organic agriculture is delimited by nitrogen availability. Nature Food 2, 363–372.

Billen G., Aguilera E., Einarsson R., Garnier J., Gingrich S., Grizzetti B., Lassaletta L., *et al.*, 2021. Reshaping the European agro-food system and closing its nitrogen cycle: The potential of combining dietary change, agroecology, and circularity. One Earth 4, 839–850.

Bourdin S., Nadou F., 2020. The role of a local authority as a stakeholder encouraging the development of biogas: A study on territorial intermediation. Journal of Environmental Management, 258.

Bruckner M., Häyhä T., Giljum S., Maus V., Fischer G., Tramberend S., Börner, J., 2019. Quantifying the global cropland footprint of the European Union's nonfood bioeconomy. Environ. Res. Lett. 14 (4).

Chapoutot P., Rouillé B., Sauvant D., Renaud B., 2018. Les coproduits de l'industrie agro-alimentaire : des ressources alimentaires de qualité à ne pas négliger. INRA Prod. Anim., 31, 201-220.

Cidón C.F, Figueiró P.S., Schreiber D., 2021. Benefits of Organic Agriculture under the Perspective of the Bioeconomy: A Systematic Review. Sustainability, 13.

CGAAER, 2019. Place des régions dans le développement de la bioéconomie. Rapport CGAAER n° 18109, 110 p.

Corvellec H, Stowell A, Johansson N., 2021. Critiques of the circular economy. J. Ind. Ecol., 1–12.

Daviron, B., 2019. Biomasse. Editions Quae.

Dourmad J.-Y., Guilbaud T., Tichit M., Bonaudo T., 2019. Les productions animales dans la bioéconomie. In : Numéro spécial. De grands défis et des solutions pour l'élevage. Baumont R. (Éd). INRA Prod. Anim., 32, 205-220.

Dumont B., Fortun-Lamothe L,. Jouven M., Thomas M., Tichit M., 2013. Prospects from agroecology and industrial ecology for animal production in the 21st century.Animal, 7 (6), 1028-1043.

Einarsson R., Sanz-Cobena A., Aguilera E., Billen G., Garnier J., van Grinsven H.J.M., Lassaletta L., 2021. Crop production and nitrogen use in European cropland and grassland 1961–2019. Nature Sci Data 8, 288.

Fischer-Kowalski M., Haberl H., 2015. Social metabolism: A metric for biophysical growth and degrowth. In: Handbook of Ecological Economics. Martínez-Alier J., Muradian R. (Eds). Edward Elgar, Cheltenham, UK, 100-138.

Fischer-Kowalski M., Haberl H., 2007. Socioecological transitions and global change: Trajectories of Social Metabolism and Land Use. Edward Elgar, Cheltenham, UK.

FranceAgriMer, 2022. Ressources en biomasse et méthanisation agricole : quelles disponibilités pour quels besoins ? Analyse des données théoriques de l'ONRB. 23 p.

FranceAgriMer, 2013. Étude sur la valorisation du 5e quartier des filières bovine, ovine et porcine en France.

Georgescu-Roegen N., 1971. The Entropy Law and the Economic Process. Harvard University Press, 469p.

Giampietro M., 2019. On the Circular Bioeconomy and Decoupling: implications for Sustainable Growth. Ecol. Econ. 162, 143-156.

Haberl H., Wiedenhofer D., Pauliuk S., Krausmann F., Müller D.B, *et al.* 2019. Contributions of sociometabolic research to sustainability science. Nat Sustain 2.

Harchaoui S. 2019. Modélisation des transitions en agriculture : énergie, azote, et capacité nourricière de la France dans la longue durée (1882-2016) et prémices pour une généralisation à l'échelle mondiale. Thèse de l'Université Paris Cité, 265 p.

Harchaoui S., Chatzimpiros P., 2017. Reconstructing production efficiency, land use and trade for livestock systems in historical perspective. The case of France, 1961–2010. Land Use Policy, 67, 378–386.

Harchaoui S., Chatzimpiros P., 2018. Can Agriculture Balance Its Energy Consumption and Continue to Produce Food? A Framework for Assessing Energy Neutrality Applied to French Agriculture. Sustainability, 10.

Harchaoui S., Chatzimpiros P., 2019. Energy, Nitrogen, and Farm Surplus Transitions in Agriculture from Historical Data Modeling. France, 1882–2013. Journal of Industrial Ecology, 23 (2), 412-425.

Haas W., Krausmann F., Wiedenhofer D., Lauk C., Mayer A., 2020. Spaceship earth's odyssey to a circular economy—A century long perspective. Resour. Conserv. Recycl. 163.

Jouven M., Puillet L., Perrot C., Pomeon T., Dominguez J.-P., Bonaudo T., Tichit M., 2018. Quels équilibres végétal/animal en France métropolitaine, aux échelles nationale et petite région agricole ? INRA Prod. Anim., 31, 353-364.

Kardung M., Cingiz K., Costenoble O,, Delahaye R., Heijman W., Lovri´c M., Leeuwen M.V., M'Barek R., Meijl H.V., Piotrowski S., et al. 2021. Development of the Circular Bioeconomy: Drivers and Indicators. Sustainability, 13 (1), 413.

Karlsson J.O., Parodi A., van Zanten H.H.E., Hansson P-A., Röös E., 2021. Halting European Union soybean feed imports favours ruminants over pigs and poultry. Nature Food, 2, 38-46.

Kirchherr J., Reike D., Hekkert M., 2017. Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. Resources, Conservation & Recycling, 127, 221–232.

Korhonen J., Honkasalo A., Seppälä J., 2018. Circular Economy: The Concept and its Limitations. Ecological Economics, 143.

Lacombe N., 2018. Co-produire. Repenser l'élevage par les interdépendances entre activités. Géocarrefour.

Laisse S., Baumont R., Dusart L., Gaudré D., Rouillé B., Benoit M., Veysset P., Rémond D., Peyraud J.-L., 2018 L'efficience nette de conversion des aliments par les animaux d'élevage : une nouvelle approche pour évaluer la contribution de l'élevage à l'alimentation humaine. INRA Prod. Anim., 31, 269-288.

Le Houerou A., Blazy V., 2021. Fertil'Eveil, une expérience de gestion commune des effluents. Réussir Volailles, 23/03/21. https://www.reussir.fr/volailles/fertileveil-une-experience-de-gestion-commune-des-effluents

Le Noë J., Billen G., Esculier F., Garnier J., 2018. Long-term socioecological trajectories of agro-food systems revealed by N and P flows in French regions from 1852 to 2014. Agriculture, Ecosystems and Environment, 265, 132-143.

Le Noë J., Billen G., Lassaletta L., Silvestre M., Garnier J., 2016. La place du transport de denrées agricoles dans le cycle biogéochimique de l'azote en France : un aspect de la spécialisation des territoires. Cahiers Agricultures 25 (1), 15004.

Levidow L., Birch K., Papaioannou T., 2013. Divergent Paradigms of European Agro-Food Innovation: The Knowledge-Based Bio-Economy (KBBE) as an R&D Agenda. Science, Technology, & Human Values, 38(1), 94-125.

Lewandowski I., 2015. Securing a Sustainable Biomass Supply in a Growing Bioeconomy. Global Food Security, 34-42.

Lindberg M., Henriksson M., Bååth Jacobsson S., Berglund Lundberg M., 2021. Byproduct-based concentrates in Swedish dairy cow diets – evaluation of environmental impact and feed costs. Acta Agriculturae Scandinavica, 113, 132-144.

Madelrieux S, Grilllot M, Dermine-Brullot S, Marty P, Godinot O, Ruault JF, et al. 2020. Biomasses d'origine agricole à l'échelle de territoires. Quelles formes de gestion et valorisation : entre cloisonnement, concurrence ou intégration ? Rapport final du projet Boat, Ademe, 58 p.

Magalhães N., Fressoz J-B., Jarrige F., Le Roux T., Levillain G., Lyautey M., Noblet G., Bonneuil C., 2019. The Physical Economy of France (1830–2015). The History of a Parasite? Ecological Economics, 157, 291-300.

Magrini M.-B., Béfort N., Nieddu M., 2019. Chapter 24—technological lock-in and pathways for crop diversification in the Bio-Economy. In: Agroecosystem Diversity. Lemaire G., Carvalho P.C.D.F., Kronberg S., Recous S. (Eds.). Academic Press.

Marrucci L., Corcelli F., Daddi T., Iraldo F., 2022. Using a life cycle assessment to identify the risk of "circular washing" in the leather industry. Resources, Conservation & Recycling, 185.

Martel G., Guilbert C., Veysset P., Dieulot R., Durant D., Mischler P., 2017. Mieux coupler cultures et élevage dans les exploitations d'herbivores conventionnelles et biologiques : une voie d'amélioration de leur durabilité ? Fourrages, 231,235-245.

Martin-Ortega J., Rothwell S. A., Anderson A., Okumah M., Lyon C., Sherry E., Johnston C., Withers P. J. A., Doody D. G., 2022. Are stakeholders ready to transform phosphorus use in food systems? A transdisciplinary study in a livestock intensive system. Environmental Science & Policy, 131, 177-187.

Marty P., Dermine-Brullot S., Madelrieux S., Fleuet J., Lescoat P., 2021. Transformation of socioeconomic metabolism due to development of the bioeconomy: the case of northern Aube (France). European Planning Studies.

Monsaingeon B., 2017. Homo Detritus. Éditions du Seuil, Coll. Anthropocène, Paris, 279 p.

Mottet A., de Haan C., Falcuccia A., Tempio G., Opio C., Gerber P., 2017. Livestock: On our plates or eating at our table? A new analysis of the feed/food debate. Global Food Security, 14, 1-8.

Mueller N.D., Gerber J.S., Johnston M., Ray D.K., Ramankutty N., Foley J.A., 2012. Closing yield gaps through nutrient and water management. Nature, 490, 254–257.

Muscat A., de Olde E.M., Ripoll-Bosch R., Van Zanten H. E., Metze T.A.P., et al., 2019. Principles, drivers and opportunities of a circular bioeconomy. Nature Food, 2, 561–566.

Nesme T., Metsone G.S., Bennett E.M., 2018. Global phosphorus flows through agricultural trade. Global Environmental Change, 50, 133–141. Principles, drivers and opportunities of a circular bioeconomy. Nature Food, 2, 561-566.

Nesme T., Nowak B., David C., Pellerin S., 2016. L'Agriculture Biologique peut-elle se développer sans abandonner son principe d'écologie ? Le cas de la gestion des éléments minéraux fertilisants. Innovations Agronomiques, 51, 57-66.

Nesme T., Senthilkumar K., Mollier A., Pellerin S., 2015. Effects of crop and livestock segregation on phosphorus resource use: A systematic, regional analysis. European Journal of Agronomy, 71, 88-95.

Pahun J., Fouilleux `E., Daviron B., 2018. De quoi la bioéconomie est-elle le nom ? Genèse d'un nouveau référentiel d'action publique. Natures Sciences Sociétés, 26 (1), 3-16.

Papargyropoulou E., Lozano R., Steinberger J. K., Wright N., bin Ujang Z., 2014. The food waste hierarchy as a framework for the management of food surplus and food waste. J. Clean. Prod. 76, 106–115.

Pfau S., Hagens J., Dankbaar B., Smits A., 2014. Visions of Sustainability in Bioeconomy Research. Sustainability, 6, 1222-1249.

Regan J. T., Marton S., Barrantes O., Ruane E., Hanegraaf M., Berland J., Korevaar H., Pellerin S., Nesme T., 2017. Does the recoupling of dairy and crop production via cooperation between farms generate environmental benefits? A case-study approach in Europe. European Journal of Agronomy, 82, 342-356.

Renner A., Cadillo-Benalcazar J.J., Benini L., Giampietro M., 2020. Environmental pressure of the European agricultural system: anticipating the biophysical consequences of internalization. Ecosyst. Serv. 46.

Röös E., Bajželj B., Smith P., Patel M., Little D., Garnett T., 2017. Greedy or needy? Land use and climate impacts of food in 2050 under different livestock futures. Global Environmental Change, 47, 1–12.

Rothwell S.A., Doody D.G., Johnston C., Forber K.J., Cencic O., Rechberger H., Withers P.J.A., 2020. Phosphorus stocks and flows in an intensive livestock dominated food system. Resources, Conservation & Recycling, 163.

Saito K., 2021. La théorie du métabolisme chez Marx à l'ère de la crise écologique mondiale. Tracés, 40.

Schader C., Muller A., Scialabba N.E.-H., Hecht J., Isensee A., Erb K.-H., Smith P., et al., 2015. Impacts of feeding less food-competing feedstuffs to livestock on global food system sustainability. J. R. Soc. Interface 12.

Sorrell S., 2009. Jevons' Paradox revisited: the evidence for backfire from improved energy efficiency. Energy policy, 37(4).

Spiegal S., Vendramini J.M.B., Bittman S., Silveira M.L., Gifford C., Rotz C.A., Ragosta J.P., et al., 2022. Recycling nutrients in the beef supply chain through circular manuresheds: Data to assess tradeoffs. J of Env Quality, 51, 494-509.

Staffas L., Gustavsson M., McCormick K., 2013. Strategies and Policies for the Bioeconomy and Bio-Based Economy: An Analysis of Official National Approaches. Sustainability, 5, 2751-2769.

Steffen W., Richardson K., Rockstrom J., Cornell S.E., Fetz, I., Bennett E.M., *et al.* 2015. Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. Science, 347.

Uwizeye A., de Boer I.J.M., Opio C.I., Schulte R.P.O Falcucci A., Tempio G., Teillard F., Casu F., Rulli J., Galloway, J.N., Leip A., Erisman J. W., Robinson T.P., Steinfeld H., Gerber P.J., 2020 Nitrogen emissions along global livestock supply chains. Nature Food, 1, 437-446.

Uwizeye A., Gerber P.J., Opio C.I., Tempio G., Mottet A., Makkar H.P.S., Falcucci A., Steinfeld H., de Boer I.J.M., 2019. Nitrogen flows in global pork supply chains and potential improvement from feeding swill to pigs. Resources, Conservation and Recycling, 146, 168-179.

Van der Wiel B.Z., Weijma J., van Middelaar C.E., Kleinke M., Buisman C.J.N., Wichern F., 2020 Restoring nutrient circularity: A review of nutrient stock and flow analyses of local agro-food-waste systems. Resources, Conservation and Recycling.

Van Hal O., de Boer I.J.M., Muller A., de Vries S., Erb K.-H., Schader C., Gerrits W.J.J., et al., 2019. Upcycling food leftovers and grass resources through livestock: Impact of livestock system and productivity. Journal of Cleaner Production, 219, 485–496.

Van Selm B., Frehner A., de Boer I.J.M., van Hal O., Hijbeek R., van Ittersum M.K., Talsma E.F., Lesschen J.P., Hendriks C.M.J., Herrero M., van Zanten H.H.E., 2022. Circularity in animal production requires a change in the EAT-Lancet diet in Europe. Nature Food, 3, 66–73.

Van Zanten H.H.E., van Ittersum M.K., de Boer I.J.M., 2019. The role of farm animals in a circular food system. Global Food Security, 21, 18–22.

Vivien F.-D., Nieddu M., Befort N., Debref R., Giampietro M., 2019. The Hijacking of the Bioeconomy. Ecological Economics, 159, 189-197.

Wohlfahrt J., Ferchaud F., Gabrielle B., Godard C., Kurek B., Loyce C., Therond O., 2019. Characteristics of bioeconomy systems and sustainability issues at the territorial scale. A review. J. Clean. Prod., 232, 898-909.

Construire des scénarios de complémentarité culture – élevage vers une transition agroécologique : application à La Réunion et au Lot

MORAINE M. (1), GUIZARD G. (1), RAMONTEU S. (2), CHOISIS J.P. (3)
(1) INRAE - UMR INNOVATION, Univ Montpellier, INRAE, CIRAD, L'Institut Agro – Montpellier, Montpellier, France
(2) ACTA, Direction Scientifique Technique et Numérique / Pôle Agroécologie, Systèmes, Durabilité, Paris, France
(3) INRAE - UMR SELMET, Univ Montpellier, INRAE, CIRAD, L'Institut Agro – Montpellier, Montpellier, France

RESUME –

L'intégration culture-l'élevage à l'échelle du territoire (ICET) constitue une alternative à la diversification des exploitations agricoles pour boucler les cycles des nutriments à l'échelle locale. Elle fait l'objet d'un nombre croissant d'études et représente un levier pour les transitions agroécologiques des territoires spécialisés. Les études montrent qu'elle permet de surmonter certains obstacles à la diversification de ces territoires tout en mettant en œuvre les principes de l'économie circulaire et en permettant des économies de ressources naturelles, d'énergie et de coûts financiers tout en renforçant les réseaux d'acteurs. L'étude présentée ici propose une méthode de prospective participative pour élaborer des scénarios d'ICET, appliquée à deux territoires contrastés : le Lot et La Réunion. Elle fournit ainsi des éléments d'analyse de situations de territoires, des pistes prometteuses ou plus risquées quant au renforcement des complémentarités culture - élevage. L'autonomie fourragère par le pâturage sur de nouvelles ressources, la diversification des systèmes de culture, et l'orientation des élevages vers des races plus rustiques, semblent des pistes convergentes. La production d'énergie par méthanisation d'effluents d'élevage ou mise en place de panneaux photovoltaïques sur des prairies pâturées semble une option plus spécifique au territoire du Lot. Ce travail contribue par des études de cas à l'analyse des processus au sein des « archétypes de territoires », menée dans le cadre du réseau national RMT SPICEE. En termes de méthode, cette étude propose un cadre structuré pour la conception de scénarios d'intégration culture - élevage à l'échelle territoire, et ouvre des pistes d'approfondissement pour les acteurs de ces territoires. Elle renseigne aussi sur les options récurrentes, trans-territoriales, d'ICET et les reconfigurations nécessaires pour la transition agroécologique.

Building crop-livestock complementarity scenarios towards agroecological transitions: case studies in the Reunion Island and the Lot department

MORAINE M. (1), GUIZARD G. (1), RAMONTEU S. (2), CHOISIS J.P. (3)
(1) INNOVATION, Univ Montpellier, INRAE, CIRAD, L'Institut Agro – Montpellier, Montpellier, France

SUMMARY –

Territorial Crop Livestock Integration (TCLI) constitutes an alternative way to on farm diversification to close nutrient cycles at a local scale. It is the subject of a rising number of studies, and is especially of interest in view of agroecological transitions of specialized territories. Studies show that it allows overcoming some barriers of diversifying such territories while implementing principles of circular economy, and allowing biomass, energy, and financial costs saving while strengthening territorial social chains. This study aims at creation a prospective, normative but iterative method to elaborate scenarios of TCLI, and to apply it to two very distinct territories: the Lot and the Reunion Island. Territorial dynamics and promising pathways are identified, and also more risky, exploratory options. Fodder self-sufficiency through the use of new grazing resources for animals, diversification of cropping systems and introduction of more rustic animal breed seem to be options which are shared among territories. Biogas production with livestock manure and installation of photovoltaic panels on grazed grasslands are specific options only promising for Lot territory. This study contributes to the analysis of crop-livestock integration process in "territory archetypes", conducted within the French network RMT SPICEE. It brings a methodological frame to design crop-livestock integration scenarios in various territories and to identify options to be deepened by local stakeholders. These options can also be compared to identify the recurrent, trans-territorial, options of TCLI, and the reorganizations that are necessary to support agroecological transitions.

INTRODUCTION

La transition agroécologique à l'échelle de territoires nécessite une coordination des acteurs de la production agricole, des filières et de l'aménagement des territoires, pour articuler des enjeux multiples et agir de manière cohérente. La construction de scénarios peut contribuer fortement à la mobilisation et la coordination entre acteurs, en intégrant des enjeux de durabilité multiples (Allain et al., 2022), en proposant un récit de la transition (Poux et Aubert, 2021), et en identifiant les modèles techniques et organisationnels permettant d'optimiser l'utilisation des ressources et le bouclage des flux biogéochimiques (Van Zanten et al., 2018). L'échelle du territoire semble pertinente pour construire ces scénarios car elle permet de prendre en compte les enjeux socio-écologiques locaux, correspond aux échelles d'action de politiques publiques et de filières économiques, et aux réseaux de proximité entre acteurs, à même de limiter les coûts de transaction liés aux coordinations (Asai et al., 2018 ; Garrett et al., 2020 ; de Schutter et al., 2019).

Le travail de scénarisation soulève cependant un défi méthodologique et opérationnel : celui de considérer simultanément les enjeux de durabilité du territoire, les dynamiques socioéconomiques à l'œuvre et les leviers de transition. De plus, l'enjeu scientifique est d'identifier les processus génériques, les leviers techniques et organisationnels similaires dans les scénarios de transition. Cette étude vise à contribuer au développement méthodologique et aux connaissances sur la construction de scénarios de complémentarité culture - élevage à l'échelle de territoires, en s'appuyant sur deux cas d'étude contrastés : La Réunion et le département du Lot.

1. MATERIEL ET METHODES

La méthode consiste en une approche prospective de pistes de reconnexion culture - élevage. Pour cela, nous nous basons sur un diagnostic partagé de la situation actuelle et l'identification de futurs souhaitables pour les acteurs du territoire, considérant les dynamiques en cours et les facteurs d'évolution (climat, marchés, ressources). La première étape consiste à définir les limites du territoire considéré, ainsi que l'horizon temporel des changements envisagés. Nous fixons cet horizon entre 10 et 15 ans, soit environ 2035, afin de rester dans des pas de temps assez proches tout en permettant une évolution forte des pratiques et des systèmes actuels. Le diagnostic du territoire est effectué sur la base des connaissances disponibles, regroupées dans une monographie présentant le territoire (données RICA, documents Chambre Agriculture, fiches filières Agreste, etc.) et associée à une analyse en matrice Atouts-Forces-Faiblesses-Opportunités-Menaces (AFFOM) pour chaque grande filière du territoire. Cette analyse permet d'identifier les opportunités de recouplage animal-végétal (ressources disponibles, limites à surmonter), les acteurs centraux pour ce recouplage, qui seront notamment ciblés pour la construction des scénarios.
Les scénarios ont été élaborés sur la base des échanges avec les acteurs principaux identifiés. Ils combinent des tendances émergentes, des niches d'innovation déjà existantes, et des hypothèses de changement plus en rupture liées à des perturbations des systèmes actuels (accès aux intrants, à l'énergie). Par exemple, le scénario de valorisation des matières fertilisantes organiques (MAFOR) à La Réunion répond à des enjeux de réduction des intrants de synthèse dans les systèmes de production, de gestion des effluents d'élevage, et s'appuie sur des initiatives émergentes de compostage en plateforme individuelle et collective.
Des experts des territoires ont été mobilisés lors d'entretiens individuels, puis les scénarios ont été discutés dans des restitutions en collectif. Sur la base des entretiens auprès des experts, et des restitutions collectives, chaque scénario est évalué de manière qualitative, suivant des critères de faisabilité à court terme, d'acceptabilité par rapport aux changements nécessaires dans les systèmes et les filières, et d'impacts potentiels sur le territoire. Les territoires de La Réunion et du Lot ont été choisis pour tester cette méthode, car ils disposent d'un bon nombre d'études préexistantes, des experts locaux déjà identifiés et affichent un intérêt pour le recouplage animal / végétal.

2. RESULTATS

2.1. ENJEUX

Les enjeux identifiés sur les deux territoires de La Réunion et du Lot concernent l'augmentation de l'autonomie des systèmes de production du territoire (dépendance aux imports), le maintien de filières économiquement viables et d'activités agricoles attractives, l'adaptation aux contraintes réglementaires et climatiques, et la contribution à la gestion des écosystèmes locaux (prévention des incendies, lutte contre les espèces invasives) (Figure 1).

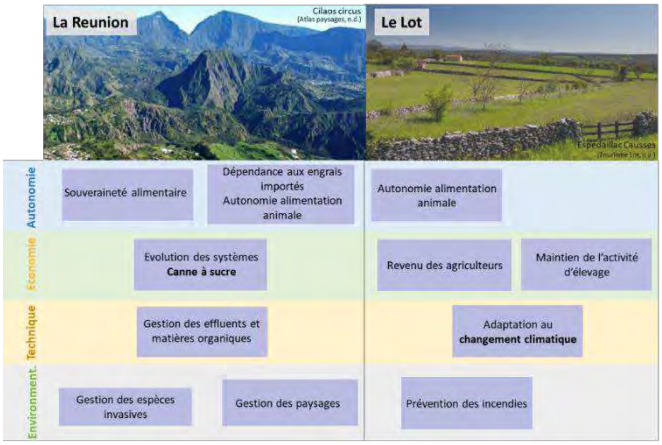


Figure 1 : Identification des enjeux par territoire d'étude

2.2 SCENARIOS

Les scénarios construits montrent l'intérêt des pratiques d'intégration culture - élevage pour répondre à des enjeux de transition agroécologique. Ils mobilisent des principes d'optimisation de l'usage des ressources (recyclage, valorisation des co-produits), d'évolution des pratiques agricoles pour utiliser de nouvelles ressources notamment pastorales (développement des races rustiques, agropastoralisme), et s'appuient sur la création de filières locales permettant une meilleure valorisation des produits en circuits courts labellisés.
A La Réunion, le scénario de diversification de la canne à sucre montre un potentiel pour produire des fourrages et protéines végétales à destination de l'élevage, qui pourrait ainsi réduire sa dépendance à l'extérieur, ce d'autant que des races rustiques, plus adaptées aux conditions locales et aux aléas climatiques, pourraient être développées. Ces animaux pourraient de plus valoriser d'autres ressources, notamment dans le cadre du pâturage d'espaces sensibles exposés notamment aux espèces envahissantes (Figure 2).

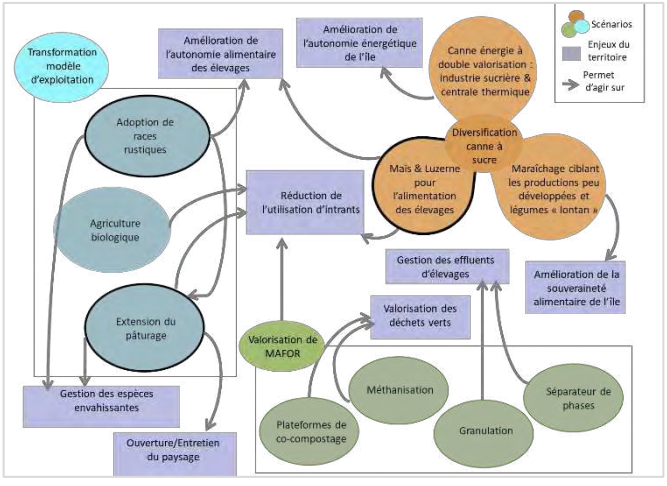


Figure 2 : Principaux scénarios à La Réunion et connexion aux enjeux du territoire

Dans le Lot, le scénario de diversification des pratiques avec un redéveloppement du pastoralisme, associé à la diversification des activités (méthanisation à la ferme, circuits courts) permettrait de répondre aux enjeux de rentabilité de l'agriculture et à l'adaptation des systèmes au changement climatique (Figure 3).

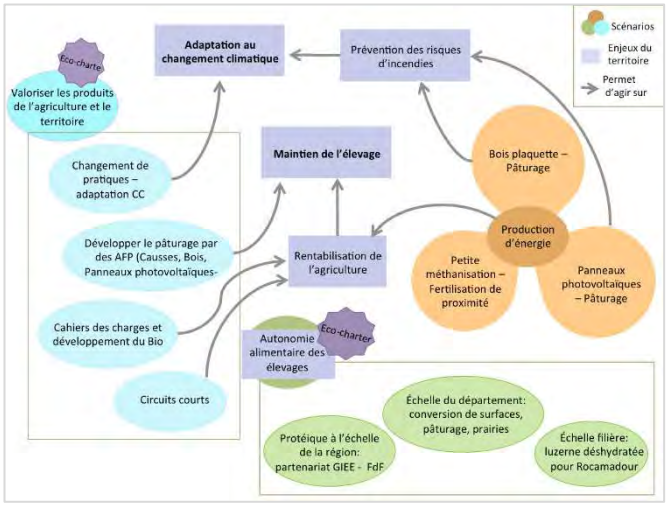


Figure 3 : Principaux scénarios dans le Lot et connexion aux enjeux du territoire

L'évaluation des scénarios montre que l'acceptabilité et la faisabilité à court terme est très variable selon le niveau de rupture dans les pratiques et l'organisation des filières, et permet d'identifier des pistes d'action collective pour leur mise en œuvre future.

La force des scénarios repose sur leur ancrage au territoire, c'est à dire leur capacité à mobiliser des ressources locales et à projeter les systèmes actuels vers des systèmes plus agroécologiques. Cependant, ils se heurtent à certaines limites techniques comme la disponibilité de races locales et/ou rustiques à La Réunion, ou la difficulté de déplacement des troupeaux sur certaines zones. Ils mettent aussi en évidence des choix et compromis à faire ou des orientations à prendre, par exemple pour encourager financièrement et du point de vue administratif l'accès aux surfaces pastorales pour les troupeaux, ou limiter la concurrence sur les prix entre produits locaux et produits importés.

L'analyse transversale illustre aussi l'importance de mobiliser une combinaison de ressources naturelles, techniques, économiques et de réseaux d'acteurs qui existent sur les territoires mais nécessitent une coordination collective autour d'un projet partagé (Thenard et al., 2021). A La Réunion par exemple, les acteurs porteurs des démarches de co-compostage, du développement du pastoralisme, ou de construction des filières d'approvisionnement local, pourraient mutualiser certaines ressources et travailler de concert. La comparaison des deux cas d'étude montre qu'il existe des démarches parallèles dans les processus d'intégration culture - élevage, en termes d'enjeux et de leviers à activer : amélioration de l'autonomie alimentaire, diversification des systèmes de production, réintroduction des races rustiques en élevage, mobilisation du pâturage sur des ressources nouvelles (espaces délaissés, résidus de culture). *A contrario*, certaines démarches sont liées à des contraintes ou des potentialités locales spécifiques, comme la gestion des effluents à la Réunion, la mise en place de panneaux photovoltaïques sur des prairies pâturées ou l'adaptation au changement climatique pour le Lot. Il est à noter que la démarche de conception des scénarios soutient une réflexion individuelle et collective des acteurs territoriaux, et permet d'identifier des leviers, mais aussi des difficultés et des blocages dans la mise en œuvre des pistes identifiées. Cette démarche ne permet pas en soi de surmonter les blocages, ce qui doit être envisagé dans un processus de plus long terme de transition par l'exemple, d'accompagnement des niches d'innovation, etc. (Garrett et al., 2020).

CONCLUSION

La méthode proposée pour construire des scénarios d'intégration culture - élevage à l'échelle de territoires semble bien adaptée à l'approche de territoires contrastés. Testée sur des cas d'étude déjà documentés et en partie connus par les auteurs, elle a permis de construire ces scénarios avec des acteurs des territoires en moins de six mois de travail sur les deux terrains. Loin d'être un but en soi, les scénarios construits peuvent servir d'entrée pour appuyer des échanges entre les acteurs identifiés, autour d'enjeux et de pistes documentées qui lient deux approches souvent disjointes : celle de la transition agroécologique et celle de l'économie circulaire (Allain et al., 2021).

En termes de connaissances produites à travers ces scénarios, on note des transversalités en termes d'enjeux, de dynamiques existantes de reconnexion culture - élevage, malgré des territoires très différents. Cependant, les niveaux de faisabilité et d'acceptabilité semblent quant à eux très liés au contexte territorial, ce qui élimine les solutions génériques et témoigne de l'intérêt d'une approche de conception très située et participative. Enfin, les éléments de scénario les plus prometteurs relèvent d'initiatives déjà en test ou imaginées par des acteurs locaux, ce qui semble soutenir l'intérêt de démarches d'appui à l'innovation locale, et de renforcement des capacités des acteurs à tester des systèmes en rupture, donc à travailler au déverrouillage des processus d'innovation sur les territoires et dans les filières agricoles et alimentaires.

Les auteurs remercient toutes les personnes qui leur ont accordé du temps pour la construction des scénarios : experts des territoires, agriculteurs, ainsi que le tuteur du stage de Garance Guizard. Ce travail a été réalisé en grande partie dans le cadre du stage de Master Agroecology de Garance Guizard, réalisé à l'INRAE UMR INNOVATION en 2021, piloté par les animateurs de l'axe A du RMT SPICEE et financé sur des crédits Casdar.

Allain S., Ruault J.F., Moraine M., Madelrieux S., 2022. Environmental Innovation and Societal Transitions, 42 : 58-73.
Asai M., Moraine M., Ryschawy J., de Witd J., Hoshidee A.K., Martin G., 2018. Land Use Policy 73, 184-194.
De Schutter L., Giljum S., H¨ayh¨a T., Bruckner M., Naqvi A., Omann I., Stagl S., 2019. Sustainability 11 (20).
Garrett R.D., Ryschawy J., Bell L.W., Cortner O., Ferreira J., Garik A.V.N, Gil J.D.B., Klerkx L., Moraine M., Peterson C.A., dos Reis J.C., Valentim J.F., 2020. Ecology and Society 25(1):24.
Poux X., Aubert P.M., 2021. Editions Actes Sud, 320 p.
Thénard V., Martel G., Choisis J.P., Petit T., Couvreur S., Fontaine O., Moraine M., 2021. In Lamine C., Magda D., Rivera-Ferre M., Marsden T., Agroecological transitions, between determinist and open-ended visions, Peter Lang.
Van Zanten H.H.E., Herrero M., Ha, O.V., Roos E., Muller A., Garnett T., Boer I.J.M.D., 2018. Glob. Chang. Biol. 24 (9), 4185-4194.

Circuit de collecte du lait cru produit dans la wilaya de Souk-Ahras (Algérie)
Circuit for collecting raw milk produced in the wilaya of Souk-Ahras (Algeria)

BARA Y. (1), BAA A. (1), MAMMERI A. (1, 2),
(1) Département des Sciences Agronomiques, Faculté des Sciences, Pôle Universitaire, BP 166, Université de M'Sila, M'Sila 028000, Algérie.
(2) Laboratoire de Génétique, Biotechnologie, et Valorisation des Bio ressources, Université de Biskra, Biskra 07000, Algérie.

INTRODUCTION

La consommation annuelle de lait en Algérie est de 5 milliards de litres, dont 3,5 milliards de litres produits localement (73% de lait de vache) (ONIL, 2017). Une telle situation fait que l'Algérie se classe comme le 2ème plus gros importateur de poudre de lait dans le marché mondial après la Chine (ONIL, 2018). Selon (Bedrani, 1998), la production laitière locale est difficilement évaluée sur le plan statistique car une part importante de cette production est non déclarée et s'échappe du circuit formel de collecte en raison du grand nombre de vendeurs ambulants. Alors, le but de ce travail est de décrire l'organisation du circuit de collecte dans la wilaya de Souk-Ahras, une parmi les 11 wilayas produisant le plus de lait au niveau national (45%) (ONIL, bilan de l'année 2017). Ainsi que d'identifier les voies d'écoulement du lait dans le circuit de collecte (formel et informel), dans cette région.

MATERIEL ET METHODES

L'outil de base pour la collecte des données est un questionnaire d'enquête ciblant un échantillon d'acteurs de la filière (exploitants de bovin laitier, centres de collecte, collecteurs formels et informels) au tour du premier centre collecteur de la wilaya, agrée par l'état « CAPS Sedrata » : Hnencha, Tiffech, Khemissa, Sedrata, Bir-Bouhouche et Sef-Elouidene. Le choix de ces communes est justifié par leurs importance dans le domaine de production et de collecte. Au cours de l'année 2008 la wilaya de Souk-Ahras compte un total de 4800 exploitations laitières, dont 281 sont intégrées au programme laitier. De ces derniers, nous avons choisi un échantillon de 28 élevages (9,96%). Nos questions ont porté sur les quantités de lait produites et livrées aux centres de collecte et laiteries ou, vendues à d'autres agents. On n'a pas visé les laiteries par nos enquêtes.

RESULTATS

EXPLOITATIONS LAITIERES ADHEREES AU PROGRAMME LAITIER

Les producteurs laitiers exploitant le cheptel BLM (Bovin laitier moderne) et BLA (Bovin laitier amélioré) ne représentent que 31% de l'effectif total de la wilaya, dont seulement 10% sont adhérents au programme de subvention.

FLUX DE LA COLLECTE

Suite aux déclarations des enquêtés, on est arrivé à déterminer la part de lait cru collecté formellement dans la wilaya de Souk-Ahras, elle n'a présenté que 14% (figure 1) de la production totale (estimée à 45millions de litre par an) (DSA, 2010), cette quantité est évacuée vers la seule laiterie de la wilaya, et vers les unités de transformation limitrophes situées à : Guelma, Annaba, Skikda, El-Tarf et Constantine. La part la plus importante de lait collectée et non inclue dans le circuit formel est partagée entre l'autoconsommation (27%), l'allaitement de veaux aux sites d'élevage (12%) et notamment la vente informelle avec 47% (figure 1), dont les grands acteurs, spécialisés dans le lait et ses dérivés sont les crèmeries (31%) et les cafetiers (2,5%) où la consommation de lait de vache demeure très goutée. Les crèmeries et les cafetiers achètent directement le lait des exploitations de bovin laitier à un prix plus intéressant que celui proposé par l'état (75DZD à 90DZD/litre contre 64DZD/litre dont 12DZD/litre de subvention).

DISCUSSION

Le bassin laitier de la wilaya de Souk-Ahras situé, au Nord-Est du pays, constitue un modèle-type qui reflète l'échec de la gestion du secteur laitier en Algérie. Malgré les potentialités existantes, il connait une mauvaise exploitation caractérisée principalement par le taux faible de la collecte du lait cru par voie formelle (Boulemaiz, 2010). La filière est confrontée à la faiblesse de la diversification des aliments de bétail, limitée au fourrage, concentré et aux herbes sèches, au manque de suivi vétérinaire et à la mauvaise organisation de l'activité de collecte (DSA, 2012). Lazereg *et al* (2019) ont indiqué qu'en 2009, une autorisation ministérielle a permet la collecte du lait de tous les élevages (agréés ou non). Alors les subventions de l'Office National du lait (ONIL) ont permis l'augmentation du nombre d'éleveurs conventionnés avec les laiteries. Une telle tentative conduit à valoriser tous les moyens pour ne pas gaspiller la production locale.

CONCLUSION

L'encouragement et l'aide de l'état pour l'incitation au développement de l'élevage de bovin laitier à haut potentiel d'un part et à la collecte formelle conduisent à l'essor de la filière lait mais qui devra être accomplit par une limitation et minimisation de l'importation de la poudre de lait, ceci afin de forcer les acteurs de la filière lait à intensifier leurs efforts.

Bedrani, S., 1998. Cahiers du CREAD N° 44, 2ème trimestre 1998, pages 45-70.
Boulemaiz, H., 2010. Thèse Magister. Université BADJI Mokhtar. ANNABA.
DSA, 2012., Statistiques
ONIL, 2017., Résumé de la stratégie ONIL pour le développement de la filière lait en Algérie.
ONIL, 2018., L'ONIL : les Algériens consomment annuellement 55 litres de lait, en plus de la moyenne mondiale.
Lazereg, M., Brabez, F., 2019. Les Cahiers du CREAD, vol. 35 - n° 04.

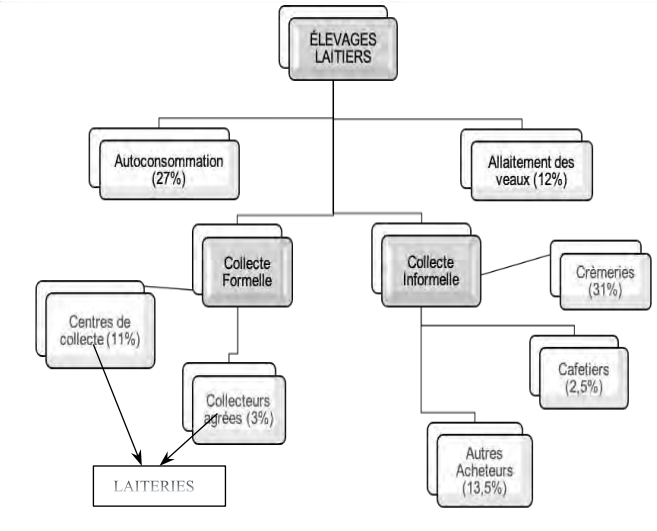


Figure 1. Flux du lait cru collecté dans la wilaya de Souk-Ahras

Les gisements de coproduits et leurs usages en région Grand Est
By-products volumes and their future uses in the Grand Est region

BERCHOUX A. (1), LANNUZEL K. (2), BENABID N. (1), RENAUD B. (4)
(1) Institut de l'Elevage – 149 rue de bercy, 75012 Paris
(2) Agria Grand Est - 2 rue du Doyen Marcel Roubault, Bât. Géologie BP 10162, 54505 Vandoeuvre-les-Nancy Cedex
(4) Réséda, 41 boulevard de la Tour Maubourg, 75007 Paris

INTRODUCTION

Les coproduits sont générés par les industries agroalimentaires au cours des processus de transformation et/ou production de denrées alimentaires destinées à l'Homme. Ils sont valorisés dans différentes voies, l'alimentation animale étant la principale (Réséda, 2017). Ainsi, l'élevage participe à l'économie circulaire en valorisant des ressources peu consommables par l'homme (Laisse et al., 2018) pour produire ensuite des denrées animales destinées à l'Homme. Or, plusieurs politiques publiques nationales (feuille de route économie circulaire, stratégie nationale de mobilisation de la biomasse, obligation de tri à la source de biodéchets) sont déclinées au niveau territorial et entrainent une hausse de la demande en coproduits et des conséquences sur les volumes disponibles. Les tensions sur ces gisements sont augmentées tant pour les acteurs de la chaîne alimentaire que hors chaîne alimentaire. L'articulation des usages est donc au cœur de la problématique des coproduits. Ainsi, bien connaître les gisements et leurs valorisations dans les territoires permet aux entreprises d'optimiser leur valorisation et d'arbitrer entre les différents usages. Pour y répondre, le projet COPRAME a mené en 2021, une enquête en Grand Est, région avec une forte diversité d'élevages, de productions agricoles et agroalimentaires.

1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

Des entretiens semi-directifs auprès d'experts des filières agricoles (16) et des entreprises de l'alimentation animale (4) ont été menés pour mieux connaître les enjeux et perspectives relatives aux coproduits dans la région Grand Est. Un questionnaire a également été diffusé auprès d'industries agroalimentaires (IAA) adhérentes à Agria Grand Est. Le questionnaire était structuré en quatre parties : informations générales sur l'entreprise, caractérisation des coproduits générés, leurs voies et modes de valorisation, les perspectives d'évolution. Des entretiens semi-directifs ont ensuite été réalisés auprès de 13 IAA pour préciser certaines réponses au questionnaire initial. Enfin, des estimations ont été réalisées à partir de l'observatoire nationale de la ressource en biomasse (ONRB) (FranceAgriMer, 2020) pour les secteurs d'activités présents en région Grand Est mais n'ayant pas répondu au questionnaire (sucrerie et amidonnerie) ou pour des raisons de secret statistique (malterie et meunerie).

2. RÉSULTATS

Au total, 40 réponses couvrant 10 secteurs d'activité ont été obtenues : brasserie (11), industrie laitière (4), transformation de fruits (6) et légumes (3), meunerie (2), malterie (1), collecte de céréales (1), biscuiterie et boulangerie (4), charcuterie (4), oléoprotéagineux (4).

2.1. AU MOINS 2,4 MILLIONS DE TONNES BRUTES DE COPRODUITS

Le volume de coproduits générés en région Grand Est serait de l'ordre de 2,4 millions de tonnes (t) brutes soit 1,9 millions de t de matière sèche (MS). Les quatre principaux secteurs sont la sucrerie avec 1,3 millions t brutes de coproduits générés qui sont principalement des pulpes de betterave. Viennent ensuite l'amidonnerie avec 650 kt brutes de coproduits, les oléo-protéagineux avec 202 kt brutes de coproduits avec le tourteau de colza comme principal coproduit et enfin la brasserie avec 128 kt brutes avec notamment les drêches.

2.2. 98,5 % VALORISÉS EN ALIMENTATION ANIMALE

L'alimentation animale représente la voie majoritaire de valorisation des coproduits en région Grand Est. En effet, elle capte 98,5 % des volumes identifiés, majoritairement le tourteau de colza, des drêches de brasserie et des pulpes de betterave. Un groupe d'autres industries (alimentation humaine, cosmétique…) arrive en deuxième position et capte 1,1 % des coproduits. La valorisation agronomique (épandage, industrie de la fertilisation) arrive en troisième position avec 0,3 %. Le secteur de la valorisation énergétique (méthanisation ou combustion) représente seulement 0,1 %. Cette voie reste largement minoritaire mais toutes les IAA valorisent des volumes en méthanisation à l'exception de la meunerie.

2.3. UNE VALORISATION LOCALE

Plus de 70 % du tonnages brut de coproduits, soit 67 % du volume en MS, sont repris dans un rayon inférieur à 50 km du site de production et ce quelle que soit la voie de valorisation. Les coproduits repris par un repreneur situé à plus de 100 km du site de production sont issus d'industries à forte valeur ajoutée comme l'alimentation humaine, la cosmétique ou la pharmaceutique (l'éthanol, les levures de brasserie). Aucun lien évident n'a été établi entre les distances de valorisation et le pourcentage de matière sèche dans cette enquête.

DISCUSSION

La hiérarchie des voies de valorisation dans cette enquête est en cohérence avec les résultats obtenus lors d'une enquête nationale (Réséda, 2017) et en Normandie (Réséda, 2019), mobilisant la même méthodologie. La valorisation en alimentation animale représentait respectivement 61 % et 77 % des volumes relevés dans ces enquêtes. Cet écart peut s'expliquer par une forte représentation du secteur brassicole dans le Grand Est et par le recours à l'ONRB pour estimer les volumes de coproduits de la sucrerie et de l'amidonnerie. Dans cette région, la dynamique d'installation des unités de méthanisation est soutenue pour répondre à l'ambition de produire 100 % de l'énergie régionale de façon renouvelable d'ici 2050. D'après le programme Climaxion (2020), une hausse de 130 % du nombre d'unités de méthanisation d'ici 2025 est à prévoir ainsi qu'une augmentation de la puissance d'installation des unités. Des arbitrages entre l'élevage et les unités de méthanisation seront probablement à faire et les coproduits à fort pouvoir méthanogène comme le son de blé pourraient être utilisés en faveur de la production d'énergie.

CONCLUSION

Les coproduits sont une ressource alimentaire importante pour les élevages de ruminants et porcins en région Grand Est. Ils participent à l'accroissement de l'autonomie alimentaire régionale et offrent une ressource alimentaire rentrant peu en compétition avec l'alimentation humaine et à un prix compétitif. Toutefois, le développement de nouveaux marchés pourrait perturber les voies de valorisation historique.

Les auteurs remercient les experts et IAA ayant répondu aux enquêtes et au programme Climaxion financé par l'ADEME et le conseil régional du Grand Est

Climaxion, 2020. https://www.climaxion.fr/sites/climaxion/files/docutheque/climax_plaquette_methanisation_2020_8_pages_a4_web_pap.pdf
FranceAgriMer, 2020. https://www.franceagrimer.fr/content/download/66147/document/DON-ONRB-VF4.pdf
Laisse S. et al., 2018. INRA Prod. Anim., 31 (3), 269-288
Réséda, 2019. https://idele.fr/fileadmin/medias/Documents/202001_Coproduits_AREA_RESEDA_Depliant.pdf
Réséda, 2017. https://idele.fr/fileadmin/medias/Documents/Reseda_rapport_complet_gisements_coproduits.pdf

Accompagner le développement de l'économie circulaire en agriculture à la Réunion à l'aide d'une démarche méthodologique construite avec les acteurs du territoire

Supporting the development of circular economy in agriculture in Reunion Island using a methodological approach built with the actors of the territory

VIGNE M. (1), VAYSSIERES J. (1), DEGENNE P. (2), KLEINPETER V. (1), CHOISIS J.P. (3), LURETTE A. (4)
(1) CIRAD, UMR Selmet, Saint-Pierre, Réunion, France
(2) CIRAD, UMR TETIS, Saint-Pierre, Réunion, France
(3) INRAE, UMR Selmet, Saint-Pierre, Réunion, France
(4) INRAE, Univ Montpellier, CIRAD, Institut Agro, Montpellier, UMR SELMET, France

INTRODUCTION

Les iles ultrapériphériques cumulent des contraintes de disponibilité foncière et d'éloignement qui induisent une très forte dépendance aux importations. Pour accroître son autonomie alimentaire, La Réunion a favorisé le développement des filières et la spécialisation des exploitations. Cette organisation, qui s'est traduite par un taux de couverture de marché élevé pour certaines productions animales et végétales, a fait ses preuves. Elle s'est toutefois également traduite par une importation d'engrais de synthèse et de céréales et tourteaux pour l'alimentation animale.
L'économie circulaire (EC) est un nouveau paradigme économique et sociétal (Ministère de la Transition Ecologique, 2018) dont il convient d'explorer les possibilités et les limites pour accroitre la place du secteur agricole dans les initiatives d'accroissement de la circularité dans les territoires insulaires, en substitution à l'importation d'intrants.

MATERIEL ET METHODES

De 2017 à 2020, le projet Casdar GABiR (Gestion Agricole des Biomasses sur l'île de La Réunion) a mobilisé des acteurs issus du Développement, de la Formation et de la Recherche et des décideurs politiques (Vigne *et al.* 2021). Il visait à renforcer l'inclusion du secteur agricole dans l'EC de l'île par une approche territoriale de la gestion des biomasses valorisées ou valorisables en agriculture. Il s'est déroulé en 3 étapes.
En premier lieu, un diagnostic à l'échelle du territoire comprenant les inventaires de la disponibilité des biomasses valorisables en agriculture a été élaboré par une approche du métabolisme territorial (analyse quantitative des flux de matière et d'énergie, Bonaudo et al, 2016). Il a été suivi d'une large consultation des acteurs concernés par les biomasses locales ou importées qui a abouti à la sélection de quatre cas d'étude considérés comme emblématiques de la diversité des problématiques locales.
Enfin, leur analyse a reposé sur un état des lieux initial et la construction de scénarios permettant d'améliorer l'utilisation des biomasses. Des représentations dynamiques et spatialement explicites ont été construites, notamment via l'outil Ocelet (Degenne et Lo Seen, 2016), pour représenter les flux actuels et prospectifs afin d'en débattre avec les partenaires.

2. RESULTATS

2.1. APPROCHE METABOLIQUE

107 biomasses différentes issues de 7 secteurs ont ainsi été inventoriées. Elles proviennent d'environ 8 000 producteurs, hors déchets ménagers, dont près de 7 500 exploitants agricoles, et ont été regroupées en 11 catégories. Leur valorisation se fait principalement en agriculture (alimentation et litière animale, engrais organique et amendement, support de culture, paillage des sols).

2.2 CAS D'ETUDE

De la vingtaine de propositions émises par les partenaires, 4 cas d'étude favorisant un bouclage des cycles à l'échelle du territoire ont été retenus : la mise en place d'une filière de fourrages structurée, la gestion des épandages d'effluents d'élevage, leur co-compostage avec des déchets verts, la valorisation agricole des biodéchets.
Pour les 3 premiers cas d'étude, liés à l'élevage, les objectifs fixés par les partenaires étaient respectivement de i) réduire la dépendance des exploitations aux produits d'importation, tels que les concentrés, pour le maintien et la viabilité des activités d'élevage de ruminants ii) identifier les marges de manœuvre concernant les surfaces disponibles pour l'épandage et la possibilité de couvrir les besoins des cultures par de la fertilisation organique produite localement et iii) connaitre les modalités économiques et logistiques pour la mise en place d'une filière de co-compostage déchets verts-effluents d'élevage. Pour chaque cas d'étude, un diagnostic a été réalisé. Il repose sur la quantification des ressources, leur géolocalisation ainsi que sur les flux et les usages, notamment via des enquêtes auprès des 'producteurs' et des 'consommateurs'. L'analyse de ces données a permis d'identifier des pistes d'amélioration et ou des scénarios qui ont été débattus avec les partenaires de chaque cas d'étude.
A titre d'illustration, la quantification et la localisation des productions et des consommations de fourrages réalisées à partir d'une cartographie des parcelles fourragères et une géolocalisation des troupeaux de ruminants ont abouti aux calculs des balances fourragères annuelles à l'échelle de 12 zones de production tenant compte de l'altitude, du relief et du réseau routier. Trois scénarios fondés sur des transferts de fourrages entre zones ont été co-construits avec les professionnels de l'élevage. Sur la base d'une représentation et d'une évaluation sous Ocelet, le scénario combinant des leviers techniques avec la mise en place d'une filière fourrage incluant 4 structures de stockage est celui qui entraîne une plus forte augmentation de la proportion d'élevages dont les besoins sont couverts en période hivernale.

CONCLUSION

L'approche menée dans le projet GABiR a abouti à l'identification de solutions construites en concertation avec les acteurs. Néanmoins, leur mise en œuvre est plus ou moins avancée, du fait de nombreuses contraintes de nature réglementaire, financière et organisationnelle.
Le projet a cependant participé à une dynamique qui s'est traduite par de nombreuses initiatives : mise en œuvre du Service d'Assistance Technique à la Gestion des Epandages, accompagnement de projets de plateformes de compostage, formations, recrutements, essais en ferme… Un comité de traitement et de valorisation des effluents d'élevage rassemblant les acteurs de la RFD et de l'administration vient d'être créé.

Bonaudo, T. et al. 2016. Renc. Rech. Ruminants, 23, 217-220.
Degenne P., Lo Seen D., 2016. SoftwareX 5, 89-95.
Ministère de la Transition Ecologique, 2018. Feuille de route Économie circulaire, 46 p.
Vigne M. et al. 2001. AE&S 11-2

Économie

Evolution et hétérogénéité du revenu des producteurs français de lait vache

CHATELLIER V. (1) ; PERROT C. (2)

(1) INRAE, UMR SMART, 44300 Nantes
(2) IDELE, Département Economie, 75012 Paris

RESUME

Moyennant une valorisation des données statistiques du Réseau d'Information Comptable Agricole (RICA), cette communication propose une analyse centrée sur la question des revenus des producteurs français de lait de vache. En se basant sur une moyenne pluriannuelle de 11 ans (2010 à 2020), la première partie montre que le résultat courant avant impôt (RCAI) par unité de travail agricole non salariée (UTANS) des exploitations laitières (25 100 euros en moyenne nationale en monnaie constante de 2020) est inférieur de 15% à la moyenne des exploitations agricoles ; elle souligne, de plus, que la dispersion de cet indicateur est moindre en production laitière que dans les autres orientations de production. En utilisant trois critères économiques, la seconde partie propose une typologie permettant de répartir les exploitations laitières selon huit classes de performances économiques. La troisième partie met en évidence que les années récentes sont marquées, comparativement au début des années 2000, par un plus grand étalement de la distribution des revenus des exploitations laitières françaises. Elle discute ensuite les facteurs clés qui expliquent la variabilité des revenus en se focalisant notamment sur le coût du système d'alimentation et la question des éventuelles économies d'échelle. La conclusion propose une courte réflexion sur les tendances récentes sur secteur productif laitier français.

Evolution and heterogeneity of the income of French cow's milk producers

CHATELLIER V. (1) ; PERROT C.

(1) INRAE, UMR SMART, 44300 Nantes

SUMMARY

Using statistical data from the Farm Accountancy Data Network (FADN), this paper proposes an analysis focused on the income of French cow's milk producers. Based on a multi-year average of 11 years (2010 to 2020), the first part shows that the family farm income per non-salaried agricultural work unit of dairy farms (25,100 euros on a national average in constant 2020 currency) is 15% lower than the average for all farms; it also emphasizes that the dispersion of this indicator is lower in dairy production than in other farming types. Using three economic criteria, the second part proposes a typology that divides dairy farms into eight economic performance classes. The third part highlights that recent years are characterized compared to the early 2000s, by a greater spread of income distribution on French dairy farms. It then discusses the key factors that explain income variability, focusing in particular on the cost of the feeding system and the question of possible economies of scale. The conclusion offers a short reflection on recent trends in the French dairy production sector.

INTRODUCTION

Le secteur laitier français n'a pas profité de la fin des quotas laitiers, ni du développement des échanges internationaux de produits laitiers (IDELE, 2022-a ; OCDE-FAO, 2021) pour dynamiser son offre intérieure de lait de vache, contrairement à d'autres pays dont par exemple l'Irlande (IDELE, 2021) ou la Pologne. En 2021, la collecte française de lait de vache s'est élevée à 24,2 millions de tonnes, soit un niveau inférieur de 4,5% à son record de l'année 2015. Il s'agit du plus bas niveau observé depuis 2013 (IDELE, 2022b), les cinq premiers mois de 2022 affichant encore un nouveau recul (-1,4% par rapport aux mêmes mois dans l'année 2021). L'amélioration de la productivité laitière des vaches ne compense donc pas, du moins au cours de la période récente, la baisse du cheptel de vaches laitières (3,52 millions de têtes en décembre 2021, soit -8,3% ou -310 000 têtes depuis décembre 2014). La répartition géographique de la collecte de lait de vache a, de son côté, fortement évolué (CNIEL, 2022). Ainsi, entre 2000 et 2020, elle a reculé de 31% en Nouvelle-Aquitaine et de 25% en Occitanie alors qu'elle a augmenté de 10% à 11% dans les trois régions de l'Ouest et en Hauts-de-France et de 9% en Bourgogne-Franche-Comté (FranceAgriMer, 2022). Le recul de la collecte nationale de lait de vache au cours des dernières années ne permet plus à la France de maintenir sa balance commerciale en produits laitiers qui est passée de 3,64 à 3,25 milliards d'euros entre 2015 et 2021 (Chatellier et Perrot, 2021).

Dans les débats portant sur l'avenir du secteur laitier français, il est souvent fait référence au fait que cette activité souffre de trois handicaps majeurs qui jouent négativement dans la dynamique des installations : i) la production de lait de vache est une activité exigeante en temps de travail qui implique une présence continue des éleveurs, alors que les conditions sociales sont jugées souvent plus acceptables dans d'autres productions agricoles (dont en céréales) ; ii) la rémunération des éleveurs est considérée comme insuffisante, ce d'autant plus si l'on considère les efforts fournis, les astreintes, les gains de productivité obtenus au fil des ans et l'importance des investissements réalisés en amont ; iii) le secteur laitier connait régulièrement des crises économiques qui affectent durement la trésorerie des exploitations mais aussi le moral des éleveurs, comme cela fut le cas en 2009 et 2016.

Dans ce cadre, et moyennant l'utilisation des données du Réseau d'Information Comptable Agricole (RICA), cette communication est structurée en trois parties. La première présente un état des lieux sur le niveau des revenus des producteurs français de lait de vache. La deuxième propose une grille typologique qui permet de répartir les exploitations laitières en huit classes de performances économiques. La troisième montre que la distribution des revenus des exploitations laitières est plus étalée au cours des dernières années qu'au début des années 2000. En outre, elle développe des réflexions autour des facteurs explicatifs de la variabilité des revenus.

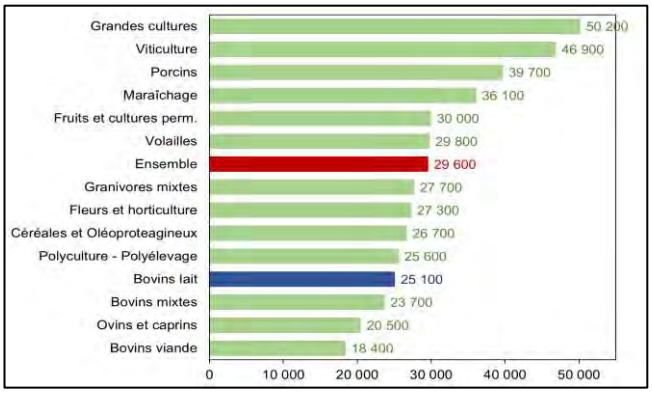
Les résultats présentés dans cet article sont issus de travaux réalisés en réponse à des appels d'offres du ministère de l'agriculture (parties 1 et 2 – projet Agr'income développé par Piet *et al.*, 2021), de l'interprofession laitière et de FranceAgriMer (partie 3) lancés pour disposer d'éléments de diagnostic plus précis sur les niveaux de rémunération des producteurs agricoles, leur hétérogénéité, les facteurs explicatifs et les spécificités éventuelles associées au secteur laitier bovin.

1. LE REVENU (2010-2020) DES PRODUTEURS FRANCAIS SPECIALISES EN LAIT DE VACHE EN COMPARAISON DES AUTRES EXPLOITATIONS

Dans cette première partie, l'analyse portant sur le revenu des producteurs français de lait de vache est menée à partir des données du Réseau d'Information Comptable Agricole (RICA) français de la période 2010 à 2020 (soit sur 11 années ; les valeurs étant exprimées en monnaie constante de 2020). Seules exploitations laitières spécialisées (OTEX 4500) sont prises en référence.

L'analyse privilégie ici le résultat courant avant impôt (RCAI) par unité de travail agricole non salariée (UTANS). Cet indicateur permet de mesurer les performances liées à l'activité opérationnelle d'une entreprise en tenant compte notamment de sa politique financière (endettement et placements financiers) et en excluant l'impact des évènements exceptionnels. Le RCAI, qui est la somme du résultat d'exploitation et du résultat financier, permet de recenser toutes les charges et les produits d'une exploitation. Il est déterminé juste avant la déduction des cotisations sociales de l'exploitant et des impôts ; les charges salariales (salaires des employés et cotisations sociales liées) sont, en revanche, déjà déduites dans le RCAI.

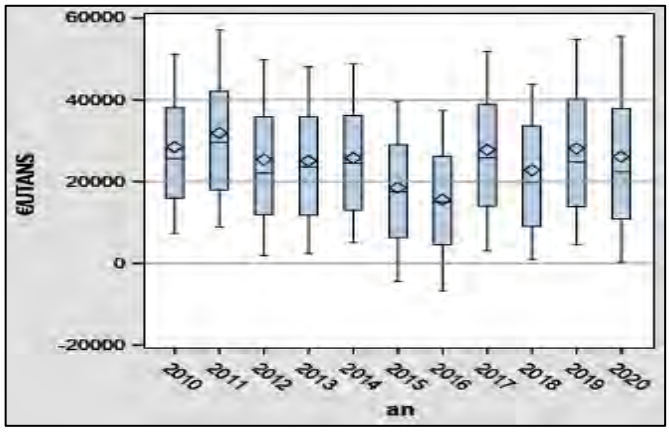
Figure 1. Le RCAI par UTANS selon les OTEX en France : calcul réalisé sur 11 années de la période 2010-2020 en euros constants de 2020



Sources : SSP - RICA France (2010-2020) / Traitement INRAE, SMART

Toutes exploitations agricoles confondues à l'échelle de la France, le RCAI par UTANS s'élève, en moyenne annuelle sur onze ans (2010 à 2020), à 29 600 euros (en monnaie constante de 2020). Ce niveau est supérieur de 15% à celui obtenu, en moyenne, par les exploitations bovins lait (25 100 euros). Parmi les 14 OTEX identifiées dans la figure 1, trois seulement présentent un niveau de revenu inférieur à celui des exploitations bovins lait : les exploitations bovines mixtes, ovins caprins et bovins viande. A l'autre extrême, les meilleurs niveaux de revenus sont dégagés par les exploitations spécialisées en grandes cultures (50 200 euros), en viticulture (46 900 euros) et production porcine (39 600 euros).
Pour les exploitations françaises de bovins lait, le revenu moyen a fortement varié d'une année à l'autre. En raison d'une conjoncture difficile sur les marchés internationaux, et de la baisse induite du prix du lait payé au producteur, l'année 2016 a été la plus défavorable pour le RCAI par UTANS (15 600 euros). Ce montant est deux fois plus faible que celui observé la meilleure année, à savoir celle de 2011 (31 900 euros) où les prix agricoles étaient comparativement élevés dans la plupart des produits agricoles. En 2020, le RCAI par UTANS est, en monnaie constante, légèrement inférieur à celui de 2010 alors que, pourtant, d'importants gains de productivité ont été observés au niveau du facteur travail. La production nationale de lait de vache a globalement peu évolué depuis cette date alors que le nombre d'exploitations a reculé de près d'un tiers (de 75 700 en 2010 à 50 200 en 2020 en considérant toutes les exploitations qui livrent du lait de vache, y compris les unités non spécialisées). Ces tendances indiquent que le RCAI rapporté à la valeur de la production agricole (y compris les aides directes) poursuit une tendance baissière : de 22% en 2010 à 16% en 2020.

Figure 2. La dispersion du RCAI par UTANS pour l'OTEX bovins lait entre 2010 et 2020 (euros constants de 2020)



Losange = valeur moyenne ; barre centrale = valeur médiane ; barre supérieure du rectangle = quartile supérieur ; barre inférieure = quartile inférieur ; les déciles inférieur et supérieur sont reliés au rectangle par des traits verticaux.

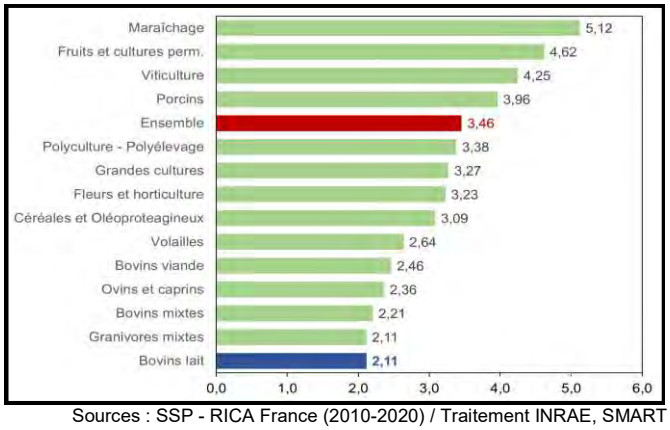
Sources : SSP - RICA France (2010-2020) / Traitement INRAE, SMART

Une analyse de la dispersion du RCAI par UTANS des exploitations bovins lait est conduite pour chaque année de la période 2000 à 2020 (figure 2). Pour chacune de ces années, dix valeurs sont indiquées sur la figure : la valeur moyenne et la valeur des 9 déciles (de P10, premier décile à P90, dernier décile). Plusieurs constats peuvent être tirés de cette distribution : i) la valeur du premier décile du RCAI par UTANS n'a jamais dépassé les 10 000 euros tout au long de la période, ce qui rappelle l'existence de faibles revenus structurels pour certaines exploitations, indépendamment d'ailleurs de la conjoncture de prix ; ii) la valeur moyenne est, tous les ans, plus élevée que la valeur médiane, ceci étant attribuable à l'impact sur la moyenne des plus hauts niveaux de revenus ; iii) les exploitations bovins lait bénéficiant des meilleurs revenus (P90 = 48 900 euros en moyenne par an sur la période, soit les 10% les meilleurs pour cet indicateur) atteignent des valeurs équivalentes à la moyenne des exploitations de grandes cultures.

Si la dispersion du RCAI par UTANS est un fait avéré pour les exploitations spécialisées en lait de vache (Figure 2), force est cependant de constater que celle-ci demeure moins grande que dans les autres OTEX étudiées (Figure 3). En effet, le ratio [(P90-P10) / Médiane], calculée en moyenne sur 11 années, atteint 2,11 pour les exploitations spécialisées de bovins lait contre 3,46 pour l'ensemble des exploitations agricoles. Les écarts les plus importants sont obtenus en maraichage (5,12), en arboriculture (4,62), en viticulture (4,25) et en production porcine (3,96). Cette moindre dispersion pour les exploitations bovins lait peut s'expliquer de différentes façons, dont : i) dans certaines productions, comme les cultures spéciales et la viticulture, les contrastes sont particulièrement forts entre les petites structures (exemple : ventes directes en maraîchage, petites fermes viticoles, etc.) et les grands domaines ou serres de plusieurs hectares ; ii) les deux crises (2009 et 2016)

observées dans le secteur ont provoqué un abandon d'activité dans les exploitations les moins solides économiquement ; iii) très rares sont les exploitations laitières qui parviennent à dégager un RCAI par UTANS supérieur à 60 000 euros alors que cela est plus fréquent dans d'autres productions.

Figure 3. La dispersion du RCAI par UTANS [P90-P10 / Médiane] selon les OTEX en France - calcul réalisé sur 11 années de la période 2010-2020 en monnaie constante 2020



Sources : SSP - RICA France (2010-2020) / Traitement INRAE, SMART

2. UNE TYPOLOGIE POUR REPARTIR LES EXPLOITATIONS LAITIERES EN HUIT CLASSES DE PERFORMANCES ECONOMIQUES

Partant des données du RICA 2020, cette deuxième partie propose de répartir les exploitations bovins lait françaises en huit classes de performances économiques. Celles-ci sont déterminées en s'appuyant sur la combinaison des trois ratios suivants : (Chatellier, 2021).

- *R1 - La productivité du travail.* Ce ratio est calculé en rapportant la valeur de la production agricole d'une exploitation (subventions inclues) à sa main-d'œuvre totale (UTA).
- *R2 - L'efficience productive*. Ce ratio est calculé en rapportant la valeur de la production agricole (subventions inclues) au montant des consommations intermédiaires.
- *R3 - La capacité à faire face à la dette*. Ce ratio est calculé en rapportant l'EBE au montant des annuités (frais financiers et remboursement du capital des emprunts).

Pour chacun de ces trois ratios, une valeur médiane est calculée sur le champ des exploitations françaises de bovins lait. En 2020, les valeurs sont les suivantes : R1m = 134 900 euros ; R2m = 1,77 ; R3m = 2,34. Chaque exploitation de l'échantillon du RICA est ensuite positionnée dans l'une des huit classes en fonction de la valeur observée des trois ratios de l'exploitation (R1e, R2e, R3e). Ainsi, par exemple, les exploitations positionnées dans la classe 8 peuvent être considérées comme étant plus productives (signe « + » dans le tableau 1), plus efficaces et moins endettées.

Sur la base de cette méthode, les 39 810 exploitations françaises bovins lait sont distribuées en huit classes. Les 6 180 les plus performantes de la classe 8 (53 800 euros de RCAI par UTANS, soit le double de la moyenne) ont une surface agricole utile (115 hectares) et un cheptel (70 têtes) finalement pas très éloignés de la moyenne de l'OTEX (respectivement +15% et +6%). Elles sont moins dépendantes des aides directes (50% du RCAI) que les 5 960 exploitations de la classe 1 (400%), lesquelles sont pénalisées par un revenu très faible (4 500 euros de RCAI par UTANS). Ces écarts performances économiques (Tableau 1) sont une incitation à mieux identifier et comprendre les facteurs qui interfèrent dans la variabilité des revenus.

3. LES FACTEURS EXPLICATIFS DE LA VARIABILITE DU REVENU

En 2017, la filière laitière française s'est engagée dans une démarche ambitieuse de « responsabilité sociétale ». L'un des axes de son plan de filière, intitulé « France Terre de lait », concerne la performance économique et sociale du secteur. Ce plan vise notamment à améliorer la capacité de la filière à rémunérer justement chaque acteur impliqué. En effet, en moyenne sur dix ans, un peu moins de 40 % des producteurs français de lait de vache ont dégagé, au niveau de leur atelier laitier, un RCAI par UTANS (ici net de charges sociales) supérieur ou égal au salaire net médian français (environ 1 800 €/mois). Afin d'améliorer ce niveau de rémunération, de nombreux efforts sont portés sur la création de valeur par l'augmentation de la valorisation du lait et des produits laitiers. En parallèle, la filière a souhaité aussi travailler sur l'autre levier, celui de la maîtrise des charges. Dans ce cadre, l'Institut de l'Elevage et ses partenaires (BTPL, Chambre d'agriculture des Pays de la Loire) ont réalisé une étude (Institut de l'Elevage *et al.*, 2021) pour FranceAgriMer et le CNIEL afin d'évaluer son rôle dans la dispersion des résultats des exploitations laitières. Dans une deuxième phase non présentée ici, cette étude propose une démarche et des leviers concrets permettant d'améliorer cette maîtrise sur les principaux postes de charges.

Tableau 1. Les caractéristiques structurelles et économiques moyennes des exploitations laitières spécialisées françaises selon huit classes de performances économiques en 2020

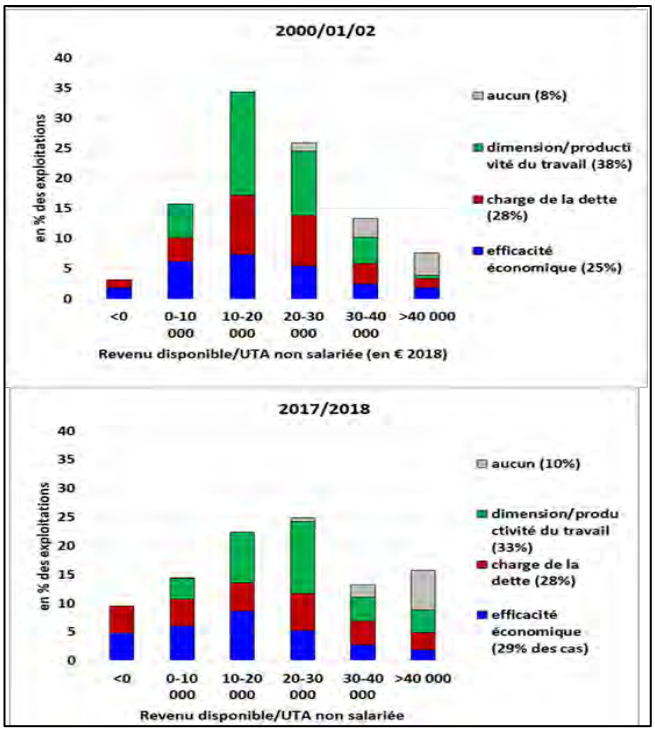
Classes	1	2	3	4	5	6	7	8	Total
R1 (productivité)	-	-	-	-	+	+	+	+	
R2 (efficacité)	-	-	+	+	-	-	+	+	
R3 (endettement)	-	+	-	+	-	+	-	+	
Nombre d'exploitations	5 960	3 350	3 120	7 480	7 740	2 870	3 110	6 180	39 810
Unités de travail agricole	1,83	1,58	2,45	2,10	1,95	1,65	2,22	1,77	1,94
- dont % UTA salariée	12%	11%	28%	17%	18%	11%	19%	11%	16%
Vaches laitières	53	45	59	51	83	74	94	70	66
Superficie agricole (ha)	83	66	96	84	113	108	130	115	99
Subventions (€)	29 300	26 800	39 500	36 300	36 000	34 500	44 400	42 100	36 000
Subventions / UTA	16 000	16 900	16 100	17 300	18 500	20 900	20 000	23 800	18 600
Subventions / RCAI	402%	117%	97%	74%	139%	67%	71%	50%	85%
Production agricole* (€)	176 600	149 500	236 900	194 800	356 400	306 500	389 000	312 500	264 500
Production agricole / UTA	96 500	94 600	96 700	92 800	182 800	185 800	175 200	176 500	136 300
Production agricole / CI	1,49	1,60	2,13	2,15	1,52	1,59	1,95	2,10	1,77
EBE par UTANS (€)	23 800	30 000	51 500	46 900	57 000	61 600	83 900	87 100	54 900
EBE / Annuités	1,14	3,68	1,82	4,37	1,36	3,25	1,48	3,60	2,11
RCAI (€)	7 300	22 900	40 600	49 300	26 000	51 800	62 700	84 500	42 300
RCAI / UTANS	4 500	16 400	23 100	28 200	16 300	35 300	35 100	53 800	26 100
RCAI / Production agricole	5%	19%	21%	31%	8%	19%	18%	31%	19%

Sources : SSP - RICA France 2020 / Traitement INRAE, SMART

3.1 Un étalement, avec la sortie des quotas laitiers, de la distribution des revenus disponibles

La première partie de cette étude a pour but, d'une part, de hiérarchiser les facteurs limitants du revenu des exploitations laitières (cf. encadré) et, d'autre part, d'identifier la place relative occupée par les coûts de production. Cette étude a été réalisée à partir du RICA pour les exploitations laitières, qu'elles soient spécialisées ou non ; le spectre couvert est donc ici plus large que celui privilégié dans les parties 1 et 2. Une première étape de ce travail a consisté à rejouer une analyse lancée en pleine période d'application des quotas sur un sujet proche (Perrot et al ; 2005). Elle étudie, pour les exploitations laitières (Figure 4), la dispersion du revenu disponible par UTANS (en euros constants de 2018) entre deux périodes éloignées : 2000-01-02 (calcul sur trois années) et 2017-18 (calcul sur deux années). Le revenu disponible est un indicateur qui diffère du RCAI par le fait qu'il déduit non pas les amortissements mais le remboursement du capital et que, surtout, les charges sociales de l'exploitant sont déduites.

Figure 4. Répartition des exploitations laitières selon les classes de revenu disponible par UTANS et facteur limitant de ce revenu.



Source : Agreste RICA - Traitement Institut de l'Elevage

Entre les deux périodes, un étalement de la distribution est clairement observé (Figure 1). Ainsi, le quartile inférieur (10 700 euros en 2017/18) a reculé de 14%, alors que le quartile supérieur (32 800 euros en 2017/18) a progressé de 17%. De même, la proportion d'exploitations ayant un revenu négatif est passée de 3 % à 10 %. Il s'agit d'exploitations qui souffrent d'une insuffisance de produits par rapport à des charges en forte croissance et qui semblent donc pour l'instant raté leur sortie des quotas laitiers. A l'inverse les profils d'exploitations dégageant les plus forts revenus sont variés à l'exception presque totale d'exploitations laitières du Massif Central : fortes croissances laitières profitables en zone de plaine ; exploitations de polyculture-élevage à forte productivité ; exploitations en croisière sous SIQO (AB ou AOP des montagnes de l'Est). Concernant l'origine de cette dispersion, la méthode mise en œuvre pour identifier le facteur limitant intra-type d'exploitation indique que les explications sont désormais davantage à rechercher (29% des cas en 2017/18, +4%) dans une moindre efficacité économique ou maitrise des charges, particulièrement en cause dans les revenus les plus faibles.

Encadré 1. Définition du facteur limitant. L'analyse consiste à identifier le facteur qui limite le plus le résultat par rapport aux exploitations comparables.

Analyse du revenu disponible d'exploitation à partir des trois facteurs suivants : le Produit Brut par UTANS (PB/UTANS) ; l'efficacité économique (EBE/PB) ; le service de la dette (annuités et frais financiers court terme/PB). Détermination de l'équation suivante : Revenu disponible/UTANS = PB/UTANS x (EBE/PB – Annuités & frais financiers court terme /PB).

Le facteur limitant est le facteur qui, ramené à la valeur de sa moyenne pour le même type d'exploitation, procurerait, toutes choses égales par ailleurs, la plus forte hausse de Revenu Disponible/UTA non salariée.

Analyse du résultat courant de l'atelier laitier à partir de l'équation à sept facteurs : Résultat de l'atelier lait/UTANS = Volume de lait / UTANS x ((Prix du lait + Coproduit viande/1 000 l +Aides/1 000 l) – (Coût du système d'alimentation + Coût bâtiments, équipements et salaires + Autres charges/1 000 l)).

Le facteur limitant est le facteur qui, ramené à la valeur de sa médiane (préférée à la moyenne dans cette 2ème analyse plus précise car moins sensible aux valeurs extrêmes) pour le même type d'atelier laitier, procurerait, toutes choses égales par ailleurs, la plus forte hausse de Résultat Courant de l'atelier/UTANS affectée aux bovins lait.

3.2 Le coût du système d'alimentation est le premier facteur limitant des résultats d'atelier

Une méthode comparable peut être utilisée pour analyser non plus le revenu disponible par UTANS, mais le RCAI de l'atelier lait par UTANS affectée aux bovins lait.

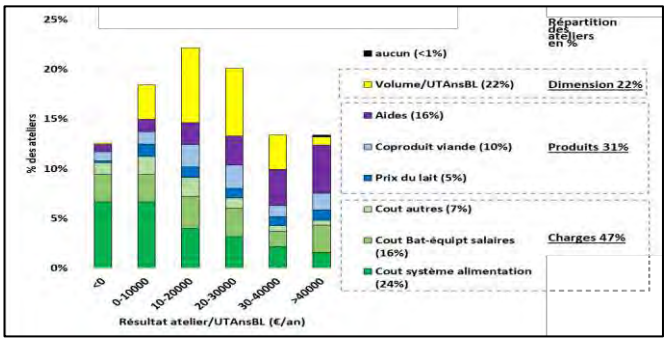
Le facteur limitant le plus fréquent est celui de la maîtrise des charges, laquelle apparaît en premier dans 47% des cas. Pour les classes de faibles revenus (moins de 10 000 euros), ce poids est encore plus élevé (Figure 5). Cette situation tient principalement (24% sur les 47%) à un coût plus élevé du système d'alimentation (achats d'aliments + coûts liés à la production d'aliments sur des surfaces dédiées aux animaux : engrais, semences, frais de mécanisation, fermage et mise à disposition). Ce point faible de la France par rapport aux pays voisins d'Europe du Nord avait déjà été identifié dans des travaux antérieurs (Institut de l'Elevage, 2019). En France, l'autonomie alimentaire des systèmes de production, qui est obtenue avec des fourrages cultivés, récoltés, et distribués mécaniquement (et non avec de l'herbe prélevée par les vaches au pâturage comme en Irlande), coûte cher ou, du moins, n'est pas assez rémunérée par le marché (pas de valorisation de cette caractéristique au niveau de l'acte de consommation). Le coût en bâtiments-équipements-salaires intervient pour 16% sur les 47%. Pour les exploitations ayant de faibles revenus, une moindre saturation des bâtiments-équipements est en cause. Pour celles à hauts niveaux de revenus, c'est un recours plus important à de la main d'œuvre salariée.

Les produits rapportés aux 1000 litres jouent, quant à eux, le rôle de facteur limitant dans 31% des cas. Le niveau d'aides par litre est un élément premier (16% sur les 31%), notamment pour les exploitations à hauts niveaux de revenus. Cela tient au fait que, dans ces structures, la hausse de production laitière s'est faite sans surfaces additionnelles (ce qui a dilué mécaniquement les aides rapportées aux volumes de lait produits). Le coproduit « viande » arrive ensuite (avec 10% sur les 31%) dans des cas de moindre maîtrise des problèmes de reproduction et de mortalité. Le prix du lait n'intervient qu'en dernier dans cette hiérarchie établie pour une année donnée. Le prix du lait est cependant un facteur explicatif majeur de la variabilité des revenus d'une année à l'autre. De 2005 à 2019, la corrélation entre le prix du lait moyen et le résultat moyen d'atelier par UTANS est de 0,79 en plaine (conventionnel) et de 0,77 en montagne (hors montagnes de l'Est). Pour une année donnée, en particulier pour les ateliers laitiers conventionnels de plaine, la variabilité du prix payé est finalement assez modérée : en 2017/18, 50% des exploitations sont entre -10 et +10 euros par 1 000 l par rapport à la médiane et 80% entre -16 et +26 euros par 1 000 l. Cette variabilité s'est même légèrement réduite par rapport à 2005-2009, sauf en 2015/16. Ce constat est lié au fait que les plus gros

transformateurs ont acheté le lait conventionnel à des prix très proches et que l'écart récent qui apparait avec certains collecteurs de moindre taille ne concerne pas assez de producteurs pour être perceptible.

La taille de l'atelier laitier (volume de lait par UTANS) joue le rôle de facteur limitant dans 22% des cas. Ce cas de figure est plus fréquent parmi les exploitations dégageant des revenus intermédiaires.

Figure 5. Répartition des ateliers laitiers en fonction du résultat d'atelier par UTANS affectée aux Bovins lait et facteur limitant (intra-type) de ce résultat.



Source Agreste RICA – traitement Institut de l'Elevage (éch. ct 2017-18, 1 248 exploitations laitières spécialisées ou non, 45 577 extrapolées)

3.3 Les économies d'échelle mettent en difficulté une partie des petites exploitations

Cette nouvelle étude a confirmé l'existence d'économies d'échelle, mesurables dans le contexte français depuis le début de la sortie progressive des quotas laitiers (2007). Le coût de production du lait diminue avec la taille de l'atelier mais de façon non linéaire. Si on ne tient pas compte de la charge calculée pour rémunérer le travail des exploitants, la diminution s'arrête vers 400 000 l en plaine et 300 000 l en montagne. En raison de ces économies d'échelle, les exploitations qui intègrent un jeune agriculteur (< 40 ans) parviennent à obtenir des coûts de production proches de la moyenne ; ces exploitations étant en effet nettement plus grandes : 70% des installations se faisant en GAEC. En, revanche, à taille égale, leurs coûts sont supérieurs du fait des investissements réalisés pour relancer le cycle de vie de l'exploitation. La situation est plus délicate pour une partie des plus petites exploitations produisant du lait conventionnel en plaine ou en montagne. Certaines parviennent à garder un système économe comme le montrent les déciles et quartiles inférieurs du coût de production. Mais les valeurs médianes et supérieures de cette distribution montrent que la majorité peine à maitriser une partie des coûts, en particulier pour les achats d'aliments (le coût unitaire est plus élevé quand il est livré en petite quantité au fond d'une vallée) ou les frais de mécanisation (les machines adaptées aux tailles moyennes des exploitations sont surdimensionnées pour les petites exploitations et leurs coûts d'utilisation sont moins dilués).

DISCUSSION - CONCLUSION

L'évolution de la collecte laitière est hésitante en France depuis la sortie des quotas laitiers (mars 2015). Une période baissière plus nette semble être engagée depuis le début de 2020 et concerne également la Bretagne (1ère région avec 1/5ème du lait français). Les explications sont multiples. La phase de sortie des quotas s'est étalée sur une longue période en France pendant laquelle les trois quarts des exploitations laitières restantes étaient en croissance ce qui permettait de compenser un taux de disparition élevé des exploitations (de l'ordre de 4% par an, avec +/-1% suivant les périodes). Ce taux d'exploitations en croissance est en train de redescendre vers 50%. Cette croissance passait en particulier par une augmentation du nombre des ateliers de grande taille. Ainsi, le pourcentage de vaches laitières élevées dans des étables de plus de 100 têtes est passé de 11% en 2010 à 33% en 2019 (un niveau qui se rapprochait progressivement du seuil des 50% dépassés dans la plupart des grands pays de l'UE). Depuis 2019, le rythme d'apparition de ces grandes structures a été divisé par trois, sous l'effet : i) d'une pénurie de main d'œuvre non salariée (difficultés à remplacer les associés âgés des GAEC) et salariée (le secteur affiche un des niveaux de salaires les plus bas de l'agriculture française) ; et, ii) du coût des équipements alternatifs (robots) au vu de la rémunération offerte par la production laitière en France. Celle-ci est plus faible qu'ailleurs en UE, et plus faible qu'en grandes cultures qui attirent les exploitations de polyculture-élevage qui produisent le tiers du lait en zone de plaine. Dès avant la guerre en Ukraine, mi-2021, la hausse du prix des intrants (énergie, engrais et aliments) a pris l'allure d'un « rallye » avec le prix du lait. En France, l'augmentation du prix du lait a été plus tardive et, à la mi 2022, elle est bien moins prononcée que dans les autres pays de l'UE qui bénéficient de la flambée du prix des commodités laitières, comme toujours en pareil cas. Après avoir baissé, l'indicateur MILC (Marge Ipampa Lait de vache sur Coût total indicé par litre de lait) s'est rétabli, écartant pour l'instant une crise laitière comme en 2009 ou 2015/16, mais à un niveau moyen insuffisamment stimulant. Le niveau futur de la production laitière française est sous l'influence de nombreux facteurs (économiques, sociaux, politiques, environnementaux, climatiques, …) et des collecteurs-transformateurs qui, dans le cadre du basculement du régime des quotas à un régime de concurrence, impriment des dynamiques de plus en plus différentes sur le territoire. Sans une modification substantielle des niveaux de rémunération permis (pour embaucher et/ou investir), les projections tendancielles (-441 000 vaches laitières entre 2021 et 2030) réalisées pour le CNIEL, en intégrant la démographie agricole et les comportements de croissance, sont probables. De plus, si les intrants restent chers, cette réduction des effectifs ne devrait être compensée, en termes de collecte, que de manière partielle par des gains de rendement laitier. Ce dernier est resté modéré en France par rapport à d'autres pays en lien avec la stratégie d'autonomie alimentaire indiquée précédemment. L'incitation à l'intensification devrait être faible sauf si le prix du lait se redresse durablement en France ou si la restructuration est très forte mais avec dans ce cas, moins d'exploitations, de vaches et de volume de lait.

Chatellier V., 2021. L'hétérogénéité des revenus des actifs non-salariés dans l'agriculture française. *Economie Rurale*, n°378, 57-75.
Chatellier V., Détang-Dessendre C., Dupraz P., Guyomard H., 2021. Revenus agricoles, aides directes et future PAC. *INRAE Productions Animales*, 34(3), 173-190. [PDF]
Chatellier V., Perrot C., Béguin E., Moraine M., Veysset P., 2021. Compétitivité et emplois à la production dans les secteurs bovins français. *INRAE Productions Animales*, vol 33 (4), 261-282. [PDF]
CNIEL, 2022. L'économie laitière en chiffres, 203 p. [PDF]
FranceAgriMer, 2022. Les marchés des produits laitiers, carnés et avicoles – bilan 2021, perspectives 2022. Rapport, 140 p. [PDF]
IDELE, 2019. L'Europe laitière du Nord dans l'après-quotas Dossier Economie de l'élevage, 502, 44 p.
IDELE, BTPL, Chambre d'agriculture des Pays de la Loire, 2021. Structure et évolution des coûts de production en élevages laitiers. FranceAgriMer, Les études, 23 p..
IDELE, 2021. Les filières lait et viande en Irlande. *Dossier Economie de l'Elevage*, n°524, 35 p. [PDF]
IDELE, 2022a. Marchés mondiaux des produits laitiers. *Dossier Economie de l'Elevage*, n°530, 40 p. [PDF]
IDELE, 2022b. Dossier annuel bovins-lait. *Dossier Economie de l'Elevage*, n°527, 40 p. [PDF]
OCDE-FAO, 2021. Perspectives agricoles 2021-2030, 364. [PDF]
Perrot C., Reuillon J.-L., Charroin T., 2005. Etude des déterminants de la rémunération du travail en élevage laitier. Institut de l'Elevage – INRA, Renc. Rech. Ruminants, 2005, 12, 23-26
Piet L., Chatellier V., Delame N., Desjeux Y., Jeanneaux P., Laroche-Dupraz C., Ridier A., Veysset P., 2021. Hétérogénéité, déterminants et soutien du revenu des agriculteurs français. Notes et Etudes Socio-Economiques, n°49, 5-40. [PDF]

Agricultures bretonnes 2040 – Quelles transitions des exploitations laitières bretonnes ?

FAVE C. (1), MARGUET M. (1), BODIN T. (1), TIRARD S. (1), DEZAT E. (1), LE GOFF H. (1), QUENARD C. (1), QUERE L. (1), LIGNEAU L. (1), GORIUS H. (1), LAMOUR G. (1), HAYE A. (1), DEBETHUNE N. (1).
(1) Chambre d'agriculture de Bretagne, ZAC Atalante-Champeaux CS 74223 35042 RENNES cédex

RESUME

De nombreuses études prospectives portent sur l'avenir de l'agriculture, mais elles sont rarement appropriées par le monde agricole alors qu'elles soulèvent des questionnements et des remises en cause potentielles pour l'agriculture et l'agroalimentaire. Pilotée par les élus et collaborateurs de la Chambre d'agriculture de Bretagne, l'étude Agricultures bretonnes 2040 a pour objectif d'explorer les futurs possibles pour les filières agricoles bretonnes à l'horizon 2040. En premier lieu, des diagnostics de filière ont été réalisés, puis les variables d'influence sur l'avenir de l'agriculture bretonne ont été identifiées et analysées. Cinq scénarios prospectifs ont été construits.
Concernant la production laitière, le diagnostic a montré qu'avec la suppression des quotas, la filière lait bretonne a d'abord suivi une stratégie de croissance des volumes avant d'opérer un déploiement vers des démarches de segmentation pour une partie de la production. Des investissements lourds dans les élevages et dans les outils de transformation ont permis un développement de la production. Les élevages se sont agrandis, la productivité du travail a augmenté sans que cela ne se traduise par une meilleure rémunération. Pour l'avenir se posent en un premier lieu les questions du renouvellement des générations, mais aussi des modèles de production et de leur rentabilité, et enfin de l'évolution des pratiques.
Cinq scénarios ont été construits, après l'identification de 24 variables d'influence majeures pour l'agriculture bretonne, facteurs de changement ou d'inertie du secteur. Le scénario tendanciel décrit une agriculture bretonne aux marges de manœuvres limitées ; les règles environnementales et le non-renouvellement des actifs entrainent un déclin de l'élevage. Dans le scénario alternatif, la recherche d'une orientation vers la neutralité carbone conditionne la production, sans déprise imposée de l'élevage. Les déterminants des trois autres scénarios sont un pilotage par les territoires, une agriculture productive dans un monde où la priorité est donnée à l'économie ou une agriculture plus végétale.
Selon les scénarios proposés, la production laitière serait plus ou moins impactée. Dans le scénario qui examine une orientation de l'agriculture bretonne vers la neutralité carbone, la production laitière joue un rôle important en mettant en œuvre des systèmes de production en conduite bas carbone, valorisant des surfaces en herbe, puits de carbone. Le chiffrage de ces modèles de production a permis d'évaluer l'évolution des volumes laitiers envisageable en 2040 dans une orientation bas carbone.

Agriculture in Britanny in 2040 – What transitions in dairy farms ?

FAVE C. (1), MARGUET M. (1), BODIN T. (1), TIRARD S. (1), DEZAT E. (1), LE GOFF H. (1), QUENARD C. (1), QUERE L. (1), LIGNEAU L. (1), GORIUS H. (1), LAMOUR G. (1), HAYE A. (1), DEBETHUNE N. (1).
(1) Chambre d'agriculture de Bretagne, ZAC Atalante-Champeaux CS 74223 35042 RENNES cédex

SUMMARY
Many prospective studies deal with the future of agriculture, but they are rarely taken up by the agricultural sector, even though they raise questions and potential challenges for agriculture and the agri-food industry. Led by the elected representatives and staff of the Chamber of Agriculture of Brittany, the objective of this study is to explore the possible futures for Brittany agriculture by 2040. Firstly, assessments by sector were carried out, then the variables of influence on the future of agriculture were identified and analysed. Five prospective scenarios were drawn up. Regarding milk production, the assessment showed that with the end of quotas, the Brittany milk sector initially followed a strategy of volume growth before moving towards segmentation for part of the production. Heavy investments on farms and processing tools have enabled a development of milk production. Farms have grown in size, and labour productivity has increased, without this being reflected in better remuneration. For the future, the first issue is the renewal of generations, but also production models and their profitability, and finally the evolution of practices.Five scenarios were drawn up, after identifying 24 major influencing variables for agriculture in Brittany, factors of change or inertia in the sector. The trend scenario describes a Brittany agriculture with limited room for manoeuvre; environmental regulations and the non-renewal of farmers lead to a decline in livestock farming. In the alternative scenario, the quest for carbon neutrality set conditions on production, but no decline on livestock farming is being imposed upon farmers. The main drivers of the three other scenarios are territorial management, productive agriculture in a world where priority is given to the economy, or more plant-based agriculture.
Depending on the scenarios proposed, milk production would be more or less affected. In the scenario that examines the orientation of agriculture towards carbon neutrality, dairy production plays an important role by implementing low-carbon production systems that make use of grassland, a carbon sink. The quantification of these production models has made it possible to evaluate the evolution of dairy volumes that could be envisaged in 2040 in a low-carbon orientation.

INTRODUCTION

La décision de mener une étude prospective portant sur toutes les filières agricoles bretonnes fait suite à plusieurs constats.
Tout d'abord de nombreuses incertitudes pèsent sur l'avenir des productions, qu'elles soient internes (attractivité des métiers, appropriation de nouvelles technologies…) ou externes (attentes sociétales, politiques des territoires…).
Ensuite, l'avenir de l'agriculture est exploré dans de nombreuses études, sans que les acteurs du monde agricole et agroalimentaire ne soient parties prenantes alors même que les questionnements peuvent remettre en cause leurs activités.
C'est ainsi que les responsables professionnels des Chambres d'agriculture de Bretagne ont fait part de leur besoin d'une réflexion construite avec les agriculteurs et les entreprises agroalimentaires, qui intègre la complexité et la diversité des enjeux et permette de se projeter sur le long terme.

1. MATERIEL ET METHODES

La prospective est une démarche visant à explorer les futurs possibles afin d'identifier les enjeux de demain, et ainsi éclairer les décisions à prendre.
Le choix a été fait de ne pas se fixer d'obligation de résultats environnementaux, économiques ou sociaux.
L'étude a été menée par un groupe de travail technique coordonné par le service économie-emploi de la Chambre régionale d'agriculture de Bretagne, avec une implication forte des élus professionnels.
La démarche s'est décomposée en quatre grandes étapes :
La construction de diagnostics par filière, basée sur des éléments bibliographiques et des entretiens. Ils ont été complétés par des diagnostics d'approfondissement, notamment auprès d'acteurs des territoires.
L'identification des variables d'influence et la rédaction de dossiers prospectifs pour chacune d'entre elles.
La construction et la rédaction de cinq scénarios.
La réalisation de **diagnostics d'impact** : chiffrage macro-économique, bilan carbone, entretiens auprès des acteurs de l'agroalimentaire pour recueillir leurs éclairages quantitatifs, voire qualitatifs, sur les impacts des scénarios.

2. RESULTATS

2.1. LE DIAGNOSTIC DE LA FILIERE LAIT

Le diagnostic de filière a été réalisé à partir de 13 entretiens et d'éléments de bibliographie. Puis, des interviews avec des acteurs de l'industrie laitière bretonne ont permis de conforter ce travail.

Le passé

La suppression des quotas laitiers a été reconnue comme le fait majeur de ces vingt dernières années.
En termes de volumes de production, la suppression des quotas ne s'est pas traduite par une rupture. En Bretagne, elle a conduit à une augmentation progressive de la production laitière. La collecte a progressé de 10 % entre 2010 et 2019, une évolution légèrement supérieure à la tendance nationale (+8 % sur la même période) (Produire du lait demain, 2021).
A la régulation publique des volumes s'est substituée une forme de régulation privée pilotée par les transformateurs laitiers. C'est peut-être là la principale évolution liée à la suppression des quotas : une logique économique s'est peu à peu imposée dans la filière, avec l'objectif que chaque litre produit réponde à un marché.
L'augmentation de la production bretonne a été permise par un agrandissement des élevages. Entre 2010 et 2019, plus d'un quart des élevages laitiers ont disparu. En Bretagne, la croissance de la collecte a reposé pour l'essentiel sur celle du cheptel. Entre 2010 et 2019, les effectifs de vaches laitières augmentent de 30 600 en Bretagne. La dimension des élevages a donc progressé. En 2019, ils comptent en moyenne 23 vaches laitières de plus qu'en 2010. Le volume moyen livré à l'industrie croît lui aussi. En 2018, un élevage breton livre plus de 500 000 litres de lait en moyenne, contre moins de 350 000 litres en 2010. Depuis fin 2018, les effectifs bretons de vaches laitières connaissent une lente diminution : cette tendance semble se confirmer au fil des mois.
En parallèle, une intensification de la production s'observe. La fin des quotas a permis de lever la contrainte du lien au foncier, c'est-à-dire l'obligation de reprendre des terres pour produire davantage de lait, qui a souvent conduit à morceler les parcellaires d'exploitations. Entre 2008 et 2018, le volume de lait livré par UTH a progressé de 80 000 litres. Sur la décennie précédente la hausse avait avoisiné 50 000 litres (d'après les données Cerfrance Bretagne).
Le nombre d'élevages bretons diminue constamment, sans que les diverses mesures d'accompagnement de l'installation ne permettent d'inverser la tendance ou d'assurer le renouvellement des actifs. En 2018, plus d'un tiers des chefs d'exploitation ont plus de 55 ans au sein des élevages laitiers spécialisés identifiés par la MSA. A minima, plus de 3 800 personnes partiront prochainement à la retraite. Or depuis 2010, en moyenne seuls 260 jeunes s'installent chaque année en élevage laitier dans le cadre d'une installation aidée. En Bretagne, le recul apparaît plus marqué dans certains territoires (sud du Finistère, Morbihan notamment).
Le revenu des éleveurs laitiers bretons reste irrégulier et en moyenne faible comparé au revenu moyen obtenu dans d'autres bassins laitiers européens (Irlande, Pays Bas).
La montée en puissance des attentes sociétales (bien-être animal, utilisation des produits phytosanitaires, sans OGM, pâturage, empreinte carbone, économie d'énergie, eau…) est une évolution jugée comme majeure. Non spécifique du secteur laitier, elle s'est traduite notamment par la mise en place de démarches segmentées, plus ou moins pérennes, dont la filière bretonne a pu profiter.

Les transformateurs bretons ont investi dans leurs capacités de production, notamment de poudre, de fromage, de beurre et de crème. Ces investissements se sont inscrits dans une stratégie de croissance du débouché export, en volume comme en valeur. Au cours des dix dernières années, les exportations ont beaucoup fluctué en valeur (Revue de l'observatoire de l'IAA en Bretagne, 2018). A noter, en 2019 le grand export représente 47 % des exportations bretonnes (contre 35 % en 2003). Les investissements industriels ont aussi été réalisés dans l'optique d'améliorer la valeur des produits laitiers, ainsi que dans l'objectif d'améliorer la performance industrielle et commerciale (modernisation des outils, amélioration de la chaîne d'approvisionnement et création de plateformes logistiques, réduction de l'empreinte carbone et amélioration de l'autonomie ainsi que de la gestion de l'eau).

Les tendances pour l'avenir

La diminution du nombre d'élevages laitiers pourrait être une rupture à l'avenir : le non-renouvellement des générations va marquer les élevages, en lien avec les multiples départs à la retraite attendus ainsi qu'avec la difficulté à transmettre les élevages compte tenu du manque d'attractivité du métier et du revenu et du poids des capitaux à transmettre. Plusieurs des entretiens réalisés révèlent qu'une baisse de la production laitière bretonne est envisageable dans les années à venir.
Les élevages vont continuer de croître tout en cherchant la spécialisation pour maintenir une bonne productivité. Entre automatisation-robotisation et embauche de salariés, les jeunes générations feront des choix pour répondre à un meilleur équilibre vie professionnelle-vie familiale. Le salariat

continuera de se développer mais il y aura des difficultés persistantes à l'avenir pour recruter et rémunérer ces actifs. En parallèle des difficultés de gestion de la charge travail, si le revenu de ces modèles économiques n'était pas au rendez-vous, cette nouvelle génération sera davantage prête à arrêter la production laitière en cours de carrière.
Les inquiétudes sur l'attractivité et le recrutement se manifestent aussi chez les transformateurs de l'industrie laitière.
L'adaptation aux attentes sociétales (bien-être animal, naturalité, pâturage, bilan carbone, antibio, phyto, sans OGM, origine locale…), dans un contexte de baisse de la consommation de produits laitiers qui devrait se poursuivre, est le deuxième sujet mis en avant et orientera les modes de production dans les élevages comme dans les usines. L'équilibre économique sera difficile à trouver alors que l'exigence de compétitivité, de maîtrise des coûts et des ressources va perdurer et se renforcer notamment à court terme suite à la crise du coronavirus.
Le développement de l'autonomie (fourragère, protéique) des élevages est lui-aussi cité comme un point clef. L'objectif de 100 % d'autonomie pourrait progressivement orienter les élevages laitiers, et la hiérarchisation des démarches de segmentation pourrait être bousculée, avec un cahier des charges standard plus exigeant qu'actuellement. Le bio pourrait renforcer encore sa place, à côté d'autres cahiers des charges (HVE ?).
Concernant le changement climatique, la région Bretagne est considérée comme relativement bien positionnée par rapport à d'autres régions même si elle connaît elle-aussi de plus en plus de pics de chaleur et d'épisodes de sécheresse. L'adaptation du système fourrager sera nécessaire. Des dispositifs de paiements pour services environnementaux pourraient être généralisés autour du stockage du carbone.

2.2 FACTEURS D'INFLUENCES

Le groupe de travail a identifié vingt-quatre facteurs d'influences pour l'ensemble des filières à horizon 2040. Ils ont été regroupés en huit familles.
Entreprises agricoles et ressources humaines : ressources humaines, modèles économiques, accompagnement (recherche, conseil, formation).
Techniques et productions agricoles : technologies (numérisation, robotisation big data), intrants et pratiques, productions non alimentaires.
Changement climatique et ressources : changement climatique, énergies, le temps, ressources naturelles.
Politiques publiques : politiques agricoles, politiques non agricoles, gouvernance locale.
International : marchés agricoles mondiaux, mondialisation et accords commerciaux.
Territoires : accès à l'eau, géographie agricole et agroalimentaire, population bretonne.
Consommateurs citoyens : implication citoyenne, attentes des consomm'acteurs, rapport au prix.
Marchés et filières : modes de distribution, organisation de filière et relations, segmentation.
Pour chacun des facteurs, un dossier prospectif a été rédigé. Chacune des variables y a été analysée en profondeur, sa rétrospective a été décrite, les dynamiques actuelles et trois à quatre hypothèses d'avenir y ont été identifiées (tendancielle, alternative, de rupture).
C'est ce qui a constitué le squelette pour la construction des scénarios, qui se sont basés sur une combinaison des hypothèses de ces vingt-quatre facteurs d'influence.

2.3 LES SCENARIOS

Avant de présenter les scénarios, un préambule est nécessaire concernant la prise en compte du changement climatique.
Les modèles actuels nous disent qu'à l'horizon 2050, les évolutions du climat sont déjà connues. Les actions menées n'auraient donc d'impacts significatifs qu'au-delà de 2050. D'ici 2040, les tendances se seront poursuivies en Bretagne : élévation des températures surtout l'été et au printemps, augmentation de la variabilité climatique et du risque de survenue des températures extrêmes, déficit hydrique qui se creuse l'été.

Scénario 1 – Une agriculture bretonne en mode résistance

Ce scénario est notre scénario tendanciel.
En 2040, l'agriculture bretonne est sous contrainte avec deux moteurs principaux : le non-renouvellement des actifs et un durcissement des réglementations environnementales. La demande et les marchés mondiaux sont moins dynamiques, avec un ralentissement de la croissance démographique notamment. En vingt ans les règles environnementales se sont durcies en Europe, pénalisant la compétitivité des filières. Sous l'effet de la pression du prix, les filières alimentaires européennes se repositionnent sur le marché intérieur. La contrainte du prix d'achat reste forte pour le consommateur, ce qui ouvre la voie aux importations ; la grande distribution et la restauration orientent les filières. En Bretagne, on observe une dualisation de l'agriculture, notamment en réponse à une problématique de manque d'actifs, avec de petites exploitations positionnées sur des démarches de valeur ajoutées, à côté d'exploitations de taille plus importante. Certaines opportunités, telles que le développement significatif des productions énergétiques, échappent aux agriculteurs.
Ce scénario est celui d'une certaine lassitude, d'un laisser-faire et d'opportunités saisies par d'autres. C'est également celui d'une adaptation lucide des agriculteurs aux réalités des marchés.

Scénario 2 - L'agriculture vise la neutralité carbone

En 2040, les productions se relocalisent en Europe. La sensibilité au dérèglement climatique est grandissante. Des règlementations européennes intégrant d'avantage les enjeux climatiques, environnementaux et la biodiversité ont été mises en place. La demande alimentaire évolue, ajoutant des préoccupations autour de la santé. La consommation évolue avec moins de protéines animales et plus de protéagineux.
La Bretagne assume sa vocation d'élevage et s'affirme comme un bassin de production bas carbone ; la sylviculture est redynamisée.
La survenue de ce scénario serait favorisée par l'application d'une taxation carbone sur les énergies fossiles et par des effets visibles par les citoyens du dérèglement climatique. A l'inverse, une hausse trop forte sur le prix de l'alimentation et des oppositions à une agriculture technologique et productive seraient des freins.

Scénario 3 – Une agriculture bretonne territorialisée

En 2040 des systèmes alimentaires plus locaux sont observés partout dans le monde. Avec la fin de l'expansion du libre-échange, les territoires deviennent une valeur refuge. La politique agricole française axée sur la souveraineté de l'alimentation se décline dans les territoires, avec en Bretagne une priorité donnée à l'accès de tous à une offre alimentaire locale de qualité.
Les filières bretonnes se désinvestissent du marché mondial.
Les métiers de l'agriculture retrouvent une attractivité. Le nombre d'élevages diminue, les structures sont plus diversifiées, les entreprises agricoles restent de taille moyenne. La transformation agroalimentaire réduit ses activités.
Ce scénario n'est pas celui d'une autarcie, la Bretagne reste connectée au reste de la France et exporte encore, mais sur de plus petits volumes. Sa mise en œuvre exige un engagement politique et financier fort des pouvoirs publics.

Scénario 4 – Priorité à l'économie

L'agriculture et l'agroalimentaire sont devenus des leviers importants de la croissance économique nationale. Durant la décennie 2020, la France est plongée dans une grave crise économique. La France reprend en main la politique agricole, la région Bretagne et les collectivités accompagnent ce mouvement. L'objectif est la productivité, en faisant notamment le pari des technologies. La vocation d'élevage est confirmée pour la Bretagne. Les filières renforcent leurs parts de marché à l'international. Les exploitations agricoles et les industries agro-alimentaires sont métamorphosées, tant au niveau des investissements, que des capitaux qui ne sont plus détenus par les exploitants eux-mêmes. L'intégration se développe dans les filières hors volailles.
La survenue de ce scénario est favorisée par une baisse du prix des technologies et un choix politique de favoriser la production.

Scénario 5 – Une agriculture bretonne plus végétale

Les politiques publiques donnent priorité au climat et à l'environnement. La demande en protéines animales recule entraînant un repli de l'élevage breton, et une augmentation des productions végétales. Le nombre d'actifs agricoles régresse, les jeunes générations aspirent à maîtriser leur temps (y compris les agriculteurs eux-mêmes). Les surfaces libérées sont consacrées aux grandes cultures, aux productions biosourcées, à la production d'énergie et à la sylviculture.
Les modèles économiques sont diversifiés avec de grandes exploitations (automatisation, grands volumes) qui cohabitent avec des entreprises de taille plus modeste. Ce scénario pose question sur l'impact pour la Bretagne en termes de paysages, de durabilité des systèmes et de maintien des équilibres agronomiques compte tenu d'une disponibilité plus faible en matière organique, ainsi que de localisation de la première transformation.

2.4 LE DIAGNOSTIC D'IMPACT : LA PRODUCTION LAITIERE EN 2040

Le scénario qui a fait l'objet d'une analyse d'impact poussée est le scénario climat : « L'agriculture vise la neutralité carbone ». Dans ce scénario, il est bon de rappeler que la Bretagne assume sa vocation d'élevage. La ferme bretonne mobilise sa capacité à produire des animaux (lait, viande, porc et volaille) en faisant évoluer ses systèmes de production vers plus d'autonomie protéique, en développant une forêt plus productive et en maintenant des surfaces de prairies. Seuls les ruminants sont à même de valoriser ces surfaces herbagères. Aussi, les systèmes laitiers étudiés ont intégré la valorisation des 600 000 ha de prairies permanentes et temporaires qui resteraient en Bretagne en 2040 pour répondre à un objectif « bas carbone ».
En nous appuyant sur les essais conduits depuis 2018, sur la station expérimentale de Trévarez, pour une ferme laitière « bas carbone », nous avons pu construire un système de production qui actionne des leviers d'autonomie réduisant d'au moins 20 % l'empreinte carbone du lait (Trévarez bas carbone, 2022). Pour le système laitier conventionnel, les transitions vers ce mode de production sont importantes. Elles conduisent à modifier de façon considérable la part de maïs dans la surface fourragère pour une plus grande valorisation de l'herbe pâturée. La part de maïs dans la surface fourragère passe de 42 % à 30 % - tableau 1. Les quantités de concentrés sont ajustées au strict besoin d'une production de 7 500 litres de lait par vache. Pour limiter le nombre d'animaux improductifs, le renouvellement du troupeau est fixé à 25 % – tableau 2. En conventionnel en 2040, ce système de production conduit à produire 650 000 litres de lait avec 95 vaches laitières sur 112 ha SAU – tableau 2. Des animaux croisés viande issus du troupeau laitier valorisent des surfaces de prairies. Cette exploitation laitière bretonne « bas carbone » valorise toutes les ressources disponibles et limite ses émissions de Gaz à effet de Serre (G.E.S), d'au moins 20%.
Pour le système en Agriculture Biologique, les systèmes fourragers actuels à 10 % de maïs SFP et très pâturants (50 ares par vache) peuvent se maintenir. Ce sont des systèmes très autonomes. Il faut cependant, être plus rigoureux sur le taux de renouvellement (25 %) et limiter le nombre de veaux issus de croisement, plus petit gabarit, en allongeant les lactations. En 2040, l'exploitation laitière bretonne en agriculture biologique produit 400 000 l avec 80 vaches sur 88 ha SAU, tableau 3.

Critères techniques	2020 Conventionnel Cerfrance Bretagne	2040 Système bas carbone
% de maïs SFP	42 %	30 %
Renouvellement	32 %	25 %
Lait produit par vache	7 500	7 500

Tableau 1 Critères techniques du système laitier Bas carbone en 2040.

Structure d'exploitation lait	2020 Conventionnel Cerfrance Bretagne	2040 Système bas carbone
Production de lait	560 000 l	650 000 l
Nombre de vaches	75 VL	95 vaches
SAU	86 ha	112 ha
Main d'œuvre	1,8 UTH	1,9 UTH

Tableau 2 Caractéristiques de l'exploitation laitière bretonne « bas carbone »

Structure d'exploitation lait	2020 - AB Cerfrance Bretagne	2040 – AB Sc. Climat
Production de lait	340 000 l	400 000 l
Nombre de vaches	68 vaches	80 vaches
SAU	86 ha	88 ha
Main d'œuvre	1,95 UTH	2 UTH

Tableau 3 Caractéristiques de l'exploitation laitière bretonne en agriculture biologique.

Les systèmes laitiers ainsi définis en agriculture biologique comme en conventionnel s'inscrivent dans les modes de production du scénario climat. L'empreinte carbone est abaissée, les pratiques agronomiques limitent les fuites d'azote et l'efficacité économique et sociale de ces systèmes est garantie. Ces systèmes de production, bien qu'attractifs, ne permettent pas d'atténuer la diminution du nombre d'élevages laitiers en Bretagne liée au non-renouvellement des générations. En 2040, le chiffrage de l'impact de ce scénario conduit à 6 000 exploitations laitières dont 1 500 en agriculture biologique, tableau 4. La Bretagne enregistre une baisse de 40 % du nombre d'exploitations. Le cheptel de vaches laitières diminue de 27 % par rapport à 2020. Le volume de la production laitière tombe à 3,6 milliards de litres soit une baisse de 35 % des volumes de lait par rapport à aujourd'hui. Cependant, la production laitière en agriculture biologique voit ses volumes doubler : 620 000 millions de litres de lait seraient produits sur 135 000 ha de SAU en 2040.

Données chiffrées	2020	2040	Tendance
Nombre d'exploitations	10 000	6 000	-40%
Nombre de vaches	750 000	550 000	-27%
Volume de lait en Bretagne	5,2 milliards de litres	3,6 milliards de litres	-30%

Tableau 4 La production laitière en 2040 dans le scénario « neutralité carbone »

3. DISCUSSION

En 2040, la ferme laitière bretonne valorise moins de surfaces fourragères qu'en 2020. Même si les modes de production « ferme laitière bas carbone » et agriculture biologique répondent aux exigences d'un scénario « climat », le nombre d'exploitations laitières en forte baisse, liée au facteur limitant de la main d'œuvre, n'utilise pas toutes les surfaces allouées en prairies. Sur les 600 000 ha de prairies destinées aux bovins dans le scénario « climat », les systèmes laitiers et bovins allaitants bretons, eux-mêmes en régression, utilisent 525 000 ha de prairies naturelles et temporaires. Le retrait des productions fourragères profite aux grandes cultures pour plus d'autonomie globale de la Bretagne pour l'ensemble de ses productions animales, pour une diversification des productions végétales vers l'alimentation humaine ou la production de bio-matériaux.

Les systèmes de production chiffrés dans ce scénario s'appuient sur des systèmes fourragers pâturants (35 ares par vache) à très pâturants (50 ares par vaches). Leur mise en œuvre ne sera possible qu'avec une nette amélioration de l'assise foncière de l'exploitation laitière par rapport à aujourd'hui. Des parcellaires plus structurants pourront être construits avec le départ en retraite des producteurs de ces prochaines années, dans la mesure où les politiques foncières y contribueront.

Ces systèmes de production « bas carbone » et en agriculture biologique sont plus autonomes. Ce sont des conduites techniques qui nécessitent plus de rigueur : recherche de l'efficacité de la ration alimentaire, allier productivité fourragère et diminution des intrants, limitation du nombre d'animaux improductifs (âge au vêlage, taux de renouvellement). C'est une réelle transition des modes de production en moyenne pour les élevages laitiers bretons.

Les scénarios de l'étude agricultures bretonnes 2040 ont été présentés aux transformateurs laitiers bretons, privés comme coopératifs, lors d'une séquence de travail collective organisée en septembre 2021 complété d'un entretien complémentaire réalisé en janvier 2022 (12 interlocuteurs avec une représentation de tous les transformateurs actifs en Bretagne, à l'exception de Terres de l'ouest). Selon eux, la trajectoire tendancielle décrite dans le scénario « agriculture en mode résistance », qu'ils jugent plausible, se traduirait en 2040 par des volumes de production en recul de 20 à 30 % d'ici 2040, sous l'effet du non-renouvellement des générations encore plus que du fait du durcissement des règles environnementales (ce qui constitue le 2e moteur du scénario). En ce qui concerne le scénario « climat », leur évaluation est que la baisse de production pourrait avoisiner 30 % et interviendrait avec davantage de brutalité que dans le cadre du scénario tendanciel. Ils estiment néanmoins qu'un tel scénario pourrait aussi se traduire par le développement d'élevages très innovants, productifs et bas-carbone, avec « des vaches laitières à 12 000 litres » au côté d'élevages plus classiques, en parallèle de la disparition d'un grand nombre d'élevages.

CONCLUSION

D'ici 2040, dans le scénario « neutralité carbone », la production laitière bretonne baisse de 35%. Lors d'enquêtes réalisées auprès d'entreprises agro-alimentaires, les transformateurs du secteur laitier breton ont évoqué une diminution de la production pouvant atteindre 30 % d'ici 2040. Cette baisse est partagée par l'ensemble des acteurs de la filière lait. Comme dans la production, le secteur de la transformation est touché par le manque de main d'œuvre.

En 2040, il sera le 1er facteur limitant les productions animales en Bretagne.

Pour limiter l'empreinte carbone des systèmes bovins, les systèmes laitiers bretons devront s'orienter vers des modes de production « bas carbone » ou agriculture biologique. Ces transitions importantes par rapport à aujourd'hui nécessitent d'être accompagnés par des politiques d'aides publiques (PAC, MAEC herbivore de la nouvelle programmation 2023-2027, PSE autonomie protéique, PSE bon bilan carbone). Mais ce sera aussi la restructuration des parcellaires d'exploitations laitières qui facilitera la mise en place de ces nouveaux systèmes de production.

Marguet M., 2018
La revue de l'observatoire des IAA de Bretagne, 23
Marguet M., Follet D., 2021
50 ans Trévarez - Produire du lait demain, 18-19
Maria Kirova, Francesco Montanari, Ines Ferreira, Monica Pesce, Jose Diogo Albuquerque,
Consuelo Montfort, Rik Neirynck, Juan Moroni., 2019.
Megatrends in the agri-food sector: global overview and possible policy response from an EU perspective, 86 p
Tranvoiz E., Sylvain F., 2022
Trévarez bas carbone, c'est possible, TERRA n°833, 19-21

Où va le jeune bovin ? Quel produit pour quel marché ?

GERARDIN A. (1), MONNIOT C. (1)
(1) Institut de l'Elevage (Idele), 149 Rue de Bercy, 75012 Paris - France

RÉSUMÉ
A la demande d'Interbev, l'interprofession de la viande et du bétail, nous avons étudié les débouchés des jeunes bovins (JB) engraissés en France. Nous avons pour cela mené une série d'entretiens avec des opérateurs de la filière viande bovine, que nous avons complétés avec l'analyse des données du commerce extérieur. Les carcasses et les différentes parties des carcasses de jeunes bovins sont orientées vers les marchés les plus rémunérateurs : quartiers arrières vers l'Italie, quartiers avants vers la Grèce, l'Allemagne ou pour la fabrication de haché en France. Cette complémentarité des débouchés est essentielle pour permettre une bonne valorisation de l'animal. Sur les marchés export, la qualité de la production française est appréciée et répond à la demande pour de la viande claire et maigre. Sur le marché national, les jeunes bovins pourraient compléter l'offre de femelles et permettre à certains circuits, notamment la restauration hors domicile, de s'approvisionner en viande française. Toutefois, la viande issue de jeunes bovins peine à répondre aux exigences de la loi EGALIM à l'échelle nationale car une très faible part de la production est aujourd'hui labellisée. La mise en place de filières d'engraissement de jeunes bovins locales pourrait toutefois permettre de satisfaire certaines exigences d'EGALIM.

The young bulls production: which products for which markets ?

GERARDIN A. (1), MONNIOT C. (1)
(1) Institut de l'Elevage (Idele), 149 Rue de Bercy, 75012 Paris - France

SUMMARY
At the request of Interbev, France's inter-professional association of meat and livestock, we studied the market of young bulls fattened in France. To do this study, we conducted interviews with operators in the beef industry and analysed foreign trade data. The carcasses and the different parts of the carcasses of young bulls are sold onto the most profitable markets: hindquarters to Italy, forequarters to Greece, to Germany or to the manufacture of minced meat in France. This complementarity of outlets is essential to ensure that the animal is properly valued. On export markets, the quality of French production is appreciated and meets the demand for light, lean meat. On the national market, young bulls could complete the supply of females and allow certain outlets, especially the catering industry, to be supplied with French meat. However, meat from young cattle is struggling to meet the requirements of the EGALIM law (a law about agriculture and food) on a national scale because a very small proportion of production is currently certified (label Rouge, bio…). The establishment of local fattening chains for young bulls could make it possible to meet some requirements of EGALIM.

INTRODUCTION

L'engraissement de bovins mâles est en repli structurel depuis plusieurs années en France : les abattages de jeunes bovins allaitants ont baissé de 7% en dix ans et ceux de jeunes bovins laitiers de 33%, alors que dans le même temps les exportations de bovins maigres ont progressé (x3 pour les veaux laitiers, +8% pour les broutards). Cette dynamique inquiète les représentants des filières qui ont demandé à l'Institut de l'Elevage d'étudier les débouchés des jeunes bovins (mâles non castrés âgés de 12 à 24 mois) abattus en France afin de mieux connaître les logiques de valorisation des carcasses et d'identifier des pistes de développement à l'export mais surtout sur le marché français. Pour cela, nous nous sommes appuyées sur une série d'entretiens avec des opérateurs de la filière, complétés par le traitement des données Eurostat.

1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

1.1. CONDUITE D'ENTRETIENS AVEC 17 OPÉRATEURS DE LA FILIÈRE

En l'absence de bases de données accessibles concernant la commercialisation de la viande bovine et afin de disposer de données qualitatives, nous avons mené une série d'entretiens semi-directifs avec des opérateurs de l'aval de la filière. Nous avons interrogé 5 opérateurs de l'abattage (qui réalisent 70% des abattages nationaux de jeunes bovins et sont actifs sur tous les principaux marchés), 2 responsables achats de la grande et moyenne distribution (GMS), 3 grossistes/transformateurs, 5 opérateurs de la restauration hors foyer (RHF), un 1 importateur grec et 1 importateur allemand. Des opérateurs italiens avaient été interrogés en 2019 lors d'une précédente étude.

1.2. ANALYSE DE BASES DE DONNÉES

Nous avons complété les informations recueillies lors des entretiens avec les données du commerce extérieur, extraites depuis Eurostat, afin de quantifier les volumes de viande bovine française exportés par destination. Cette base nous a également permis de réaliser des analyses qualitatives en utilisant les catégories douanières NC8 (carcasses, quartiers, viandes désossées). Toutefois, les données douanières ne permettent pas d'identifier la catégorie de bovin à l'origine de la viande exportée. Mais d'après l'étude *Où va le bœuf ?* réalisé par l'Institut de l'Elevage en novembre 2019, plus de 80% de la viande bovine française exportée est issue de jeunes bovins : nous avons donc considéré les données du commerce extérieur comme représentatives des formes de vente des jeunes bovins.

2. RÉSULTATS

2.1. LES FORMES DE VENTE DES CARCASSES DÉPENDENT DU TYPE RACIAL ET DU MARCHÉ

D'après les enquêtes menées auprès des abattoirs, 50% des tonnages de jeunes bovins (JB) abattus en France sont destinés à l'export et 50% restent sur le marché français. Cette proportion varie suivant le type racial : la production de JB viande est majoritairement orientée vers l'export (54% des tonnages) tandis que la production de JB lait est plutôt destinée au marché français (74% des tonnages).

Les volumes abattus destinés au marché français sont majoritairement commercialisés sous forme de viande transformée (hachée, élaborée et viande entrant dans les plats préparés) ou sous forme désossée (viande pour haché -VPH-, catégoriel et Unités de Vente Consommateurs Industrielles -UVCI-), surtout pour les JB lait (95% des tonnages). Les

carcasses de JB viande sont majoritairement vendues en demi-carcasses, quartiers et 8ème, pour répondre à la demande en viande piécée des boucheries et des grandes et moyennes surfaces (GMS).

Sur les marchés à l'export, la part des tonnages de JB valorisés avec os est plus importante : ils représentent 87% des tonnages de JB viande exportés et 29% des tonnages de JB lait. La part entre les demi-carcasses, les quartiers avants, les quartiers arrières et les 8e est équilibrée pour les JB viande, tandis que les JB lait sont principalement exportés sous forme désossée.

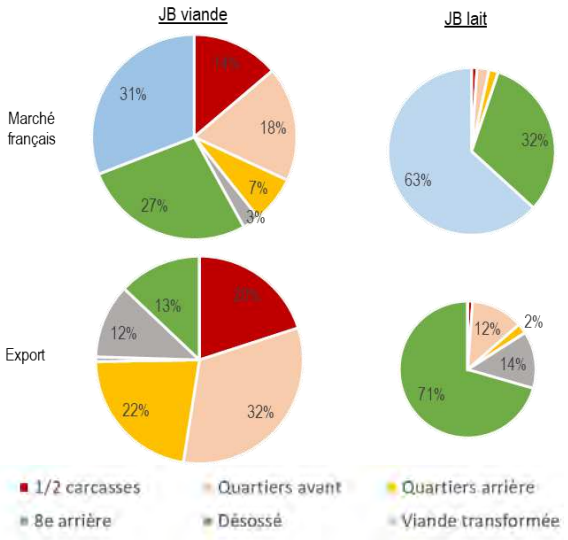


Figure 1 : formes de vente des JB abattus en France, par type racial et par marché. Source : GEB-Institut de l'Elevage d'après enquêtes.

A l'export, les quartiers avants sont majoritairement valorisés sur le marché grec, les quartiers arrières sur le marché italien et le désossé sur le marché allemand. Concernant les 8e arrière, l'exportation concerne principalement le globe (BCU - cuisse de bœuf sans le rumsteck), exporté vers l'Italie et l'Allemagne ; le rumsteck, le déhanché et le milieu de train de côte restent en général sur le marché français.

Pour une meilleure compréhension des termes techniques utilisés dans ce paragraphe, se référer aux posters de découpe d'une carcasse de bovin (Interbev-Idele, 2017).

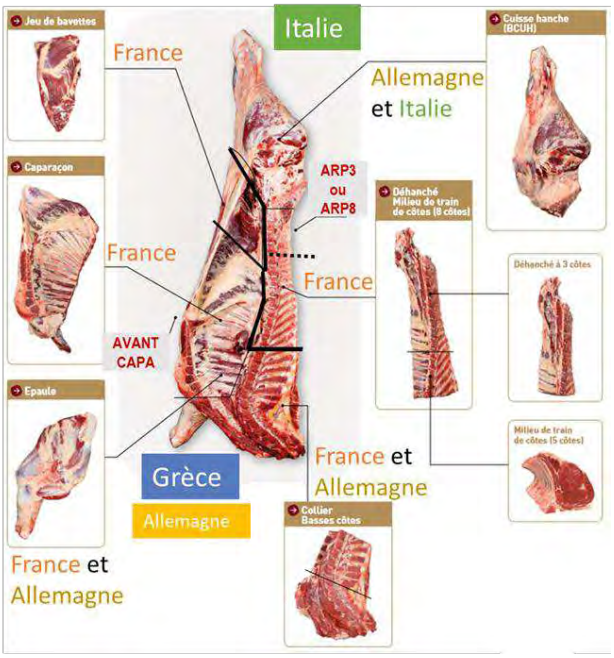


Figure 2 : Valorisation type d'une carcasse de JB viande. Source : GEB-Institut de l'Elevage d'après entretiens et photos Interbev-Idele.

2.2. LA COMPLÉMENTARITÉ DES DÉBOUCHÉS PERMET DE VALORISER AU MIEUX LES CARCASSES

Les opérateurs sont dans la recherche permanente d'un équilibre pour la valorisation des différentes parties des carcasses, de façon à en optimiser la valeur : la forte valorisation de certaines pièces peut permettre de vendre les autres à plus faible prix. La valorisation des pièces varie au cours de l'année. Cette saisonnalité est particulièrement marquée pour les quartiers avants, le déhanché et le milieu de train de côtes, alors que la valorisation du globe est stable au cours de l'année.

En hiver, les avants sont très bien valorisés sur les marchés grec et allemand et la demande française est soutenue. Les globes sont valorisés sur le marché allemand, le rumsteck sur le marché français. Le déhanché et le milieu de train de côtes peinent à trouver une valorisation : une partie est exportée vers l'Italie, le reste est congelé en attendant la belle saison, plus propice à la consommation de pièces à griller.

En été, la plus forte valorisation se retrouve sur les arrières : les globes sont exportés vers l'Italie, le déhanché et le milieu de train de côtes restent sur le marché français. Les avants peuvent être valorisés sur le marché allemand ou en VPH sur le marché français, sinon ils sont expédiés vers la Grèce où ils sont toutefois en concurrence avec d'autres origines (Italie où les pièces d'avant sont peu consommées en été, Espagne, Pologne…).

2.2. FORCES ET FAIBLESSES DE L'OFFRE FRANÇAISE SUR LES MARCHÉS EXPORT

En 2020, la France a exporté 201 000 téc de viande bovine, à plus de 80% de la viande de JB. L'Italie reste le premier marché de la viande française avec 31% des volumes, suivie de près par l'Allemagne (23% des volumes) et la Grèce (20%).

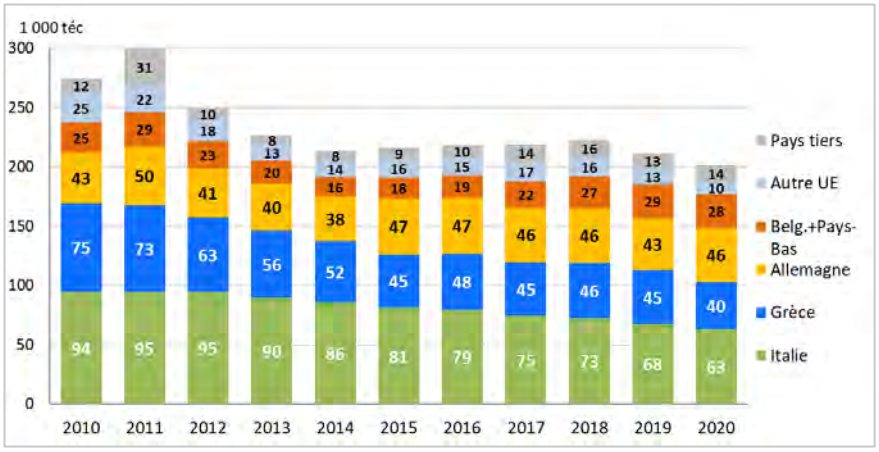


Figure 3 : Exportations françaises de viande bovine réfrigérée et congelée
Source : GEB-Institut de l'Elevage d'après Eurostat

Les importateurs apprécient la qualité et l'homogénéité de la production française, les races à viande françaises sont connues et prisées. La viande de JB convient au goût des consommateurs italiens, grecs et allemands, elle répond à la demande pour de la viande claire et maigre.

2.2.1. Italie et Grèce : la viande française dans le segment supérieur de prix

Les exportations vers les marchés du sud de l'Union Européenne sont en repli depuis plusieurs années, les prix de la viande française sont plus élevés que ceux des concurrents étrangers. La viande polonaise, moins chère, s'est imposée sur ces marchés, et plus récemment la viande espagnole.

Sur le marché grec, très déficitaire, la viande française est de plus en plus concurrencée par les viandes polonaise et espagnole. La production espagnole répond à la demande des boucheries traditionnelles grecques, encore très présentes dans le pays, pour des petites carcasses de bovins de moins de 12 mois. Les animaux sont de bonne conformation et à des prix compétitifs. La Grèce n'est plus l'unique débouché pour les avants de JB français, qui sont aussi valorisés sur le marché allemand ou en haché en France, contribuant à la baisse des volumes expédiés. Par ailleurs, la demande grecque pour des pièces à griller progresse : mais pour répondre à cette demande, les importateurs s'approvisionnent de plus en plus en viandes d'origine américaine, sud-américaine et australienne.

Le marché italien de la viande bovine est structurellement déficitaire et dépendant des importations, qu'elles soient sous forme de viande ou de bovins vivants. La viande française est bien implantée en GMS, en complément du produit « filière » issu de broutards français engraissés en Italie. Mais le marché est tenu par un oligopole de grossistes qui empêchent le contact direct avec les enseignes de GMS. Par ailleurs, les viandes de génisses et de bovins nés, élevés et abattus en Italie (« 4 IT ») ont acquis une place de choix en GMS ces dernières années. La viande espagnole répond à la demande pour de la viande de génisse, plébiscitée pour sa tendreté et le dimensionnement des pièces. La viande française subit également la concurrence de la viande irlandaise, capable de fournir les magasins en catégoriel.

2.2.2. Allemagne : l'offre française devra répondre aux exigences de traçabilité et de qualité

Le recul des envois vers l'Europe du Sud a été compensé par l'augmentation des ventes vers l'Allemagne, qui se sont développées en raison d'un transfert de consommation entre viandes (moins de porc, plus de bœuf) et de la baisse de la production allemande de viande bovine (recul du cheptel laitier et faible présence du cheptel allaitant). La viande bovine française est bien implantée en GMS et chez les grossistes pour la boucherie, notamment halal. Le marché allemand permet une bonne valorisation des carcasses lourdes et des globes, avec une demande relativement constante toute l'année.

La demande allemande devrait se maintenir dans les prochaines années du fait du déclin de l'engraissement et du dynamisme de la consommation. Mais les opérateurs français devront répondre aux exigences de qualité et de traçabilité du marché, notamment sur le bien-être animal et la garantie d'une alimentation sans OGM.

2.2.3. Ouvrir de nouveaux marchés

Il existe des perspectives de valorisation de la viande de jeunes bovins sur les marchés d'Europe du Nord, à condition d'apporter des garanties sur l'impact environnemental et le bien-être animal via des équivalences entre les cahiers des charges français et les référentiels étrangers.

Pour être en mesure de répondre aux quelques gros contrats rémunérateurs vers les marchés méditerranéens, les opérateurs français doivent faire preuve de souplesse et de réactivité car ces contrats sont occasionnels et imprévisibles.

La production française de JB ne fournira qu'un volume limité pour répondre à la demande massive du marché chinois, qui préfère des animaux légers, gras et jeunes, avec surtout une très forte concurrence des pays d'Amérique du Sud et de l'Australie.

2.3. QUELLES PERSPECTIVES POUR LA VIANDE DE JB SUR LE MARCHÉ FRANÇAIS ?

En France, la **restauration collective** est un secteur très hétérogène. Alors que la restauration scolaire et les centres de santé servent davantage de sautés et d'émincés, issus des muscles de l'avant et du globe, les approvisionnements de la restauration d'entreprise assurent un meilleur équilibre carcasse avec en plus des achats de pièces à griller. La RHD collective consomme également d'importants volumes de haché. Les convives consomment plutôt des petites portions de viande, et le prix reste un critère d'arbitrage permanent pour les approvisionnements, même si la restauration d'entreprise peut avoir un peu plus de latitude. Or pour répondre aux exigences de la loi EGALIM, les approvisionnements de la restauration collective doivent monter en gamme. Le « moins mais mieux », par exemple la réduction des achats de produits transformés ou la diversification des sources de protéines, permet de placer une viande plus onéreuse. Mais le JB peinera à répondre d'emblée aux objectifs de la loi EGALIM à l'échelle nationale, car une très faible part de la production est aujourd'hui labellisée. La mise en place de filières

d'engraissement de jeunes bovins locales pourrait toutefois permettre de satisfaire certaines exigences d'EGALIM.

Les approvisionnements de la **restauration commerciale** sont majoritairement composés de pièces à griller et de viande hachée, et dans une moindre mesure de pièces à bouillir. Pour viser des portions consommateur de grammage moyen mais suffisamment épaisses pour supporter tous les types de cuisson, la carcasse ne doit pas être trop lourde afin d'avoir le déhanché milieu train de côtes au diamètre adapté. Les grandes chaines de la RHD commerciale française tendent de plus en plus vers l'origine France. Mais le secteur reste très hétérogène, avec des indépendants qui s'approvisionnent majoritairement avec des viandes d'origine UE voire Mercosur, de façon à limiter les prix de vente. En volume, le JB pourrait répondre à la croissance de la demande des chaînes pour de l'origine France. Toutefois, la viande de JB, peu grasse, ne répond pas toujours aux exigences de cuisson des pièces à griller. En outre, maintenir l'équilibre de valorisation de la carcasse nécessiterait de trouver des débouchés rémunérateurs pour les avants, afin que les arrières soient compétitifs avec la viande d'import.

En **GMS**, la femelle est préférée dans la grande majorité des enseignes. Le JB n'arrive qu'en complément par exemple lors d'opérations ponctuelles de mise en avant d'une pièce. Seules deux enseignes, Match et les magasins Cora de l'Est, ont fait du JB leur fond de rayon en libre-service. La viande de JB y est appréciée pour sa régularité en conformation et en poids. Pas trop grasse et avec un bel aspect, elle convient bien aux barquettes du libre-service. Les opérateurs cherchent tout de même à avoir des pièces avec la couleur la plus rouge possible, et la viande doit être tendre. Le rayon traditionnel de ces magasins est quant à lui approvisionné en viande de femelle Label.

La **boucherie halal** est le débouché phare du JB en France. Alors qu'historiquement les boucheries halal prenaient davantage d'avants, elles prennent de plus en plus de carcasses entières pour répondre à la demande en pièces à griller de la clientèle non musulmane et des nouvelles générations musulmanes. Ce marché est en légère croissance du fait de l'augmentation démographique des musulmans en France. Néanmoins, les boucheries halal tendent à prendre de plus en plus de femelles pour répondre à la demande d'une clientèle de plus en plus diversifiée pour une viande plus rouge et moins maigre.

CONCLUSION

La viande de jeunes bovins pourrait trouver davantage de débouchés sur le marché français. Contrairement à des idées reçues, la couleur claire de la viande de JB ne semble pas être un problème pour le consommateur, les plus réticents restent surtout les commerciaux et les bouchers. Par ailleurs, des animaux jeunes pourraient mieux répondre à la demande des consommateurs pour de la viande tendre et des petites portions. La viande de JB est une viande maigre, qui convient plus pour les pièces à bouillir que pour les pièces à griller. Le développement de l'offre de produit élaborés, pour ouvrir de nouveaux débouchés, nécessite de lever certaines contraintes techniques, en particulier pour la viande hachée fraiche.
La complémentarité des marchés reste essentielle pour permettre une bonne valorisation de la carcasse. Elle repose encore majoritairement sur l'export, qui permet une bonne valorisation des arrières.

Merci aux opérateurs qui ont bien voulu répondre à nos questions et nous fournir leurs données.

GEB - Institut de l'Élevage, Octobre 2015. Où va le bœuf ? Vers Toujours plus de transformation ! Dossier Économie de l'Élevage n°461, 40p.
GEB - Institut de l'Élevage, Novembre 2019. Où va le bœuf ? Vers davantage de restauration hors domicile et toujours plus de transformation, Dossier Économie de l'Élevage n°503, 27p.
Interbev-Idele, Juin 2017. Posters de découpe de carcasses de bœuf, veau, agneau, cheval.

Gains de productivité d'élevages de ruminants en agriculture biologique : la taille et l'autonomie alimentaire des exploitations importent

Productivity gains of organic ruminant farms: farm size and feed self-sufficiency matter

KOUAKOU E. (1,2), VEYSSET P. (2), MINVIEL J.J. (2)
(1) CERDI, UMR 6587 CNRS – UCA, 26 avenue Léon-Blum, F-63000 Clermont-Ferrand
(2) Université Clermont Auvergne, INRAE, VetAgro Sup, UMR Herbivores, F-63122 Saint-Genès-Champanelle

INTRODUCTION

La productivité des exploitations agricoles en agriculture biologique (AB) est interrogée. Nous nous sommes intéressés à l'évolution conjointe de la productivité, des prix, de l'efficience technique et de la profitabilité de systèmes d'élevage en AB au cours du temps, dans le cadre du projet BioRéférence (Pôle Bio Massif central, 2022). Les objectifs de cette étude sont : 1) évaluer les gains de productivité d'exploitations d'élevage de ruminants en AB du Massif central sur le moyen terme (2014-2018), 2) évaluer les déterminants de gains de productivité de ces élevages.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. LE RESEAU D'ELEVAGES

Soixante-dix exploitations certifiées AB, réparties sur l'ensemble du Massif central, ont été suivies annuellement de 2014 à 2018 selon la méthodologie INOSYS-Réseaux d'Elevage. Nous avons constitué et étudié un échantillon constant sur la période de 58 fermes : 16 bovins lait, 13 bovins viande, 11 ovins lait, 10 ovins viande et 8 caprins.

1.2. FORMATION DES GAINS DE PRODUCTIVITE

Nous avons calculé le surplus de productivité global (SPG, (Veysset et Boukriss, 2021) sur les données individuelles des 58 exploitations. Cela nécessite de décomposer la variation de valeur de l'ensemble des produits et charges des exploitations entre deux années, en une variation de prix et en une variation de volume. Les volumes et prix réels unitaires des principaux produits (lait, viande, céréales), ainsi que ceux d'un certain nombre de charges (aliments achetés, travail salarié, foncier en location, charges financières) sont connus. Pour les autres postes, nous avons utilisé les indices de prix fournis par l'INSEE : l'IPPAP (indice des prix des produits agricoles à la production), et l'IPAMPA (indice des prix d'achat des moyens de production agricole). Certains produits et intrants de l'AB ne sont pas concernés par ces indices de prix de l'agriculture conventionnelle, nous avons alors construit nos propres indices en nous basant sur les référentiels produits dans le cadre du projet BioRéférence.

1.3. DETERMINANTS DU SURPLUS DE PRODUCTIVITE GLOBAL

Nous avons cherché à expliquer le sens d'évolution du SPG, positif ou négatif, entre deux années consécutives par un ensemble de variables explicatives n'entrant pas dans son calcul (taille, main-d'œuvre, autonomie alimentaire massique, spécialisation [part du produit animal hors aide sur le produit d'exploitation hors aide], aides publiques) grâce à un modèle économétrique.

2. RESULTATS

En 2014, les 58 fermes exploitaient une SAU moyenne de 89,9 ha (±46,5) avec un collectif de travail de 2,08 UMO (±1,16). Entre 2014 et 2018, elles se sont agrandies de 8,7%, 8,5% et 7,8% respectivement pour leur SAU, main-d'œuvre et taille de troupeau. La productivité animale moyenne est restée stable, alors que les quantités achetées par UGB de fourrages et de concentrés ont augmenté (+5% pour les concentrés). Les charges de structures totales par ha de SAU ont augmenté de 13%. L'EBE/ha SAU et le résultat courant/ha SAU baissent respectivement de 13% (-118 €) et 31% (-154 €). Le résultat courant par unité de main-d'œuvre exploitant chute de 40% (27 462 € en 2014, 17 725 € en 2018).

Le cumul du surplus de productivité global (ou l'évolution cumulée de la productivité globale des facteurs) entre 2014 et 2018 est négatif (-21 640 €, tableau 1), le SPG diminue à un rythme de 2,65 % par an. L'augmentation cumulée du volume des facteurs de production utilisés entre 2014 et 2018 (+31 701 €) a été supérieure à celle du volume de la production (+10 061 €). Parmi les facteurs de production, c'est le volume des achats de consommations intermédiaires qui a le plus augmenté (+17 155 €), l'alimentation achetée étant le poste qui a le plus augmenté (+5 558 €), puis vient la mécanisation (carburant, entretien matériel et travaux par tiers, +4 991 €). L'augmentation des besoins de mécanisation s'est traduite par une augmentation cumulée du volume de capital fixe utilisé équivalente à 7 427 €. Globalement, pour 1 € de volume de facteur de production en plus, le volume de production n'a augmenté que de 0,32 euros.

La variable augmentant le plus la probabilité d'avoir un SPG positif est l'autonomie alimentaire. L'augmentation de la taille des exploitations a un effet négatif, de même que la spécialisation productive des exploitations.

CONCLUSION

Les systèmes de production de ruminants en AB semblent suivre les mêmes tendances structurelles et techniques que celles des systèmes conventionnels (augmentation de la taille, baisse de l'efficience technique), alors qu'ils se distinguent par des prix des produits relativement stables (jusqu'en 2020). Des références statistiquement plus robustes sur les indices des prix des produits et intrants de l'AB, ainsi que des suivis sur long termes d'exploitations agricoles en AB sont nécessaires pour valider ces résultats originaux qui reposent sur un échantillon de petite taille et sur une courte période.

Pôle Bio Massif Central, 2022. https://pole-bio-massif-central.org/nos-projets-de-recherche-et-developpement-en-cours/resultats-du-projet-bioreferences/
Veysset, P., Boukriss, S. 2021. Economie Rurale, 378, 119-135

Variation volume de produits	10 061	Variation volume de facteurs de production	31 701
Produit lait	9 023	Consommations intermédiaires	17 155
Produit viande	869	*dont aliments et fourrages achetés*	*5 558*
Produits autres	169	*dont frais d'élevage et de culture*	*3 012*
		dont mécanisation (carburant, entretien, travaux tiers)	*4 991*
		dont autres fournitures et services	*3 593*
		Capital	7 427
		Foncier	969
		Travail exploitant et salarié	6 150
Surplus de Productivité Globale = -21 640 €			

Tableau 1. Surplus de productivité global (effet volume) cumulé sur la période 2014-2018, en euros constants moyens par exploitation

Rendement marginal des compléments alimentaires dans les exploitations laitières wallonnes

Marginal yield of the dietary complements in Walloon dairy farms

LEFEVRE A. (1), HENNART S. (1), STILMANT D. (1), FROIDMONT E. (1)
(1) Centre wallon de Recherches agronomiques, Rue de Liroux 9 5030 Gembloux – Belgique

INTRODUCTION

Au sein des exploitations laitières spécialisées wallonnes, l'achat d'aliments représente 52 % des charges opérationnelles (DAEA 2020). Dans le contexte actuel de volatilité des prix tant pour les matières premières que pour le lait, la question de la rentabilité de la production et en particulier de l'achat d'aliments se pose pour les agriculteurs. Faut-il nécessairement produire les derniers litres de lait ?

1. MATERIEL ET METHODES

Les bases de données comptables de la DAEA (39 exploitations) et d'Eleveo (56 exploitations) de 2012 à 2018 ont été mobilisées afin de calculer le rendement marginal des compléments alimentaires pour les exploitations laitières spécialisées en Wallonie. Les compléments correspondent à l'ensemble des aliments qui ne sont pas des fourrages à savoir les concentrés mais aussi les coproduits.

Une régression linéaire entre la production laitière standardisée et le log népérien de l'apport en compléments standardisés sur l'énergie nette (à 940 VEM/kg) a été réalisée sur base de 659 comptabilités. L'équation de la courbe a permis de calculer le gain en lait découlant de l'apport de compléments supplémentaires. La marge permise par l'apport de ces compléments supplémentaires a été calculée en prenant en compte le prix de vente du lait et le coût du complément pour chaque année au sein de chaque exploitation. Le niveau maximum d'apport en compléments pour que la production de lait supplémentaire reste rentable a été calculé et comparé à l'apport réel en compléments. Les exploitations ont alors été catégorisées en 4 classes en fonction de l'apport déficitaire ou excédentaire en complément.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

La figure 1 présente le lien entre niveau de production laitière standardisée et quantité de compléments standardisés distribués par vache et par jour. Si globalement la production laitière augmente avec la complémentation, pour un même niveau d'apport en compléments, de fortes disparités existent quant au niveau de production laitière atteint. Réciproquement, la quantité de compléments apportée pour un niveau de production laitière donné varie beaucoup.

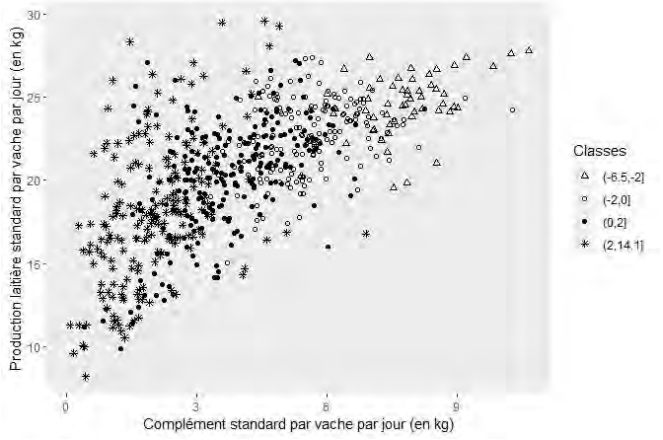


Figure 1 : Production laitière standardisée et quantité de compléments par vache et par jour classée en 4 catégories représentant la différence entre l'apport maximal assurant leur rentabilité et l'apport réel (Classes).

Ces variabilités peuvent notamment s'expliquer par la nature des fourrages apportés. Les exploitations présentant les plus faibles apports en compléments sont majoritairement des exploitations sans apport de maïs avec des productions laitières comprises entre 10 et 25 kg de lait par jour. D'après Delaby et al (2003), des vaches laitières au pâturage sans aucune complémentation produisent de l'ordre de 20 kg de lait par jour.

L'équation de la courbe ; $Production\ laitière = 3{,}92 \times \ln(quantité\ de\ compléments) + 15{,}8$; présente un R² de 0,45. Les différences entre les apports théoriques de compléments pour que la production de lait supplémentaire reste rentable et les apports réels en compléments varient de - 6,5 à 14,1 kg. Les exploitations présentant une différence négative apportent, d'un point de vue économique, trop de compléments dans leur ration là où les exploitations avec une différence positive pourraient en apporter plus.

La figure 1 montre que 61,3% des exploitations apportent des compléments à la limite de leur rentabilité (classes [-2 ; 0[et [0 ; 2[).Au sein de ces deux classes, les exploitations de type maïs représentent 75,9 à 91,3 % des exploitations avec un chargement moyen de 3,0 UGB par hectare de SFP (Tableau 1). 8,5 % des exploitations distribuent trop de compléments (classe [-6,5 ; -2[), et ce de manière non-rentable. Elles sont parmi celles qui ont les plus hauts niveaux de production laitière et niveaux de chargement. Dans cette classe, l'apport en compléments non-rentable engendre des pertes économiques moyennes de 1,70 € par vache et par jour (min : 0,74 € ; max : 3,61 €). La part des exploitations de type maïs y est plus importante que dans les autres. A l'inverse, la part des exploitations de type herbe au sein de la classe [2 ; 14,1[est plus élevée avec un niveau de chargement plus faible. L'herbe est un fourrage mieux équilibré en terme d'énergie et de protéine que l'ensilage de maïs, et un plus faible chargement permet une meilleure valorisation de l'herbe disponible.

CONCLUSION

Cette approche permet d'analyser la rentabilité économique de la complémentation et ainsi d'amorcer une discussion avec l'éleveur en quête d'une meilleure adéquation entre la ration de ses vaches laitières, ses objectifs de production et la rentabilité économique de son atelier.

Classes	n	Lait (kg/j)	Type herbe, %	Type maïs, %	UGB/ha SFP
[-6,5 ; -2[	56	24,6	5,4%	94,6%	3,4
[-2 ; 0[	172	22,6	8,7%	91,3%	3,3
[0 ; 2[	232	20,3	24,1%	75,9%	2,8
[2 ; 14,1[	199	18,1	42,7%	57,3%	2,5

Tableau 1 : Type d'exploitation au sein de chaque classe et chargement par hectare de surface fourragère principale (SFP) associé.

Cette recherche a été financée par les fonds issus de la déduction du précompte professionnel accordée aux institutions de recherche (Loi Moerman) – projet EFFORT, CRA-W

Delaby L., Peyraud J.L., Delagarde R. 2003. INRA Prod. Anim. 16(3), 183-195.

Direction de l'Analyse économique agricole (DAEA), 2020. In SPW Edition. Evolution de l'économie agricole et horticole de la Wallonie.

Reproduction

Existe-t-il un profil d'état corporel optimal favorable à la reproduction des vaches laitières ?

DEZETTER C. (1), BIDAN F. (2), DELABY L. (3), BLANC F. (4), FRERET S. (5), BEDERE N. (3)
(1) Ecole Supérieure d'Agricultures, USC 1481 URSE, INRAE, 49007 Angers, France
(2) Institut de l'Elevage, 149, rue de Bercy, 75595 Paris Cedex 12, France
(3) PEGASE, INRAE, Institut Agro, 35590 Saint Gilles, France
(4) Université Clermont Auvergne, INRAE, VetAgro Sup, UMR Herbivores, 63122 Saint-Genes-Champanelle, France
(5) CNRS, IFCE, INRAE, Université de Tours, PRC, 37380 Nouzilly, France

RESUME - L'objectif de ce travail (projet CowPILOT, CASDAR 2019-2022) est d'étudier les relations entre les performances de reproduction et les profils individuels d'état corporel, en mobilisant les données de vaches de race Holstein (HO) et Normande (NO) de six fermes expérimentales. Seules les lactations de vaches inséminées au moins une fois et avec 5 notes d'état corporel (NEC), mesurées pendant 210 jours post partum, ont été retenues pour analyser les profils de NEC, soit 1 685 lactations de vaches HO et 482 lactations de vaches NO. Les évènements de reproduction (dates d'insémination et dates de vêlage), les performances de production (production laitière cumulée et maximale sur 44 semaines, TB et TP moyen sur 44 semaines) et les évènements sanitaires en lien avec la reproduction ont été enregistrés. Des classes de profils individuels de NEC ont été établies par race en utilisant une ACP sur 9 variables : 5 variables de NEC estimées à des stades fixes (vêlage, 28 j, 56 j, 98 j et 210 j post-partum) et 4 variables de variation de NEC entre ces stades. Des analyses de variance ont ensuite été réalisées pour identifier l'effet des profils de NEC sur les performances de reproduction et de production laitière. En moyenne, la production laitière totale est de 7 491 kg (± 1 816 kg) en race HO et de 5 532 kg (± 1 345 kg) en race NO. Le taux de vêlage global de 73 % (55 % à 88 %) en race HO et de 70% (68% à 73%) en race NO. Quatre profils de NEC ont été identifiés en race HO et trois en race NO. En race HO, un profil dit « maigre » a été identifié avec un taux de vêlage global plus dégradé que pour les trois autres profils. En race NO, un profil avec une bonne NEC et sans mobilisation a été identifié avec un taux de vêlage après la 1ère insémination inférieur à celui des deux autres profils. Un grand nombre de vaches de race HO changent de classe de profil de NEC entre deux lactations successives. Cependant, 67 % des vaches HO du profil dit « maigre » restent dans le même profil lors de la lactation suivante. En conclusion, les profils identifiés sont cohérents avec ceux décrits par une précédente étude dans des élevages commerciaux (Ponsart *et al*, 2006). Des vaches trop maigres ou sans aucune perte d'état, présentes respectivement en race HO et NO, ont plus de probabilité d'échouer lors de la mise à la reproduction. Les différences de performance de reproduction restent cependant de faible ampleur entre les profils de NEC ce qui confirme que les échecs de reproduction sont d'origine multifactorielle.

Is there an optimal body condition profile for reproduction in dairy cows?

DEZETTER C. (1), BIDAN F. (2), DELABY L. (3), BLANC F. (4), FRERET S. (5), BEDERE N. (3)

SUMMARY - This work aimed to study the relationships between reproductive performance and different and individual body condition profiles. Data from 6 French experimental farms with Holstein (HO) or Normande (NO) cows were used. Only lactations of cows inseminated at least once and with at least 5 body condition score (BCS) to estimate a BCS profile were used, i.e. 1685 lactations of HO cows and 482 lactations of NO cows. Artificial insemination (AI) and successive calving dates, total and maximum milk yield, average fat plus protein, and sanitary events related to reproduction were recorded. BCS profiles were established by breed using a PCA on 9 variables: 5 BCS variables at fixed stages (calving, then 28 d, 56 d, 98 d, and 210 d postpartum) and 4 variables of BCS variation between these stages. Then, variance analyses were performed to identify differences between BCS profiles for productive and reproductive performance. Total milk yield averaged 7,491 kg (± 1,816 kg) in HO breed and 5,532 kg (± 1,345 kg) in NO breed. Total calving rate averaged 73% (from 55% to 88%) in HO breed and 70% (68% to 73%) in NO breed. Four BCS profiles were identified in the HO breed and 3 in the NO breed. In the HO breed, a "lean" profile was identified with a total calving rate lower than for the other three profiles. In the NO breed, a "fat" profile was identified with a lower calving rate at first AI than the other two profiles. A large number of HO cows change of BCS profile between two successive lactations. However, 67% of HO cows in the "lean" profile remain in the same profile in the next lactation. In conclusion, the profiles identified were consistent with previous observations in commercial herds (Ponsart *et al*., 2006). Cows that were too thin or too fat, present in HO and NO breeds respectively, were more likely to fail at breeding. However, the differences in reproductive performance were small between BCS profiles and showed that reproductive failure is multifactorial.

INTRODUCTION

La reproduction des animaux est une étape-clé en élevage car sa réussite conditionne la production de lait et de viande, permet le renouvellement des troupeaux et l'évolution génétique d'une génération à l'autre. Les vaches laitières ont vu leur aptitude à se reproduire se dégrader jusqu'à atteindre une situation préoccupante : le délai de reprise de l'activité ovarienne post partum s'allonge, la proportion d'animaux avec des anomalies de cyclicité est élevée, la durée et l'intensité des chaleurs diminuent et la fertilité se dégrade (Royal *et al*., 2000 ; Friggens *et al*., 2010). Les performances de reproduction dans les élevages laitiers sont influencées par des facteurs associés aux animaux, comme le niveau de production laitière, mais aussi par les pratiques d'élevage (Lucy, 2001 ; Walsh *et al*, 2011).

Parmi les facteurs de variation de la fertilité (pour revue Walsh *et al*. 2011), l'état nutritionnel et le métabolisme des femelles (en relation avec le niveau de production laitière et l'état

corporel) avant/pendant la mise à la reproduction et pendant le début de la gestation ont des effets importants sur la croissance folliculaire et la maturation ovocytaire dans l'ovaire (pour revue Scaramuzzi *et al*. 2011) puis sur le développement embryonnaire (pour revue Diskin and Morris 2008) et l'environnement utérin. En outre, les données de l'observatoire de la reproduction des bovins en France (Bidan *et al.*, 2018, www.reproscope.fr) montrent une grande variabilité des résultats de reproduction entre exploitations, confortant ainsi l'idée qu'au-delà du niveau animal, le pilotage de la reproduction par les éleveurs est déterminant. Plusieurs revues bibliographiques ou méta-analyses suggèrent l'existence d'un profil idéal de note d'état corporel (NEC) pour préserver les performances de reproduction (Royal *et al*., 2000 ; López-Gatius *et al*., 2003 ; Chagas *et al*., 2007 ; Friggens *et al*., 2010 ; Bedere *et al*., 2018). En France, Cutullic *et al*. (2012) ont montré chez des vaches laitières (Holstein et Normande) que la gestion des réserves corporelles a des effets sur la cyclicité, la fécondation et le développement embryonnaire précoce, tandis que le niveau et la dynamique de production laitière impactent l'oestrus et le développement embryonnaire tardif. Ces résultats concordent avec ceux d'une étude menée dans 10 élevages commerciaux et ayant montré que certaines trajectoires d'évolution de l'état corporel (notamment entre 0-30 j ou 0-60 j après vêlage), ainsi que les profils de production laitière, étaient associés à des performances de reproduction contrastées (délai de mise à la reproduction, profil de cyclicité, risque de non-fécondation/mortalité embryonnaire précoce ; Fréret *et al*., 2005 ; ; Dubois *et al*., 2006 ; Ponsart *et al*., 2006). Ce constat a également été fait dans l'étude d'Ollion *et al*. (2016) sur les données des sites expérimentaux INRAE de Mirecourt et du Pin-au-Haras.

L'objectif de ce travail, réalisé dans le cadre du projet CowPILOT (2019-2022), a été d'étudier les relations entre performances de reproduction et profils individuels d'état corporel, afin de tester la pertinence d'une prédiction de ces performances de reproduction à partir des profils de NEC.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. CONSTRUCTION DE LA BASE DE DONNEES

Les données de production, de reproduction et d'état corporel (NEC) proviennent des vaches de race Holstein (HO) et Normande (NO) de 3 fermes expérimentales INRAE (Pin-au-Haras, Méjusseaume et Orcival), et de 3 fermes du réseau F@RM XP (Blanche Maison, Trinottières et Trévarez). Les fermes du Pin-au-Haras et de Trévarez se caractérisent par des expérimentations systèmes, conduisant ainsi deux lots de vaches comme deux troupeaux distincts : un « lot Bas » ne recevant aucun apport de concentré et un « lot Haut » recevant 4 kg concentré/j, pour le Pin-au-Haras ; un lot vêlage d'automne (« Trévarez Automne ») et un lot vêlage de printemps (« Trévarez Printemps ») pour Trévarez.

Seules les lactations de vaches inséminées au moins une fois et pour lesquelles nous disposions d'un minimum de 5 enregistrements de NEC (échelle 0-5 ; même grille pour les deux races ; Bazin *et al*., 1984) entre le vêlage et 210 j de lactation (dans certaines fermes les mesures de NEC n'étaient pas enregistrées sur toute l'année) ont été utilisées, soit 1 685 lactations en race HO (issues de 948 vaches) et 482 lactations en race NO (issues de 244 vaches ; Tableau 1). Une NEC hebdomadaire, à stade fixe entre le vêlage et 210 j de lactation, a été obtenue à l'aide d'une spline d'interpolation (R Core Team, 2021) à partir des NEC mesurées. Afin d'homogénéiser les données entre élevages, les NEC hebdomadaires ont été centrées intra ferme expérimentale puis recalculées en ajoutant la moyenne générale des NEC (toutes fermes confondues).

Les évènements de reproduction (dates d'insémination (IA) et dates de vêlages), les performances de production (production laitière cumulée (PL44s) et maximale (PLmax), TB et TP moyen sur 44 semaines) et les évènements sanitaires en lien avec la reproduction (césarienne, métrite, vêlage difficile, retournement de matrice, etc.) ont été enregistrés. Pour 721 lactations HO (325 pour Le Pin-au-haras, 150 pour Méjussaume, 246 pour Trinottières) et 414 lactations NO (fermes du Pin-au-Haras, de Méjussaume et des Trinottières), des données concernant la cyclicité post-partum étaient disponibles (dosages de progestérone réalisés dans le lait) permettant de calculer le délai de reprise de cyclicité et de qualifier les cycles ovariens (normaux ou anormaux, Disenhaus *et al*, 2008).

1.2. DETERMINATION DES PROFILS DE NEC

Pour chaque race, des classes de profils individuels de NEC ont été établies, grâce à la réalisation d'une analyse en composantes principales (ACP) sur 9 variables : 5 variables de NEC à stades fixes (vêlage, puis 28 j, 56 j, 98 j et 210 j post-partum) et 4 variables d'évolution de NEC entre ces stades. Une classification ascendante hiérarchique a été réalisée à partir des 5 axes de l'ACP. Le nombre de classes a été déterminé au regard du saut d'inertie (R Core Team, 2021).

Nombre de lactations	Holstein	Normande
Total	**1 685**	**482**
La Blanche Maison		68
Le Pin-au-haras, lot Haut	169	208
Le Pin-au-haras, lot Bas	156	206
Méjussaume	150	
Orcival	98	
Trinottières	257	
Trévarez Automne	497	
Trévarez Printemps	358	
Primipares	787	183
Multipares	898	299

Tableau 1 Répartition des lactations par ferme expérimentale et par parité

1.3. EVOLUTION DU PROFIL DE NEC ENTRE LACTATIONS SUCCESSIVES

L'évolution du profil de NEC pour une même vache entre deux lactations successives a été étudié à l'aide d'un diagramme de Sankey. En race Holstein, 716 lactations étaient suivies d'une deuxième lactation, indépendamment de leur rang. En race Normande, 230 lactations étaient suivies d'une deuxième lactation. La concordance des profils entre deux lactations successives a été testée à l'aide du degré de concordance de Kappa avec le logiciel R Core Team (2021).

1.4. COMPARAISON DES PERFORMANCES DE PRODUCTION LAITIERE ET DE REPRODUCTION ENTRE PROFILS DE NEC

Les variables de production laitière ont été mises en relation avec les profils de NEC. Pour chaque variable, une analyse de variance a été réalisée afin d'estimer les moyennes ajustées pour les différents profils en tenant compte d'un effet aléatoire « troupeau_année ».

Les troupeaux étudiés ont une conduite des vêlages qualifiée de groupés (de 3 à 5 mois). Le groupement des vêlages implique une période de mise à la reproduction bornée par une date de début et de fin de campagne d'insémination, commune à toutes les vaches du troupeau. Il existe donc pour les vaches qui vêlent tôt, un délai d'attente allongé entre leur vêlage et la première insémination possible (interdiction d'inséminer avant). C'est pourquoi la variable « intervalle vêlage-IA possible » est utilisée comme covariable dans les modèles décrits plus loin.

Concernant la reproduction, deux types de variables ont été étudiés : des variables binaires de type succès/échec (taux de vêlage après l'IA1 et taux de vêlage global, c'est-à-dire quel que soit le rang d'IA) et des variables quantitatives, correspondant à des intervalles de temps entre deux évènements (intervalles vêlage-IA1 (IVIA1) et vêlage-vêlage (IVV)). Pour les taux de vêlage et la proportion de vaches avec un profil de cyclicité normal, un modèle de régression

logistique a été proposé afin d'estimer les odd ratio par profil de NEC (les pourcentages observés, et non ajustés, sont indiqués dans les tableaux 2 et 3). Pour les intervalles (IVIA1 et IVV) et le délai de reprise de cyclicité (transformé en logarithme népérien afin de normaliser la donnée), une analyse de variance a été réalisée afin d'estimer les moyennes ajustées par profil de NEC. Le logiciel R Core Team (2021) a été utilisé pour ces analyses.

2. RESULTATS

2.1. PRODUCTION LAITIERE, RESULTATS DE REPRODUCTION ET NEC A STADE-FIXE

Les performances de production laitière, de reproduction et les NEC à stade-fixe sont décrites dans le tableau 2, pour les vaches Holstein et Normande.

	Holstein	Normande
Production laitière		
PL44s (kg)	7 491 ±1 816	5 532 ±1 345
PLmax (kg)	32,9 ±7,7	26,5 ±7,3
TB (g/kg)	39,9 ±4,6	40,9 ±3,4
TP (g/kg)	31,9 ±2,0	33,6 ±2,0
Reproduction		
Taux de vêlage après l'IA1 (%)	40	42
Taux de vêlage global (%)	73	70
IVIA1 (j)	83 ±24	76 ±23
IVV (j)	380 ±31	378 ±32
Note d'état corporel (0-5)		
Vêlage	2,95 ±0,49	3,10 ±0,60
28 j post partum	2,36 ±0,52	2,88 ±0,60
56 j post partum	2,24 ±0,50	2,74 ±0,62
98 j post partum	2,21 ±0,52	2,67 ±0,62
210 j post partum	2,36 ±0,52	2,74 ±0,63

Tableau 2 Performances de production laitière, de reproduction et NEC à stade-fixe par race de vaches (exprimés en moyenne ajustée ± écart-type, ou pourcentage observé)

2.2. PROFILS D'EVOLUTION DE NEC ENTRE LE VELAGE ET 210 JOURS POST-PARTUM

Quatre profils de NEC ont été identifiés en race Holstein et 3 en race Normande. En race Holstein (figure 1a), les profils sont distingués par la NEC moyenne au vêlage (2,60 pour les profils NECvêl-/perte+ et NECvêl-/perte++ et 3,30 pour les profils NECvêl+/perte+ et NECvêl+/perte++) et deux pentes de pertes d'état entre le vêlage et 56 j post partum (faible perte : <0,5 point de NEC pour les profils NECvêl-/perte+ et NECvêl+/perte+ ; forte perte : -1,0 point de NEC pour NECvêl-/perte++ et NECvêl+/perte++). Les vaches de la ferme de Méjussaume se retrouvent majoritairement dans la classe NECvêl-/perte+, ce qui parait cohérent avec la conduite alimentaire de ce troupeau (une alimentation en ration complète raisonnée par rapport aux besoins d'une vache en milieu de lactation pour Méjussaume). En revanche pour les autres fermes, la répartition des individus dans les divers profils est plus équilibrée même si très peu de vaches du lot Haut et du lot Bas du Pin-au-haras se retrouvent respectivement dans le profil NECvêl-/perte++ et NECvêl+/perte+. La proportion de vaches multipares est plus importante dans les profils NECvêl-/perte++ et NECvêl-/perte+ (73 % et 60 %, respectivement) que dans les profils NECvêl+/perte++ et NECvêl+/perte+ (43 % et 39 %, respectivement). En race Normande (figure 1b), un profil présente une valeur de NEC stable au cours de la lactation (autour 3,55 pour NECvêl+/perte0), un profil présente une NEC au vêlage faible (autour de 2,30) et une perte modérée en début de lactation (NECvêl-/perte+), le dernier profil (NECvêl+/perte++) se différencie par une perte lente entre le vêlage (NEC de 3,44) jusqu'à 98 j post partum (NEC de 2,68). Le nombre de lactations dans le profil NECvêl+/perte0 est plus faible que dans les deux autres, avec une proportion de primipares plus importante (45 % vs 38 % et 34 % dans les profils NECvêl-/perte+ et NECvêl+/perte++, respectivement) (Tableau 3). Si on retrouve des individus de toutes les fermes dans les trois profils, le profil NECvêl-/perte+ est constitué à 59 % des vaches du lot Bas du Pin-au-Haras et le profil NECvêl+/perte0 à 70 % des vaches du lot Haut du Pin-au-Haras.

2.3. EVOLUTION DU PROFIL DE NEC ENTRE LACTATIONS SUCCESSIVES

Chez les vaches HO (Figure 2a), le degré de concordance du profil de NEC entre deux lactations successives est de 0,22, ce qui signifie qu'un grand nombre d'individus changent de classe de profil de NEC entre deux lactations successives. Cependant, 67 % des vaches du profil NECvêl-/perte++ restent dans ce profil lors de la lactation suivante. Les vaches du profil NECvêl-/perte+ sont caractérisées par une reprise d'état corporel en fin de lactation, qui se traduit par le fait que 39 % des vaches ce profil passent dans les profils NECvêl+/perte++ et NECvêl+/perte+ (profils caractérisés par une NEC au vêlage plus élevée) lors de la lactation suivante. En revanche, 63 % des vaches du profil NECvêl+/perte++ se retrouvent dans les profils avec NEC au vêlage faible lors de la lactation suivante. Chez les vaches NO (Figure 2b), le degré de concordance du profil de NEC entre deux lactations successives est de 0,33. Dans cette race, plus de 50 % des vaches d'un profil de NEC restent dans le même profil lors de la lactation suivante (63 % pour le profil NECvêl-/perte+, 53 % pour NECvêl+/perte++ et 51 % pour NECvêl+/perte0).

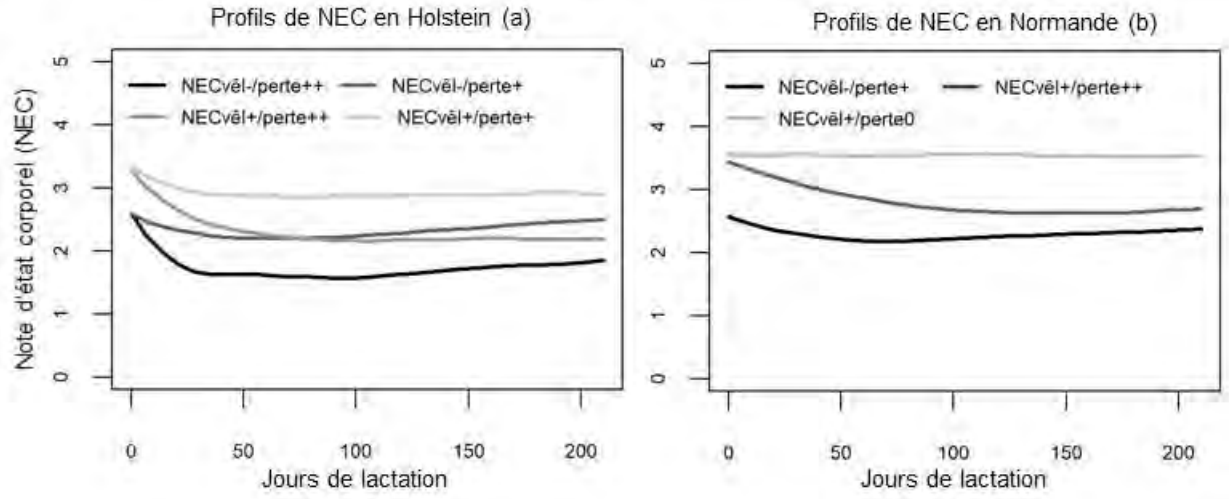


Figure 1 Evolution de la note d'état corporel au cours de la lactation en fonction du profil de NEC dans les races Holstein (a) et Normande (b)

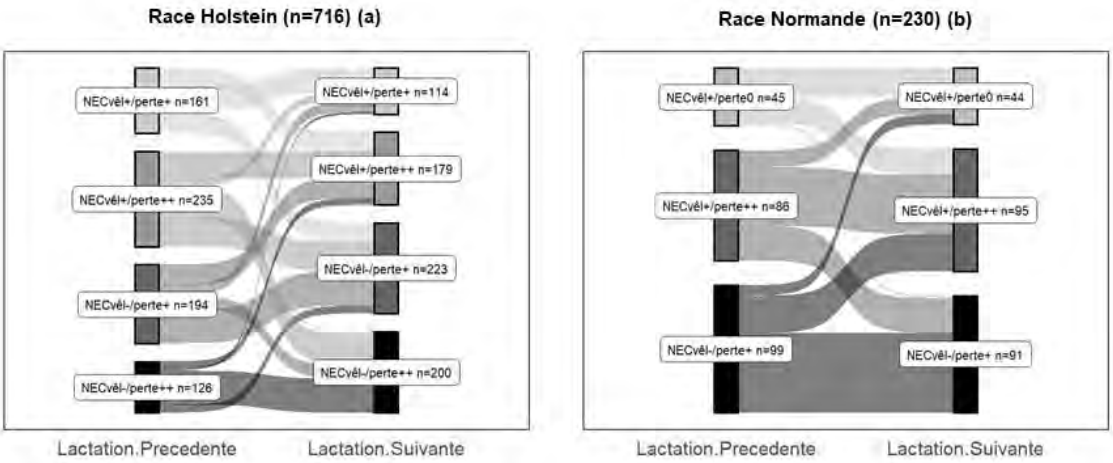


Figure 2 Evolution du profil de NEC des vaches entre deux lactations successives, quel que soit le rang de la 1ère lactation considérée, en race Holstein (a) et en race Normande (b)

	Holstein				Normande		
Profil de NEC	**NECvêl-/ perte++**	**NECvêl-/ perte+**	**NECvêl+/ perte++**	**NECvêl+/ perte+**	**NECvêl-/ perte+**	**NECvêl+/ perte++**	**NECvêl+/ perte0**
Effectif PL et reproduction	***353***	***489***	***491***	***352***	***200***	***180***	***102***
PL44s (kg)	7 792 a	7 291 b	73 19 b	6 963 c	5 178 a	5 869 b	5 664 b
PLmax (kg)	34,8 a	32,2 b	32,7 b	30,6 c	24,2 a	28,8 b	26,9 b
TB (g/kg)	39,2 a	40,0 ab	39,8 ab	40,2 b	40,6 a	40,6 a	42,0 b
TP (g/kg)	31,3 a	32,1 b	31,5 a	32,5 c	33,3 a	33,1 a	34,9 b
Taux de vêlage après IA1 (%)	39	38	43	41	44	46	32
OR (IC)	*0,9 (0,6-1,1)*	*0,8 (0,6-1,1)*	*1*	*1 (0,7-1,3)*	*0,9 (0,6-1,4)*	*1*	*0,6 (0,3-0,9)*
Taux de vêlage global (%)	68	77	71	75	72	72	64
OR (IC)	*0,6 (0,5-0,9)*	*1 (0,7-1,4)*	*0,8 (0,6-1,1)*	*1*	*1*	*1 (0,6-1,6)*	*0,7 (0,4-1,1)*
IVIA1 (j)	85,1 b	83,1 ab	80,7 a	82,3 ab	82,0 b	72,1 a	71,7 a
Effectif IVV	***241***	***370***	***347***	***263***	***144***	***130***	***65***
IVV (j)	380 ab	383 b	377 a	379 ab	382 b	373 a	377 ab
Effectif cyclicité	***121***	***306***	***162***	***132***	***169***	***155***	***90***
Délai reprise de cyclicité (j)	26,8 b	24,8 b	23,6 ab	20,7 a	27,4 a	28,2 a	29,7 a
Profils normaux (%)	46	62	55	69	79	72	59
OR (IC)	*0,4 (0,2-0,7)*	*0,7 (0,5-1,2)*	*0,6 (0,4-0,9)*	*1*	*1*	*0,7 (0,4-1,2)*	*0,4 (0,2-0,7)*

Tableau 3 Performances de production laitière (PL) et de reproduction selon le profil de NEC, exprimées en moyennes ajustées pour les variables quantitatives et en pourcentages observés + odds ratios estimés (avec intervalle de confiance à 95%) pour les variables binaires. Sur une même ligne, des lettres différentes (a *vs* b) indiquent une différence significative (P ≤ 0,05).

2.4. PERFORMANCES DE PRODUCTION ET DE REPRODUCTION SELON LES PROFILS DE NEC

En race Holstein (Tableau 3), les individus du profil NECvêl-/perte++, produisent plus de lait cumulé que les individus des autres profils, avec une production laitière maximale plus élevée. Ces individus ont un taux de vêlage global inférieur à celui des autres profils (odds ratio de 0,6), ont une reprise de cyclicité plus tardive (+26,8 jours) avec une fréquence de profils de cyclicité normaux plus faibles (odds ratio de 0,4), l'anomalie de cyclicité la plus fréquente étant du type « reprise de cyclicité retardée » (43 % des profils anormaux). Au contraire, les individus du profil NECvêl+/perte+ ont des productions laitières cumulées et maximale inférieures mais un TP supérieur. Ces individus ont un délai de reprise de cyclicité précoce (20,7 jours) et une fréquence de profils de cyclicité normaux élevée. Les vaches du profil NECvêl-/perte+ sont intermédiaires pour les caractères de production laitière, ont un taux de vêlage correct mais avec un intervalle vêlage-vêlage long comparé aux vaches du profil NECvêl+/perte++. Ces dernières ont également une production laitière intermédiaire, un taux de vêlage également correct avec l'IVV le plus court, même si elles présentent beaucoup d'anomalies de cyclicité (odds ratio de 0,6), de type « phase lutéale prolongée » (39 % des anomalies) ou « reprise de cyclicité retardée » (37 % des anomalies).

En race Normande (Tableau 3), les vaches du profil NECvêl-/perte+ produisent moins de lait (PL44s et PLmax) que les vaches des autres profils. Avec un délai de mise à la reproduction (IVIA1) le plus élevé, le délai pour obtenir une gestation est plus long pour ces vaches que pour celles du profil NECvêl+/perte++. Les vaches du profil NECvêl+/perte0 ont des taux de matière utile (TB et TP) plus élevés que les vaches des autres profils. Leur taux de vêlage après l'IA1 est inférieur à celui des autres profils (odds ratio de 0.6) et la proportion de profils de cyclicité anormaux est plus élevée chez les vaches de ce profil, l'anomalie de cyclicité la plus fréquente étant de type « phase lutéale prolongée » (46 % des profils anormaux). Les vaches du profil NECvêl+/perte++ ont une production laitière élevée (PL44s et PLmax) comme le profil NECvêl+/pert0, alors qu'elles se rapprochent de celles du profil Necvêl-/perte+ pour les taux. En ce qui concerne la reproduction, elles ont des taux de vêlage à l'IA1 et une proportion de profils de cyclicité normaux élevés comme les vaches du profil NECvêl-/perte+, avec un délai de mise à la reproduction court comme les vaches du profil NECvêl+/perte0.

3. DISCUSSION

Les quatre profils identifiés en race Holstein sont similaires aux quatre profils identifiés lors d'une étude précédente sur des vaches Holstein dans des troupeaux commerciaux (Ponsart *et al*. 2006). En race Normande, l'état corporel des vaches est globalement plus élevé qu'en race Holstein et dans cette race se dégage un profil de vaches qui ne mobilisent aucune réserve corporelle tout au long de la lactation. L'impact du profil de variation d'état corporel au

cours de la lactation n'a pas été le même en fonction de la race. Chez les vaches Normande sans mobilisation au cours de la lactation et une NEC au vêlage élevée, la cyclicité est altérée, avec une probabilité d'avoir une anomalie de cyclicité plus importante que pour les vaches des autres profils. Ceci est en cohérence avec les résultats obtenus par Cutullic *et al*. (2012) sur une partie des données du Pin-au-Haras. Même si cela n'altère pas le délai de mise à la reproduction, cela impacte négativement la probabilité de vêlage après la 1ère insémination qui est plus faible. Le profil NECvêl+/perte++, bien que perdant de l'état au cours de la lactation et ayant une production laitière élevée, montre de bonnes performances de reproduction. Ces résultats rejoignent ceux de Bedère *et al*. (2017), pour lesquels la proportion des vaches Normandes du lot Haut du Pin-au-Haras qui ont revêlé, a été plus faible pour celles sélectionnées sur leur index taux de matières utiles que pour celles sélectionnées sur leur index Lait. Chez les vaches Holstein, les profils avec une NEC au vêlage faible (NECvêl-/perte++ et NECvêl-/perte+) ont eu un délai de reprise de cyclicité plus long que les vaches du profil NECvêl+/perte+ (26,8 j et 24,8 j vs 20,7 j, respectivement). Bédère *et al*. (2018) ont montré qu'il existait une relation quadratique entre la NEC au vêlage et le délai de reprise de cyclicité au détriment des NEC très faibles au vêlage (inférieures à 2,5). De plus, les vaches des profils perdant de l'état en début de lactation ont une probabilité d'avoir une cyclicité anormale plus élevée que les vaches avec une perte modérée. Pour le profil NECvêl-/perte++, les profils de cyclicité anormaux sont majoritairement des profils avec reprise de cyclicité retardée. L'étude de Santos *et al*. (2004) sur des vaches de race HO, a montré que lorsque la NEC à 70 j post partum est inférieure à 2,5, la proportion de vaches en anovulation est supérieure à 30 %. Bien que présentant respectivement, soit une reprise de cyclicité plus tardive soit une fréquence d'anomalie de cyclicité plus élevée, les vaches HO des profils NECvêl-/perte+ et NECvêl+/perte++ ont eu des performances de reproduction correctes en comparaison aux vaches présentant un profil de NEC qualifié de bon au regard de la littérature (NECvêl+/perte+ ; Bedere *et al*., 2018). En revanche, les vaches du profil NECvêl-/perte++ ont une probabilité de vêlage plus faible que les vaches des autres profils, impactée par un délai de mise à la reproduction élevé. Leur IVV est semblable à celui des autres profils en raison des conduites en vêlages groupés pratiquées dans les fermes expérimentales de l'étude. Tout comme dans l'étude de Ponsart *et al*. (2006), les vaches ayant un état insuffisant au vêlage et perdant beaucoup d'état en début de lactation restent souvent dans ce profil lors de la lactation suivante. Pour les vaches avec une NEC au vêlage faible, limiter la perte d'état en début de lactation semble permettre de bonnes performances de reproduction au cours de la lactation considérée et augmente les chances de démarrer la lactation suivante avec une NEC au vêlage correcte. En revanche, les vaches avec une NEC au vêlage correcte mais une perte d'état importante en début de lactation ont de grandes chances d'avoir une NEC faible au vêlage suivant.

CONCLUSION

Cette étude a permis d'identifier quatre profils de NEC en race Holstein et trois en race Normande. En race Holstein, le profil le plus « maigre » correspond aux vaches les plus productrices (+800 kg de lait en moyenne sur 44 semaines par rapport au profil des vaches en meilleur état corporel). Les vaches de ce profil ont également un risque plus important de présenter des anomalies de cyclicité en post-partum et des échecs de reproduction. En race Normande, contrairement à la race Holstein, le profil le plus « maigre » correspond aux vaches les moins productives et ces vaches ont de bonnes performances de reproduction. En revanche les vaches du profil sans perte d'état ont un risque accru de présenter une anomalie de cyclicité et de présenter un échec de gestation après une IA.

Les différences de performance de reproduction restent cependant de faible ampleur entre les profils et confirme que les échecs de la reproduction sont d'origine multifactorielle et difficiles à prédire uniquement sur la base des profils de NEC. En revanche, il semble intéressant de piloter la NEC pour améliorer les performances de reproduction des vaches HO du profil NECvêl-/perte++, ainsi que des vaches NO du profil NECvêl+/perte0, notamment pour les orienter vers un profil de NEC moins à risque lors de la lactation suivante. En outre, il pourrait être intéressant de regarder les liens entre profils de courbes de lactation et profils de NEC, en complément de la production laitière totale et maximale (Dubois *et al*. 2006).

Les auteurs remercient le personnel des fermes expérimentales qui ont contribué à la collecte de données et la contribution financière du CASDAR.

Bedere, N., Cutullic, E., Delaby, L., *et al*. 2018. Livest Sci., 210, 73-84.
Bedere, N., Disenhaus, C., Ducrocq, V., *et al*. 2017. J. Dairy Sci., 100, 2812-2827.
Bidan, F., Le Mézec, P., Dimon, P., *et al*. 2018. Renc. Rech. Rum., 24, 402.
Chagas, L., Bass, J., Blache, D., *et al*. 2007. J. Dairy Sci., 90, 4022–4032.
Cutullic, E., Delaby, L., Gallard, Y., Disenhaus, C. 2012. Animal, 6, 476-487.
Disenhaus, C., Cutullic, E., Blanc, F., *et al*. 2008. Renc. Rech. Rum., 15, 383-386.
Diskin M. and Morris D. 2008. Reproduction Domestic Animals 43 (Suppl. 2), 260–267.
Dubois P., Fréret S., Charbonnier G., *et al*. 2006. Renc. Rech. Rum., 13, 295.
Fréret S., Charbonnier G., Congnard V., *et al*. 2005. Renc. Rech. Rum., 12, 149-152.
Friggens, N., Disenhaus, C., Petit, H. 2010. Animal, 4, 1197-1213.
López-Gatius, F., Yániz, J., Madriles-Helm, D. 2003. Theriogenology, 59, 801–12.
Lucy, M.C. 2001. J. Dairy Sci., 84, 1277-1293.
Madureira, A., Silper, B., Burnett, T., *et al*. 2015. J. Dairy Sci., 98, 7003-7014.
Ollion, E., Ingrand, S., Delaby, L., *et al*. 2016. Livest. Sci., 183, 98–107.
Ponsart, C., Leger, T., Dubois, P., *et al*. 2006. Renc. Rech. Rum., 13, 288.
Royal, M., Mann, G., Flint, A. 2000. Vet. J., 160, 53-60.
Santos, J., Juchem, S., Cerri, R., *et al*. 2004. J. Dairy Sci., 87, 868-881.
Scaramuzzi R., Baird D., Campbell B., *et al*. 2011. Reproduction, Fertility and Development, 23, 444–467.
Walsh, S., Williams, E., Evans, A.. 2011. Anim. Reprod. Sci., 123, 127-138.

Impact d'un premier investissement dans la détection automatisée des chaleurs sur les performances de reproduction des troupeaux de vaches laitières

BIDAN F. (1), GUERY S. (2), ROUXEL L. (2), MASSELIN-SILVIN S. (1), DOLIGEZ E. (3), HARDY F. (3), PASQUET L. (4), RAUX O. (5), BEAUCHAMP J-J. (6)
(1) Institut de l'Elevage, 149, rue de Bercy, 75595 Paris Cedex 12
(2) Chambre d'agriculture de Normandie, 6 avenue de Dubna, 14200 Hérouville Saint Clair – Stagiaire UniLaSalle Beauvais
(3) Littoral Normand, 14 rue Alexander Flemming, 14200 Hérouville St Clair
(4) ORIGENPLUS, 50 Rue Joseph Guillonneau, 14100 Lisieux
(5) Elvup, 52 Bd du 1er Chasseurs, 61000 Alençon
(6) Chambre d'agriculture de Normandie, 6 avenue de Dubna, 14200 Hérouville Saint Clair

RESUME
La détection automatisée des chaleurs se développe de plus en plus dans les troupeaux de bovins laitiers en France. Même si la plupart des travaux révèlent bien un réel confort pour les éleveurs équipés ou mettent en évidence la fiabilité des outils, au-delà des argumentaires des distributeurs de ces outils, aucune étude n'a objectivé largement l'évolution des performances de reproduction dans un nombre important de troupeau en France. Une étude en Normandie a eu pour objectif de mesurer l'impact des détecteurs de chaleurs sur les performances de reproduction de 56 troupeaux de vaches laitières à la suite d'un premier équipement entre 2014 et 2017. L'effet du détecteur a été comparé avant et après équipement sur la fécondité, la fertilité à l'insémination artificielle (IA) et les retours en chaleur par des modèles d'analyse de variance. En outre, des entretiens de type semi-directif ont été conduit dans 19 élevages de l'étude afin d'identifier les autres changements de pratiques concomitants à l'achat des détecteurs de chaleurs. L'amélioration de la fécondité après équipement est ressortie significative dans les troupeaux avec une fécondité avant équipement élevé, c'est-à-dire un intervalle vêlage-IA fécondante ≥ 135 jours (intervalle vêlage-IA1 : -7,8 jours ; intervalle vêlage-IA fécondante : -16,5 jours ; intervalle vêlage-vêlage : -17,7 jours) ou dans les troupeaux avec une taille de troupeau moyenne comprise en 65 et 99 vêlages par campagne (intervalle vêlage-vêlage : -16,5 jours). Il est difficile de déterminer avec exactitude la part du gain associée spécifiquement à l'utilisation de la détection automatisée, mais ces outils ont toute leur place dans une démarche globale d'amélioration de la fécondité des troupeaux bovins laitiers.

Impact of a first investment in automated heat detection on the reproductive performance of dairy herds

BIDAN F. (1), GUERY S. (2), ROUXEL L. (2), MASSELIN-SILVIN S. (1), DOLIGEZ E. (3), HARDY F. (3), PASQUET L. (4), RAUX O. (5), BEAUCHAMP J-J. (6)
(1) Institut de l'Elevage, 149, rue de Bercy, 75595 Paris Cedex 12

SUMMARY
Automated heat detection is becoming increasingly popular in French dairy herds. Even if most of the studies reveal a real comfort for the farmers equipped or highlight the reliability of the tools, beyond the arguments of the distributors of these tools, no study has largely quantified the evolution of the performances of reproduction in a significant number of herds in France. A study in Normandie aimed to measure the impact of heat detectors on the reproductive performance of 56 dairy herds following a first equipment between 2014 and 2017. The effect of the detector was compared before and after equipment on fecundity, fertility after artificial insemination (AI) and returns to heat by analysis of variance models. In addition, semi-directive interviews were conducted on 19 farms in the study to identify other changes in practices that occur at the same time as the purchase of heat detectors. The fecundity after equipment is significantly improved in herds that had a high fecundity before equipment, i.e a calving to conception interval ≥ 135 days (calving to first AI interval: -7,8 days, calving to conception interval: -16,5 days , calving interval: -17,7 days) or in herds with an average herd size between 65 and 99 calvings per year (calving interval: -16,5 days). It is difficult to determine exactly how much of the gain is specifically associated with the use of automated heat detection, but these tools have their place in an overall approach to improving the fecundity of dairy herds.

INTRODUCTION

Aujourd'hui, la détection visuelle des chaleurs des vaches laitières par l'éleveur pour la pratique de l'insémination artificielle (IA) trouve des limites avec des chaleurs de moins en moins exprimées (Disenhaus *et al*., 2010) et des éleveurs de plus en plus occupés. En période de chaleurs, l'activité physique des vaches laitières augmente significativement. Cette activité peut être mesurée avec de bons niveaux de fiabilité (Chanvallon *et al*., 2012) par deux types de capteurs : les podomètres ou les accéléromètres. Ils alertent l'éleveur dès qu'une forte augmentation est détectée. Dans une enquête menée dans le grand ouest (Allain *et al*., 2015), 19% des répondants ont confirmé l'utilisation de capteurs pour la reproduction. Même si la plupart des travaux révèlent bien un réel confort pour les éleveurs équipés (Disenhaus *et al*., 2016), une enquête hollandaise (Steeneveld *et al*., 2015) indiquait que la productivité (en termes d'analyse comptable) n'a pas changé après l'investissement. Or, l'attente majeure exprimée par les éleveurs avant l'acquisition d'un capteur est l'amélioration des performances (Disenhaus *et al*., 2016). Des repères sur l'évolution des performances de reproduction sont diffusés par les fournisseurs de ces équipements. En revanche, l'impact de ces outils n'a pas été étudié dans un nombre important d'élevages en France. L'étude PEI MERVEL (2017-2020) conduite en Normandie a eu pour objectif d'évaluer l'impact d'un premier investissement dans des détecteurs automatisés de chaleurs sur les performances de reproduction des troupeaux de vaches laitières.

1. MATERIELS ET METHODES

1.1. POPULATION ETUDIEE : UN PREMIER EQUIPEMENT

Un recensement des élevages équipés pour la première fois, entre 2014 et 2017, de détecteurs automatisés de chaleurs (podomètres ou accéléromètres) a été réalisé en Normandie à partir des listes d'éleveurs adhérents au contrôle de performances. Après croisement des listes d'élevages disponibles auprès des structures partenaires de l'étude, une prise de contact téléphonique avec les éleveurs a permis de déterminer pour quelles catégories d'animaux les détecteurs automatisés des chaleurs étaient utilisés : les vaches, les génisses ou les deux. Les élevages utilisateurs exclusifs sur la catégorie génisses n'ont pas été retenus dans l'étude. Les élevages retenus dans l'étude devaient être encore utilisateurs jusqu'en 2019, avec des données de reproduction mobilisables à partir des données de vêlages et d'IA sur la période de 2012 à 2019, dont au minimum 5 campagnes successives valorisables.

1.2 DATE D'EQUIPEMENT ET CAMPAGNE DE REPRODUCTION

Afin de faire correspondre l'impact de la détection automatisée des chaleurs sur les performances de reproduction calculées sur des campagnes à dates fixes, la date d'équipement a été attribuée à une campagne « n » si celle-ci a eu lieu sur les ¾ du début de campagne. Dans le cas contraire, l'impact sur les performances a été attribué à l'année « n+1 ». Ainsi, pour chaque performance, les campagnes ont été discriminées par la variable **Détecteur** : ***avant*** ou ***après*** équipement.

1.3 PROFIL DES TROUPEAUX

Afin de prendre en compte les caractéristiques des élevages dans les analyses, quatre variables décrivant les troupeaux sur l'ensemble de la période ont été retenues : la **race** majoritaire du troupeau (***Prim'holstein*** ; ***Normande*** ; ***Multiraces***), le nombre de vêlages moyen par campagne (**Effectif : *<65*** ; ***65-99*** ; ***≥100***), le niveau de production laitière moyen à 305 jours (**Production : *<7500*** ; ***7500-8999*** ; ***≥9000***) et l'intervalle vêlage-IA fécondante moyen des campagnes qui précède l'équipement pour caractériser la fécondité (**IVIAFavt** : ***<120*** ; ***120-134*** ; ***≥135***).

1.4 PERFORMANCES ETUDIEES

Les performances mobilisées, à l'échelle troupeau et pour chaque campagne, sont calculées à partir des enregistrements des vêlages et d'IA. Elles ont permis d'étudier i) la **fécondité** – intervalle vêlage-IA1 (IVIA1) ; % de vaches avec leur 1ère IA à moins de 50 jours (%IVIA1<50j) ; % de vaches avec leur 1ère IA à plus de 90 jours (%IVIA1>90j) ; intervalle vêlage-IA fécondante (IVIAF) ; % de vaches avec IA fécondante à plus de 110 jours (%IAF>110j) ; intervalle vêlage-vêlage (IVV), ii) la **fertilité** – nombre d'IA par IA fécondante vaches laitières (Nb_IA/VL) ; % de vaches fécondées à l'IA1 (TRIA1_VL) ; % de vaches à 3IA ou plus (%VL3IAou+), et iii) les **retours en chaleurs des vaches** calculés à partir des écarts entre les IA qui se succèdent (% de retours multiples de 2 ou 3 cycles de 18-24 jours (RM2ou3) ; % de retours inférieurs à 18 jours (R-18) ; % de retours supérieurs à 24 jours (R+24). Une IA est présumée fécondante sur un taux de non-retour à 60 jours et a pu affinée par une échographie ou un vêlage.

1.5 ANALYSE STATISTIQUE DES DONNEES

Chaque variable mesurant les performances de reproduction du troupeau a été analysée avec un modèle d'analyse de variance (procédure Mixed, logiciel SAS®) intégrant un effet aléatoire « Elevage » afin de permettre l'inférence au-delà des seuls troupeaux étudiés (modèle à mesures répétées – 8 années de mesure : 2012 à 2019 – et tenant compte de la non-indépendance des observations). Les effets fixes simples pris en compte dans les modèles sont les effets **Campagne**, **Détecteur**, **Race**, **Effectif**, **Production** et **IVIAFavt**. Les interactions **Détecteur-Effectif**, **Détecteur-IVIAFavt** ont été systématiquement testées. Si elles n'étaient pas significatives au seuil de 5 %, elles ont ensuite été retirées du modèle. Les comparaisons multiples ont été faites avec un ajustement de Tukey-Kramer. Pour chaque variable, la p-value de l'effet du détecteur est indiquée. Les modalités ayant des exposants différents sont statistiquement différentes avec $p \leq 0,05$. Les évolutions significatives sont signalées d'une « * ».

1.6 EVOLUTION DES PRATIQUES EN PARALLELE DE L'INVESTISSEMENT DU DETECTEUR AUTOMATISEE

Dans un objectif de caractériser les pratiques pouvant impacter l'évolution des performances de reproduction, un échantillon d'élevages de l'étude a été sélectionné à partir de l'évolution de la fécondité (IVIA1 et IVIAF) représentatif de la population de l'étude : sens (diminution ou augmentation) et intensité (faible ou forte) de l'évolution. Des entretiens de type semi-directifs ont été réalisés sur la base d'un guide d'entretien construit autour des origines possibles de la variation des performances issues de la bibliographie. Pour appuyer le questionnaire et amener l'éleveur à s'exprimer, les résultats de reproduction de son exploitation lui ont été présentés. La finalité de l'entretien a été d'identifier les autres changements de pratiques concomitants à l'achat des détecteurs de chaleurs. Cette approche n'a pas eu pour objectif de dissocier l'impact des différentes pratiques recensées sur l'évolution des performances, ni de déterminer des effets inverses qui pourrait masquer des évolutions induites par le détecteur.

2. RESULTATS

Les élevages retenus pour l'étude, caractérisés par un premier investissement dans un outil de détection automatisée des chaleurs entre 2014 et 2017, sont au nombre de 56 : 10 en 2014, 7 en 2015, 13 en 2016 et 26 en 2017. En fonction de cette date d'équipement pour chaque troupeau, l'évolution a donc été étudiée sur les performances de reproduction entre 2 et 5 années avant l'équipement *versus* entre 6 et 3 années, respectivement.

2.1 DESCRIPTION DU PROFIL DES TROUPEAUX

Les troupeaux de la population étudiée sont de race majoritaire Prim'Holstein (30) et Normande (12) ou sans race majoritaire, donc Multirace (14). Les caractéristiques principales des troupeaux de l'étude sont décrites dans le tableau 1. L'effectif moyen est de 88 ±7 vêlages par campagne et la production laitière moyenne en 305 jours est de 8 108 ±1 118 kilos. La reproduction avant le premier équipement, caractérisée par l'IVIAFavt, est en moyenne de 128 ±16 jours avec une variabilité de cette fécondité allant de 96 à 166 jours. En comparaison, les 4 198 troupeaux, de mêmes races adhérents au contrôle laitier en Normandie, ont un effectif légèrement inférieur (83 vêlages) et un IVIAF moyen plus élevé (134 jours) en 2019-2020 (Bidan ***et al.,*** 2018 ; www.reproscope.fr*)*.

Profil des troupeaux	**Effectif**	**Moyenne** ± écart-type (Minimum / Maximum)
Effectif	***56***	***88 ±7 (42 / 251)***
<65	17	56 ±7 (42 / 64)
65-99	21	80 ±12 (65 / 99)
≥100	18	128 ±31 (100 / 251)
Production	***56***	***8 108 ±1 118 (6 160 / 10 340)***
<7500	19	6 808 ±296 (6 160 / 7 340)
7500-8999	21	8 265 ±427 (7 560 / 8 950)
≥9000	16	9 446 ±389 (9 070 / 10 340)
IVIAFavt	***56***	***128 ±16 (96 / 166)***
<120	19	111 ±6 (96 / 119)
120-134	15	127 ±4 (121 / 134)
≥135	22	145 ±8 (136 / 166)

Tableau 1 : Description des profils de troupeaux. *Effectif en nombre de vêlages ; Production en kilos ; IVIAFavt en jours*

2.2 EFFET DU DETECTEUR SUR LA FECONDITE DANS DES SOUS-ENSEMBLES DE TROUPEAUX

Les modèles où l'effet Détecteur est ressorti significatif sont tous ressortis avec une interaction. Même si les évolutions des performances avant/après équipement des modalités de ces

interactions sont majoritairement dans le même sens, seuls certains sous-ensembles sont considérés significatifs.
L'interaction Détecteur-IVIAFavt ressort significative pour les modèles IVA1, %IAF>110j, IVIAF et IVV avec un effet significatif pour le sous-ensemble IVIAFavt*≥135 (tableau 2). Pour ces élevages, où l'IVIAF avant équipement était la plus élevée, l'évolution après équipement est respectivement de -7,8 jours, -9,3 %, -16,0 jours et -17,7 jours. Pour IVIAFavt*120-134, les modèles IVIA1, IVIAF et IVV ont une évolution dans le même sens, mais de moindre amplitude (environ la moitié du sous-ensemble précédent, respectivement : -3,8, -6,8 et -9,6 jours). L'interaction Détecteur-Effectif ressort significative pour les modèles IVV et RM2ou3 (tableau 3). Dans le premier cas, Effectif*65-99, caractérisé par l'IVV avant équipement le plus élevé, a une diminution significative de l'IVV de -16,5 jours. Les deux autres sous-ensembles ont également une diminution de l'IVV mais moins importante. Le sous-ensemble RM2ou3*≥100 a une baisse significative après équipement de -5,1%.

Performances (*effet interaction*)	**Modalité IVIAFavt**	**Détecteur**		**Evolution**
		Avant	**Après**	
IVIA1 *(p = 0,018)*	<120	83,1	82,6	-0,5 jours
	120-134	89,3	85,5	-3,8 jours
	≥135	105,4[a]	97,6[b]	-7,8 jours*
%IAF>110j *(p = 0,009)*	<120	40,2	39,7	-0,5 %
	120-134	47,2	46,5	-0,7 %
	≥135	60,5[a]	51,2[b]	-9,3 %*
IVIAF *(p < 0,001)*	<120	113,5	115,1	1,6 jours
	120-134	125,1	118,3	-6,8 jours
	≥135	141,6[a]	125,6[b]	-16,0 jours*
IVV *(p = 0,004)*	<120	404,7	401,1	-3,6 jours
	120-134	415,3	405,7	-9,6 jours
	≥135	437,8[a]	420,1[b]	-17,7 jours*

Tableau 2 Effet du Détecteur avec une interaction Détecteur-IVIAFavt significative pour les modèles des performances avec leurs évolutions avant/après équipement

Performances (*effet interaction*)	**Modalité Effectif**	**Détecteur**		**Evolution**
		Avant	**Après**	
IVV *(p = 0,034)*	<65	415,1	406,5	-8,6 jours
	65-99	423,8[a]	407,3[b]	-16,5 jours*
	≥100	418,8	413,1	-5,7 jours
RM2ou3 *(p = 0,007)*	<65	20,4	20,3	-0,1 %
	65-99	22,2	19,7	-2,5 %
	≥100	23,7[a]	18,6[b]	-5,1 %*

Tableau 3 Effet du Détecteur avec une interaction Détecteur-Effectif significative pour les modèles des performances avec leurs évolutions avant/après équipement

2.3 UNE ABSENCE D'EFFET DU DETECTEUR EN PARTICULIER POUR LA FERTILITE

Les modèles %IVIA1<50j et %IVIA1>90j qui décrivent la mise à la reproduction plus ou moins rapide dans les troupeaux ne sont pas impactés par le Détecteur. De même, la fertilité décrite par les modèles Nb_IA/VL, TRIA1_VL et %VL3IAou+ ne mettent pas en évidence un effet du Détecteur. Enfin, les modèles R-18 et R+24 décrivant des anomalies de cyclicité, des inséminations au mauvais moment ou des échecs à l'IA ont des évolutions non-significatives après équipement (tableau 4).

Performances	**p-value**	**Détecteur**		**Evolution**
		Avant	**Après**	
%IVIA1<50j	0,295	6,1	5,4	-0,7 %
%IVIA1>90j	0,189	43,4	41,1	-2,3 %
Nb_IA/VL	0,763	2,7	2,7	0,0 IA
TRIA1_VL	0,864	41,0	40,8	-0,2 %
%VL3IAou+	0,545	28,3	29,2	0,9 %
R-18	0,318	6,9	7,7	0,8 %
R+24	0,525	36,4	35,4	-1,0 %

Tableau 4 Les modèles des performances sans effet du Détecteur avec leurs évolutions avant/après équipement

2.4 EFFET DU DETECTEUR MAIS AUSSI POTENTIELLEMENT D'AUTRES PRATIQUES

L'identification de changements de pratiques concomitants à l'achat des détecteurs de chaleurs a été réalisée dans 19 élevages : 3 avec un allongement de la fécondité (1 avec une faible et 2 avec une forte variation) et 16 avec un raccourcissement de la fécondité (9 avec une faible et 7 avec une forte variation). Tout d'abord, l'ensemble des élevages enquêtés a signalé au moins un changement de pratiques sur son exploitation, en plus de l'investissement dans le détecteur automatisé de chaleurs : un seul changement supplémentaire pour 8 élevages et plusieurs changements pour les 11 autres. Les 3 élevages avec un allongement de la fécondité, considéré comme une dégradation par les éleveurs, attribuent celle-ci à des origines indépendantes des détecteurs de chaleur (main d'œuvre, gestion du renouvellement, conduite alimentaire). Pour les élevages avec un raccourcissement de la fécondité, six changements de pratiques ont été identifiés en parallèle de l'utilisation de l'outil de détection automatisé des chaleurs : i) suivi plus précis de l'élevage (moment précis des œstrus, poids de l'animal…) en particulier grâce aux informations retournées par l'outil, mais aussi par une rénovation des pratiques quant à la gestion des IA (cité par 16 éleveurs), ii) l'augmentation de la main d'œuvre pour le suivi de la reproduction (3 éleveurs), iii) la gestion du renouvellement (2 éleveurs) et iv) l'évolution de la ration (3 éleveurs).

3. DISCUSSION

Même s'il existe des controverses sur l'intérêt de raccourcir l'IVV dans les troupeaux laitiers (Dalcq *et al.,* 2017), la majorité des études, à partir de plusieurs modèles de simulation en Europe (Østergaard *et al.*, 2005 ; Seegers *et al.*, 2006 ; Rutten et *al.*, 2014) et aux États-Unis (Cabrera, 2012 ; De Vries et Conlin, 2003 ; Giordano *et al.*, 2012), indiquent un intérêt économique par une bonne maitrise de la fécondité. Dans la suite de cette discussion, un raccourcissement de la fécondité est considéré comme une amélioration des performances de reproduction. Parmi les différents paramètres agissant sur cet indicateur, la détection des chaleurs peut être améliorée par les outils de détection automatisée (Chanvallon *et al.,* 2012). Leur utilisation, même s'ils apportent un confort de travail (Disenhaus *et al.,* 2016), a pour objectif d'améliorer la détection des chaleurs faisant défaut en élevage soit par manque de temps de l'éleveur ou soit par une méthode de détection non-adaptée.
Afin de prendre en compte l'effet de ces outils en fonction de la situation de la fécondité avant équipement, l'interaction Détecteur-IVAFavt a été étudiée dans les modèles. De même, l'interaction Détecteur-Effectif a été prise en compte pour objectiver un potentiel effet d'un rapport taille du troupeau sur la main d'œuvre pouvant affecter la surveillance des animaux. Enfin, les facteurs qui affectent la sensibilité de ces outils sont les mêmes que ceux connus pour être associés à une faible expression des chaleurs, comme une production laitière importante liée à la race des animaux (Chastant *et al.,* 2018). Toutefois, d'après LeBlanc (2013), la relation est vraie intra-troupeau mais est atténuée voire inexistante en inter-troupeau. Les données de l'étude étant à l'échelle troupeau, et non à l'animal, l'interaction du Détecteur avec la Race et la Production n'ont pas été retenues ici.
De façon assez logique, l'effet des détecteurs est plus important dans les troupeaux où l'IVIAF est le plus dégradé, même si nous ne sommes pas en mesure dans le cadre de cette étude de déterminer les causes de cette situation de départ (e.g. : vaches cyclées tardivement, mauvaise expression et détection des chaleurs, choix d'une mise à la reproduction tardive, échec de reproduction). Néanmoins, du fait d'une marge de progrès potentiel importante dans les élevages avec un IVIAFavt élevé (≥135 jours), l'outil apporte une amélioration significative sur le IVIA1, l'IVIAF et l'IVV. Pour l'IVIAF et l'IVV, cela s'explique en partie par une diminution

significative de -9,3 % du %IAF>110j, même si l'outil n'a pas d'effet sur les modèles %IVIA1<50j et %IVIA1>90j. D'après Rutten et al. (2014), qui retrouve une réduction similaire de 16 jours d'IVV dans ces simulations, cela peut s'expliquer par une amélioration de la sensibilité de détection de l'œstrus de 50 à 80%. Pour les troupeaux avec un IVIAFavt compris entre 120 et 134 jours, l'amélioration de la fécondité en jours est moitié moindre par rapport aux troupeaux précédents (IVIAFavt élevé). Pour ces troupeaux, l'absence d'effet significatif sur l'écart observé peut s'expliquer par un effectif insuffisant dans notre étude. Les troupeaux avec un IVIAFavt bon (<120 jours) ont des performances similaires avant et après équipement, ce qui indique qu'aucune marge de progrès liée à la détection des chaleurs n'était possible. A l'inverse, ces évolutions font supposer que les troupeaux avec un IVIAFavt moyen (120-134 jours) ou détérioré (≥135 jours) avant équipement étaient impactée par un défaut de détection des chaleurs par l'éleveur, ce qui a pu être corrigée par la détection automatisée.

L'interaction Détecteur-Effectif ressort significative avec une amélioration de 16,5 jours pour la taille de troupeau moyenne (65-99 vêlages). Cet effet de l'outil dans cette taille de troupeau peut s'expliquer par un effet de seuil critique où la main d'œuvre ne serait pas suffisante par rapport aux nombres d'animaux à surveiller. En effet, dans un contexte où l'augmentation de taille des troupeaux n'a entraîné que peu de modification de la conduite de la reproduction pour la majorité des éleveurs (Gatien *et al.,* 2009) et où l'organisation du travail est une préoccupation majeure pour l'éleveur qui cherche à réduire le temps d'astreinte (Chauvat *et al.,* 2003 ; Cornut et Chauvat, 2010 ; Dufour, 2009), le temps disponible par animal est plus limité, rendant difficile une surveillance correcte des animaux sans augmenter la main-d'œuvre : le détecteur semble avoir répondu à cette problématique. L'amélioration de la détection du premier retour, exprimée par l'indicateur RM2ou3, est significatif pour les grands troupeaux (≥ 100 vêlages) où la performance était la plus dégradée initialement, ce qui montre l'intérêt de l'outil pour la surveillance après mise à la reproduction dans les grands troupeaux.

La fertilité, décrite par Nb_IA/VL, TRIA1_VL et %VL3IAou+, n'a pas évolué. Cela est cohérent avec Walton *et al.* (2012) qui indique un taux de réussite à l'insémination stable l'année qui suit l'investissement dans 505 troupeaux canadiens. Freret *et al.* (2011) indique que les modalités de détection visuelle des chaleurs impactent tous les critères de fertilité. En conséquence, l'absence d'impact du détecteur sur la fertilité laisse supposer que les éleveurs de l'étude utilisaient des signes spécifiques à l'œstrus pour la réalisation des IA. Cela se confirme avec l'absence d'effet du détecteur sur le R-18, c'est-à-dire la proportion d'intervalles entre IA courts souvent utilisé pour déterminer la spécificité de détection des chaleurs. Ainsi, comme les détecteurs n'agissent pas sur les facteurs intrinsèques de l'animal, mais sur la détection des chaleurs par l'éleveur, l'absence d'évolution de la fertilité (pouvant traduire d'une stabilité de la spécificité de détection) et un raccourcissement de la fécondité (indiquant une amélioration de la sensibilité de détection) supposent que le facteur limitant la fécondité dans les troupeaux avant équipement devait être le temps consacré à l'observation des animaux, et ceci est d'autant plus marqué dans les exploitations où le rapport taille de troupeau sur la main d'œuvre est à un seuil critique. En outre, comme le précise Chastant *et al* (2018), ces outils améliorent la détection dans les élevages où les chaleurs sont moins marquées, voir discrètes, du fait du raccourcissement de la durée des chaleurs et la moindre intensité d'expression.

En parallèle de l'investissement dans un équipement de détection des chaleurs, les éleveurs peuvent agir sur d'autres leviers de gestion de la reproduction : dans les domaines du sanitaire, alimentation, … mais aussi dans un suivi plus précis de la reproduction. Le plus souvent accompagnés d'un intervenant extérieur, en particulier avec les structures de conseils en élevage qui sont des revendeurs de ces outils, ces différents leviers ont probablement été discutés entre éleveur et conseiller. Comme pour d'autres types d'investissements importants, il apparaît donc que l'éleveur souhaitant en retirer le plein bénéfice, assure ses résultats par une meilleure maîtrise des autres facteurs qui favorisent la reproduction. En outre, dans le cadre de notre étude, nous n'avons pas étudié la part des éleveurs ayant arrêté d'utiliser ces outils, ni les motifs associés, ce qui apporteraient une nuance à nos interprétations. Ainsi, ces éléments ne nous permettent pas de conclure avec exactitude de l'impact des détecteurs automatisés de chaleurs seuls sur les performances.

CONCLUSION

Dans le cadre de notre étude, il est difficile de déterminer avec exactitude la part du gain associée spécifiquement à l'utilisation de la détection automatisée, étant donné le recours potentiel à d'autres leviers de façon concomitante à cet investissement, mais ces outils ont leur place dans une démarche globale d'amélioration de la fécondité des troupeaux bovins laitiers. L'intérêt sur le confort de travail étant déjà largement documenté, cette étude met en évidence pour la première fois, dans un nombre important d'élevages en France, l'amélioration de la fécondité, à la suite d'un investissement dans un détecteur automatisé des chaleurs. L'IVV peut diminuer de 17,7 jours dans des tailles de troupeaux moyennes (65-99 vêlages) se substituant probablement à un déficit de main d'œuvre pour la surveillance de la reproduction. Dans une situation de fécondité dégradée, la réduction de l'IVV peut atteindre 16,5 jours, en partie expliquée par une mise à la reproduction plus précoce de -7,8 jours. En outre, ni le détecteur, ni cette amélioration de la fécondité ne dégrade la fertilité. L'étude montre donc l'intérêt de ces outils sur l'évolution des performances de reproduction dans une partie des élevages équipés à la différence du confort apporté qui lui est quasi-systématique.

Les auteurs remercient la contribution financière de la région Normandie et le FEADER.

Bidan, F., Le Mézec, P., Dimon, P., Salvetti, P., Lejard, A., Bareille, N., 2018. Renc. Rech. Ru.., 24, 402.
Cabrera, V. E. 2012. J. Dairy Sci. 95:4683–4698.
Chastant, S., Saby-Chaban, C., Saint-Dizier, M., 2018. Le Point Vétérinaire, p140-146.
Chauvat, S, Seegers, J, N'Guyen, The B, Clément, B, 2003. Institut de l'Elevage, 50pp.
Cornut, S, Chauvat S, 2010. 9th European IFSA Symposium.
Dalcq, A.-C., Beckers, Y., Mayeres, P., Reding, E., Wyzen, B., Colinet, F., Delhez, P., Soyeurt, H., 2017. Animal, doi:10.1017/S1751731117003020.
De Vries, A., Conlin, B. J., 2003. J. Dairy Sci. 86:3516–3526.
Disenhaus, C., Cutullic, E., Freret, S., Paccard, P., Ponsart, C., 2010. Renc. Rech. Ru., 17, 113-120.
Disenhaus, C., Allain, C., Courties, R., Quiniou, Y., Bareille, N., 2016. European Association for Animal Production, 22.
Dufour, A, 2009. Rencontres nationales Travail en Elevage, 3.
Fréret, S., Salvetti, P., Gatien, J., Humblot, P., Ponsart, C., 2011. Renc. Rech. Ru. 18, 89-92.
Gatien, J., Frappat, B., David, X., Garrelou, R., Humblot, P., Giordano, J. O., Kalantari, A.S., Fricke, P.M., Wiltbank, M.C., Cabrera, V.E., 2012. J. Dairy Sci. 95:5442–5460.
LeBlanc S.J., 2013. Anim. Front., 4, 84-91.
Østergaard, S., Friggens, N.C., Chagunda, M.G.G. 2005. Theriogenology 64:819–843.
Rutten, C.J., Steeneveld, W., Inchaisri, C., Hogeveen, H., 2014. J. Dairy Sci. 97:6869–6887.
Seegers, H., Billon, D., Grimard, B., Beaudeau, F. 2006. 11th Symposium of the International Society for Veterinary Epidemiology and Economics. P469-471.
Steeneveld, W, Hogeveen, H.J., 2015. Dairy Sci. 98:709-717.
Walton, J.S, Leblanc S.J., 2012. J. Dairy Sci. 95:5683-5693.

Freins et leviers au développement du vêlage précoce en élevage bovins allaitants : les avis des éleveurs du Cantal mis en perspective avec les résultats d'une enquête nationale

DIMON P. (1), BIDAN F. (1), LOUSTAU G. (2), MICHAUD A. (3), DOMINIQUE S. (1)
(1) Institut de l'Elevage, 149, rue de Bercy, 75595 Paris Cedex 12, France
(2) Chambre d'agriculture du Cantal, 26 rue du 139ème régiment d'infanterie, 15000 Aurillac
(3) Université Clermont Auvergne, INRAE, VetAgro Sup, UMR Herbivores, F63122 Saint Genès Champanelle, France

RESUME

Le vêlage précoce n'est aujourd'hui que très peu utilisée en élevage allaitant en France où l'âge moyen au 1er vêlage s'établit à 36 mois. Cette pratique, en limitant le nombre d'unités gros bovins (UGB) improductifs durant la phase d'élevage des génisses, permet pourtant d'améliorer la productivité des exploitations et se traduit par une amélioration des performances économiques et une réduction de l'impact environnemental. Le recueil de l'avis des éleveurs, mettant en place ou non le vêlage précoce dans des contextes régionaux spécifiques, est indispensable pour apporter un accompagnement technique pertinent et assurer son développement. Dans le cadre du projet Effiviande, 35 enquêtes (entretiens semi-ouverts) ont été réalisées, sur trois zones du département du Cantal, représentative de la diversité pédoclimatique du territoire. Les éléments recueillis ont été comparés avec ceux obtenus dans une enquête nationale (questionnaire à choix multiple, à remplir en ligne) réalisée dans le cadre de PRECOBEEF APIS-GENE 2021-2022, où 61 éleveurs ont répondu. Les éleveurs du Cantal ont identifié comme principal inconvénient le besoin de rations plus riches pour les génisses conduisant à un coût alimentaire plus important, tandis que les éleveurs au niveau national ont majoritairement mis en avant des craintes sur les performances de reproduction des primipares ou sur la mortalité des veaux. Les éleveurs des deux études se rejoignent sur le principal avantage identifié à la suite de la mise en œuvre de cette pratique : l'intérêt économique en lien avec une hausse de la productivité (diminution des UGB improductifs ou augmentation du nombre de vêlages). La conduite alimentaire des génisses est la clé de réussite nécessaire d'après les résultats des deux enquêtes. Malgré les limites liées à la taille des échantillons et au profil des répondants, ces enquêtes permettent d'objectiver les avis des éleveurs sur le vêlage précoce. Elles serviront à alimenter des réflexions permettant de construire des projets structurants pour une démultiplication de cette pratique à l'échelle nationale.

Obstacles and levers to the development of early calving in suckling cattle

DIMON P. (1), BIDAN F. (1), LOUSTAU G. (2), MICHAUD A. (3), DOMINIQUE S. (1)
(1) Institut de l'Elevage, 149, rue de Bercy, 75595 Paris Cedex 12, France

SUMMARY

Early calving is not widely used in suckler farming in France today, where the average age at first calving is 36 months. This practice, by limiting the number of unproductive livestock units (LU) during the heifer rearing phase, makes it possible to improve the productivity of farms and results in improved economic performance and reduced environmental impact. Gathering the opinions of farmers, whether or not they implement early calving in specific regional contexts, is essential to provide relevant technical support and ensure its development.

Within the framework of the Effiviande project, 35 surveys (semi-open interviews) were carried out in three areas of the Cantal department, representative of the soil and climate diversity of the territory. The data collected were compared with those obtained in a national survey (multiple-choice questionnaire, to be completed online) carried out as part of the PRECOBEEF APIS-GENE 2021-2022 project, to which 61 farmers responded.

The main disadvantage identified by Cantal farmers was the need for richer rations for heifers, leading to higher feed costs, whereas farmers at national level mostly highlighted concerns about the reproductive performance of primiparous animals or calf mortality. The farmers in both studies agreed on the main advantage identified following the implementation of this practice: the economic interest in relation to an increase in productivity (reduction in unproductive LU or increase in the number of calvings). The feeding of heifers is the key to success according to the results of the two surveys. Despite the limitations related to the sample size and the profile of the respondents, these surveys make it possible to objectify the opinions of farmers on early calving. They will be used as a basis for reflection to build structuring projects for a multiplication of this practice on a national scale.

INTRODUCTION

En élevage bovins allaitants, historiquement et faute de meilleure valorisation des produits, la recherche de rentabilité est surtout passée par un accroissement de la dimension économique : plus d'unités de gros bovins (UGB) et de surface agricole utile (SAU) (Veysset *et al*., 2014). Les revenus des éleveurs de bovins allaitants restent pourtant parmi les plus bas du monde agricole. Sans augmentation de la main d'œuvre et dans un contexte d'attentes grandissantes de la part des consommateurs tant du point de vue sociétal (bien-être animal, non compétition alimentation humaine/animale, …) qu'environnemental (réduction de l'empreinte carbone), cette tendance trouve ses limites et les exploitations agricoles doivent s'adapter. Parmi les pistes possibles, la réduction des animaux improductifs dans les élevages allaitants est une solution. Dans le cadre du projet Casdar Effiviande, visant à proposer et accompagner des systèmes de production de viande allaitants durablement compétitifs et adaptés aux demandes des marchés, plusieurs systèmes d'élevage identifié comme porteurs d'avenir ont pu être priorisés par des groupes d'acteurs de la filière. Ainsi, le vêlage précoce a été identifié comme une piste prometteuse permettant l'amélioration de l'efficience technique des exploitations. Cette pratique, à nombre de vêlages constant, conduit à une réduction des UGB. Dans le cas où elle est accompagnée

d'une augmentation du nombre de vêlages sur l'exploitation (+10%) permettant de revenir au niveau initial d'UGB, elle se traduit par une hausse de 5 à 7% de la rémunération du travail de l'agriculteur et d'une réduction de 4 à 5% des émissions de gaz à effet de serre (Farrié *et al*., 2012 ; Idele, 2021).

Pourtant force est de constater que le nombre d'éleveurs ayant adopté cette stratégie reste faible. En effet, le vêlage précoce n'est que peu utilisé en France où l'âge moyen au 1er vêlage des génisses s'établit à 36 mois (Bidan *et al*., 2018a). L'analyse des données issues de l'observatoire Reproscope (Bidan *et al.,* 2018b*)* montre que moins de 7% des élevages ont une stratégie visant à faire vêler à moins de 30 mois l'ensemble des génisses de leur troupeau.

La tendance est similaire sur le département du Cantal, où l'observatoire Reproscope mesure un âge au 1er vêlage de 36 mois, et que 5% des troupeaux font vêler leur génisses avant 30 mois. Pourtant, ce territoire se caractérise par la présence majoritaire de races dites rustiques (+ de 80% du cheptel allaitant est composé de vaches de race Salers et Aubrac), qui ont l'avantage d'être plus précoces sexuellement (Petit *et al*., 1994). Les systèmes rencontrés sont quant à eux majoritairement naisseurs, herbagers, soumis à des hivers longs avec une forte dépendance aux achats d'aliments.

Partenaire du projet Effiviande, la Chambre d'agriculture du Cantal a pour objectif d'accompagner les éleveurs de bovins allaitants à la mise en œuvre de systèmes de production adaptés aux enjeux de demain, et le vêlage précoce apparait comme une piste d'intérêt. Mais en amont d'une démarche de conseil systématique pour la promotion du vêlage précoce, il est apparu nécessaire dans un premier temps de recueillir l'avis des éleveurs sur cette pratique. Ce travail a eu pour objectif d'identifier les freins et leviers à cette pratiques identifiés par les éleveurs du Cantal. Ces résultats ont été comparés à ceux obtenus dans le cadre d'une enquête nationale (Dominique *et al., 2022)* menée dans le cadre du projet Precobeef, un projet d'amorçage financé par APIS-GENE (2021-2022) et visant entre autres à faire une revue bibliographique sur la précocité sexuelle des bovins laitiers et allaitants.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. ENQUETES EN ELEVAGE

Dans le cadre du projet Casdar Effiviande, 35 enquêtes ont été réalisées, par des étudiants de VetAgro Sup, sur trois zones du département du Cantal, représentatives de la diversité pédoclimatique du territoire et des systèmes allaitants présents : Chataigneraie (Aurillac) et zone de montagne (Saint-Flour et Riom-ès-Montagnes). Le nombre d'enquêtes a été quasi-identique entre les 3 zones. Le questionnaire, constitué de questions ouvertes et de questions quantitatives fermées, a permis de recueillir des informations descriptives du fonctionnement des systèmes d'exploitation rencontrés, une définition du vêlage précoce ainsi que les freins et leviers (inconvénients, avantages, éléments clés de la réussite) des éleveurs sur cette pratique. Les éleveurs avaient la possibilité de citer plusieurs éléments pour chaque question.

Les données recueillies lors des enquêtes terrain ont été répertoriées dans une base de données Excel. Les réponses aux questions ouvertes (visant à identifier les avantages et inconvénients, freins et leviers à la mise en œuvre de l'âge au 1er vêlage) ont été entrés dans la base de données sous forme de mots clés et regroupés sous grandes thématiques (technique, économique, …). Des statistiques descriptives, permettant de caractériser l'échantillon, ont été effectuées sur l'ensemble des données.

1.2. QUESTIONNAIRE EN LIGNE

Dans le cadre de l'enquête nationale, un questionnaire en ligne, créé via la plateforme LimeSurvey, a été diffusé à l'été 2021 à destination de l'ensemble des éleveurs français. Un premier panel de questions a permis de catégoriser les éleveurs suivant leur utilisation ou non du vêlage précoce (ici défini comme un vêlage inférieur ou égal à 30 mois). Les questions suivantes, à choix multiples, ont été différentes en fonction du profil des répondants. Elles ont permis de hiérarchiser les freins et leviers des éleveurs à la pratique du vêlage précoce. Dans cette synthèse sont présentés les réponses aux questions ressorties en première position, relevant donc les inconvénients et motivations majeurs à la pratique du vêlage précoce pour les éleveurs allaitants.

2. RESULTATS

2.1. PROFIL DES ELEVAGES ENQUETES

Les élevages enquêtés dans le Cantal sont en moyenne conduits par 2 unités de travailleurs humain (UTH), dont l'âge moyen est de 45 ans. Ils exploitent 143ha de SAU, dont 132ha de surface fourragère principale (SFP) et 11ha de céréales, dont la majorité est destinée à l'autoconsommation. La SFP est constituée à plus de 95% d'herbe, le reste étant dédié au maïs ensilage. L'autonomie fourragère est de 97%. Ces élevages font en moyenne vêler 86 vaches, en majorité durant l'hiver. Parmi les élevages enquêtés, 16 avait un troupeau de race Aubrac, 15 de race Salers et 4 mixant les 2 races. Le taux de renouvellement moyen est de 17,5%. La pratique du vêlage précoce est non majoritaire parmi les élevages enquêtés : 23% des éleveurs pratiquent le vêlage de 24 à 30 mois sur une partie de leurs génisses, aucun ne pratique le vêlage à 24 mois intégral).

Le questionnaire national en ligne a été entièrement complété par 61 éleveurs allaitants dont 86% d'entre eux pratiquent actuellement le vêlage précoce. Ce sont les réponses de cette sous population qui sont présentés dans la suite du document. En moyenne, les élevages sont conduits par 1,8 UTH. La majorité des éleveurs sont soit naisseur (vaches finies, mâles maigres, vaches et génisses finies) soit naisseur-engraisseur de jeunes bovins. La taille des troupeaux est en moyenne comprise entre 70 et 100 vêlages. Trois quarts d'entre eux ont une stratégie de vêlages groupés en 1 ou 2 périodes sur l'automne et le printemps. La race Limousine est la plus représentée parmi les répondants suivie par la race Blonde d'Aquitaine puis Charolaise.

2.2. LA NOTION DE VELAGE PRECOCE EST VARIABLE EN FONCTION DES ELEVEURS

Parmi les 35 éleveurs enquêtés dans le Cantal, 18 ont qualifié le vêlage précoce comme synonyme d'un vêlage à 24 mois. Pour 7 éleveurs il s'agit d'un vêlage entre 2 et 3 ans. Enfin, 10 éleveurs ont identifié le vêlage à 30 mois comme correspondant à du vêlage précoce.

2.3. LES INCONVENIENTS AU VELAGE PRECOCE

2.3.1 Résultats des éleveurs du Cantal

L'analyse des enquêtes des éleveurs du Cantal a permis de faire ressortir plusieurs inconvénients identifiés par les éleveurs à la pratique du vêlage précoce. Un des principaux freins, mis en avant par 60% des éleveurs, est l'obligation d'avoir une **alimentation plus riche et complémentée pour les génisses** ce qui engendre des coûts d'alimentation plus importants. Pour 49% éleveurs, une des principales problématiques réside dans le ralentissement de la croissance **des génisses (et du format adulte des vaches),** induite par un vêlage trop précoce. De même, 37% éleveurs ont soulevé une potentielle **diminution du poids carcasse des réformes**, du fait d'un âge à l'abattage plus jeune. Un impact négatif sur la **longévité de la carrière de la vache** a été mis en avant par les mêmes éleveurs. **L'augmentation des risques au vêlage** est un autre frein soulevé par 37% des éleveurs, pour lesquels un vêlage 24 mois entraînerait une surveillance accrue. Le dernier inconvénient mis en évidence par 31% des éleveurs est, de manière plus globale, une **remise en cause du système d'exploitation actuel**, jugé non adapté à la mise en place du vêlage à 2 ans. Cela se traduirait par la nécessité d'aménager des bâtiments spécifiquement pour les jeunes génisses, d'adapter l'alimentation ainsi que le parcellaire, ou encore même de

décaler les périodes de vêlage (cas spécifique du vêlage 30 mois). De manière plus ponctuelle, d'autres inconvénients ont été identifiés tels qu'un **manque de connaissances ou de recul sur la pratique**, une **diminution des qualités maternelles chez la jeune génisse**, des questionnements vis-à-vis du point de vue sociétal et du bien-être animal, des problèmes de fertilité, ou encore une augmentation du temps de travail.

2.3.2 Résultats de l'enquête nationale

Les éleveurs pratiquant le vêlage précoce et ayant répondu au questionnaire national ont positionné comme principal inconvénient à la pratique du vêlage précoce, la **quantité importante d'échec à la mise à la reproduction des génisses ou des primipares avec des difficultés de reprise d'état corporel à la suite d'un vêlage précoce et une mise à la reproduction suivante difficile (44%)**. En 2ème position est citée **l'augmentation des frais de concentrés**. Le 3ème point évoqué est **l'augmentation de la mortalité des veaux** à cause de vêlages plus difficiles. On note aussi l'inquiétude autour d'une **complexification de la conduite technique du système**.

2.4. LES AVANTAGES DU VELAGE PRECOCE

2.4.1 Résultats des éleveurs du Cantal

L'analyse des enquêtes des éleveurs du Cantal a permis de faire ressortir plusieurs avantages identifiés par les éleveurs en lien avec la pratique du vêlage précoce en élevage. Le principal, cité par 83% des éleveurs, concerne **l'intérêt économique** : plus précisément, les éleveurs y voient un bénéfice lié à la diminution du nombre d'animaux improductifs, ou à l'augmentation du nombre de veaux par rapport au nombre d'UGB total. La **diminution de la charge de travail** est également une source de motivation non négligeable (34% des éleveurs). Ceci serait permis par la diminution du nombre de génisses présentes sur l'exploitation. Les éleveurs ont également identifié comme avantage, et dans les mêmes proportions (34%) un **progrès génétique plus rapide**, car les génisses ont leur premier veau un an plus tôt. **L'autonomie fourragère**, en lien avec la réduction du nombre d'UGB à nourrir, a été citée par 17% des éleveurs, tout comme l'impact positif sur **l'environnement** (réduction de l'empreinte carbone). De manière plus ponctuelle, des aspects sur la reproduction ont été cités comme avantages par 14% éleveurs, en lien avec une **fertilité supérieure pour les génisses mises à la reproduction** à 15 mois. Enfin, 9% des éleveurs ont évoqué un **gain de place au bâtiment**.

2.4.2 Résultats de l'enquête nationale

La source de motivation majeure relevée par les éleveurs allaitants pratiquant le vêlage précoce et ayant répondu au questionnaire national est avant tout économique. On retrouve principalement une volonté de **diminuer le nombre de jours improductifs** des animaux (42%), ainsi que d'augmenter le nombre de vêlages (28%). Les éleveurs évoquent ensuite la possibilité de réduire le nombre d'UGB (14%), permettant ainsi de baisser son chargement ou son impact environnemental. Enfin, quelques éleveurs (7%) estiment que le vêlage précoce est un levier pour améliorer la valeur génétique de son troupeau plus rapidement.

2.5. ELEMENTS CLES A LA REUSSITE DU VELAGE PRECOCE

2.5.1 Résultats des éleveurs du Cantal

Les éleveurs du Cantal ont également identifié les éléments clés nécessaires à la bonne réussite du vêlage précoce en élevage. Parmi les réponses citées, pour 86% des éleveurs, **l'alimentation des génisses** est primordiale. En lien direct avec l'aspect nutritionnel, 54% des éleveurs soulignent l'importance de veiller à ce que la génisse atteigne un **poids objectif au moment de la saillie et du vêlage**. Le **suivi technique** des génisses est un point clé pour 40% des éleveurs, que cela soit avant, pendant ou après le vêlage.
Le **niveau génétique des bovins** est un préalable pour 37% des éleveurs. Pour 31% des éleveurs, le choix du taureau est important : il leur apparait nécessaire de faire saillir des taureaux jeunes (18-24 mois), plus légers pour les chevauchements, et à vêlage facile, afin de diminuer les risques au moment de la mise-bas. La **race** constitue elle aussi un élément clé à la réussite du vêlage précoce pour 20% des éleveurs : les vaches de race Limousine et Salers étant jugées mieux adaptées à cette pratique. De manière plus anecdotique, le fait de posséder un **système d'exploitation propice** à la mise en place du vêlage précoce, notamment via un potentiel agronomique important, et des bâtiments adaptés a été identifié par 6% des éleveurs.

2.5.2 Résultats de l'enquête nationale

Les clefs de réussite à la pratique du vêlage précoce, d'après les éleveurs allaitants ayant répondu au questionnaire national en ligne, concernent notamment **le suivi de la croissance** des génisses et l'apport d'une **alimentation adaptée**. Les éleveurs préconisent une **bonne croissance** entre les différentes phases physiologiques et un **suivi rigoureux** au moins jusqu'à la suite du 2ème vêlage. Une **alimentation riche et adaptée**, ainsi qu'une **bonne gestion du pâturage**, assurant une herbe de qualité en quantité suffisante, seraient des éléments clefs de la réussite du vêlage précoce en élevage allaitant. D'après eux, il ne faudrait pas hésiter à **complémenter au pâturage** les génisses et primipares si besoin.

3. DISCUSSION

Les effectifs limités de ces études doivent inciter à la prudence dans l'interprétation des résultats. Toutefois, elles apparaissent riches d'enseignements sur la perception qu'ont les éleveurs de la pratique du vêlage précoce. Il serait également intéressant de réaliser des enquêtes similaires sur d'autres territoires pour comparer l'ordre des réponses. De plus, la majorité des éleveurs de l'enquête national ont eu recours aux vêlages précoces (86%) par rapport aux éleveurs du Cantal (23% font vêler une partie des génisses entre 24 et 30 mois), ce qui a pu influer sur les différents retours recensés.
Les inconvénients priorisés par les éleveurs divergent en fonction des enquêtes : les besoins alimentaires des génisses et l'adaptation des rations sont mis en avant par les éleveurs du Cantal. Ce point est à rattacher au contexte du territoire : les systèmes sont très herbagers et les possibilités de production d'énergie (via les céréales) réduites. Pour les éleveurs ayant répondu à l'enquête nationale, si la notion d'alimentation plus riche est identifiée, son coût est également cité. Il apparait donc crucial de pouvoir accompagner les éleveurs en leur proposant des itinéraires performants pour les génisses, tant d'un point de vue technique qu'économique.
Les autres inconvénients priorisés semblent découler assez directement de ces contraintes au niveau de l'alimentation : les éleveurs craignant des conséquences négatives sur la croissance des génisses, le poids des vaches de réforme et finalement la durée de leur carrière.
Une totale convergence est observée concernant les avantages : l'intérêt économique ressort comme principal avantage des deux enquêtes, tout comme pour l'élément clé à la réussite du vêlage précoce qui dans les deux enquêtes réside dans l'élevage optimisée des génisses.

4. CONCLUSION

Le vêlage précoce, au vu des éléments disponible dans la bibliographie présente un réel intérêt économique et environnemental. Ces arguments font échos auprès des éleveurs enquêtés ce qui semble légitimer son

accompagnement et son déploiement sur le terrain. Toutefois, ces derniers ont également identifié des inconvénients majeurs à sa mise en place sur leurs exploitations, qu'il convient de considérer attentivement, au risque de ne pas fournir aux éleveurs l'ensemble des conseils et outils techniques nécessaires. Les conséquences sur la croissance des génisses, les difficultés au 1er vêlage ou la carrière et la longévité des vaches adultes sont des éléments qui, s'ils ne sont pas maitrisés, peuvent rapidement dégrader la rentabilité des élevages. Il semble donc important de conforter les travaux déjà conduits notamment en station expérimentale par des références techniques adaptées à chaque race et en fonction des situations des élevages et des territoires dans lesquels ils se trouvent.

Les enquêtes réalisées dans le Cantal ont été menées dans le cadre du Casdar Effiviande (n°5750), qui vise à proposer et accompagner des systèmes de production de viande allaitants durablement compétitifs et adaptés aux demandes des marchés. Nos remerciements à Hugo Chaleil, Clara Girard, Kristen Hourmant, Sarah Lautier, Lucie Oger, Camille Viguié, étudiants de VetAgroSup, qui ont réalisés et analysés les enquêtes en élevage. L'étude Precobeef a été financée par APIS-GENE. Nos remerciements à Mathilde Pilard, étudiante à VetAgroSup qui a accompagné le dépouillement de l'enquête.

Bidan, F., *et al.*, 2018a. JNGTV, 471-475
Bidan, F., *et al.*, 2018b. Renc. Rech. Ru., 24, 402.
Dominique, S., 2022. Renc. Rech. Ru., 26
Farrié, J-P., *et al.,* 2008. Renc. Rech. Ru., 15, 147-150.
IDELE, 2021. *Beef Carbon*. Réduction des émissions de gaz à effet de serre en production bovin viande.
Petit, M. *et al.,* 1994 *INRAE Productions Animales*, 4, 235-243.
Veysset, P., *et al*., 2014. Renc. Rech. Ru., 21, 97-100

Effet de la limitation de la tétée des veaux allaitants en bâtiment sur les performances de reproduction des vaches et l'élevage des veaux

BIDAN F. (1), PHILIBERT A. (1), MERLE L.A. (2), BESSON J.L. (3), GUIBERT R. (4), POUPIN V. (5), DIMON P. (1)
(1) Institut de l'Elevage, 149, rue de Bercy, 75595 Paris Cedex 12, France
(2) Chambre rég. d'agriculture des Pays de la Loire, Pôle station expérimentale des Etablières, 9, Rue André Brouard, 49105 Angers Cedex 02
(3) Seenovia, 141 boulevard des Loges, 53940 Saint-Berthevin
(4) Chambre rég. d'agriculture des Pays de la Loire, 9, Rue André Brouard, 49105 Angers Cedex 02
(5) Bovins Croissance Sèvres Vendée Conseils, 21 boulevard Réaumur, 85013 La Roche Sur Yon Cedex

RESUME
La conduite veaux bloqués (CB) consiste à séparer les veaux de leur mère en dehors des heures de tétées dans une case adjacente. Cette conduite pratiquée dans la filière bovine allaitante, lorsque les animaux sont en bâtiments, s'oppose à un accès en continu, dite conduite libre (CL), des veaux aux cases des vaches. Un recensement des élevages, ayant eu recours à la CB entre 2016 et 2018, quelle que soit sa modalité d'application (période entre le vêlage et le sevrage ; ou durée journalière de séparation), a été réalisé chez les adhérents du réseau Bovins Croissance (Pays de la Loire, Deux-Sèvres, Charente-Maritime et Vendée). L'effet de la conduite a été comparé entre la CB et CL, respectivement dans 146 et 156 troupeaux, sur la fécondité, la fertilité à l'insémination artificielle, la productivité, la mortalité et la croissance des veaux par des modèles d'analyse de variance. L'étude montre qu'en termes de reproduction, la CB est significativement associée à une meilleure fécondité (intervalle vêlage-vêlage inférieur de 5 jours) et à une meilleure productivité (mortalité naissance-sevrage des veaux inférieure de 1,2 point). Dans les élevages à CB, le gain moyen quotidien des veaux a été supérieur (≥ 56 grammes/jour) sur la dernière phase d'élevage avant le sevrage par rapport à la CL. Pour dissocier l'effet de la CB d'un effet « technicité de l'élevage », plusieurs autres variables du profil de troupeau (intensité de groupage des mises-bas, âge au premier vêlage, proportion de vêlages sans aide) ont été prises en compte. Cette étude menée à l'échelle des troupeaux doit être validée par des essais menés à l'échelle de l'animal en comparant ces pratiques entre des lots d'animaux conduits dans des environnements comparables. Les modalités d'applications pourront être évaluées en prenant en compte l'effet sur le comportement (stéréotypie, période d'apprentissage…) des veaux ainsi que l'impact sur le travail des éleveurs.

Effect of limiting suckling calf feeding in barns on cow reproductive performance and calf rearing

BIDAN F. (1), PHILIBERT A. (1), MERLE L.A. (2), BESSON J.L. (3), GUIBERT R. (4), POUPIN V. (5), DIMON P. (1)
(1) Institut de l'Elevage, 149, rue de Bercy, 75595 Paris Cedex 12, France

SUMMARY
Blocked calf management (CB) consists in separating the calves from their mother outside of feeding times in an adjacent pen. This practice realised in the beef cattle sector, when the animals are in barns, is opposed to continuous access, known as free management (CL), of calves to cow pens. A census of farms, that used CB between 2016 and 2018, regardless of its method of application (period between calving and weaning; or daily length of separation), was carried out among members of the Bovins Croissance network. (Pays de la Loire, Deux-Sèvres, Charente-Maritime and Vendée). The effect of management was compared between CB and CL, respectively in 146 and 156 herds, on fecundity, fertility after AI, productivity, mortality and calf growth by analysis of variance models. The study shows that in terms of reproduction, BC is significantly associated with better fertility (lower calving-calving interval of 5 days) and better productivity (lower birth-weaning mortality of calves by 1.2 points). In CB farms, the ADG of calves was higher (≥ 56 grams) during the last rearing phase before weaning compared to CL. To dissociate the effect of BC from a "breeding technicality" effect, several other herd variables (intensity of calving grouping, age at first calving, proportion of calvings without aids) were taken into account. This study conducted at the herd level must be validated by trials conducted at the animal level by comparing these practices between batches of animals conducted in comparable environments. This methods should be evaluated by taking into account the effect on the behaviour (stereotypy, learning period, etc.) of calves as well as the impact on the work of breeders.

INTRODUCTION

La rentabilité des systèmes allaitants passe notamment par une maîtrise technique et une conduite optimisée du troupeau notamment durant la phase de reproduction. L'objectif est la production d'un veau par vache par an, ce qui est en grande partie possible par une reproduction maîtrisée permise entre autres par l'amélioration des critères de fécondité (*e.g.* : la réduction de la durée de l'anœstrus post-partum) et de fertilité (*e.g.* : réussite à l'insémination artificielle - IA). D'après Grimard *et al.* (2017), la réduction de la fréquence des tétées (tétée 1 ou 2 fois par jour *versus* tétée *ad libitum*) est parfois citée comme un facteur pouvant réduire la durée de l'anœstrus (Stagg *et al.*, 1998) mais cet effet semble nécessiter l'absence du veau entre les tétées (Crowe *et al.*, 2014). La réduction du nombre des tétées serait donc plus efficace, pour réduire l'anœstrus post-partum, en élevage de veaux sous la mère avec salle de tétée qu'en élevage allaitant en stabulation libre. Dans le premier cas les veaux sont logés à l'écart des mères. Dans le deuxième cas (conduite dite « veaux bloqués » - CB), les veaux sont également séparés des mères en dehors des heures de tétée mais sont logés dans une case adjacente, ce qui permet aux vaches de voir, entendre et sentir leur veau en permanence. Elle se différencie d'un accès continu des veaux

aux cases des vaches (conduite dite « veaux libres » - CL). La CB est toutefois peu documentée, et peu courante en France avec une mise en application très localisée sur certaines zones géographiques (en particulier : Deux-Sèvres, Vendée) d'après les retours des experts de la filière. Ses effets n'ont pas été évalués objectivement à large échelle dans les conduites pratiquées en France. Certains éleveurs mettent en avant des effets de la CB (Bidan *et al.,* 2020), par rapport à la CL, sur la reproduction des vaches (diminution de la durée de l'anœstrus post-partum et une meilleure détection des chaleurs), une limitation du vol entre veaux, une surveillance du couple mère-veau permettant une détection précoce de problèmes sanitaires et une diminution des accidents entre le taureau et les veaux pendant la période de reproduction. De plus, si le temps d'apprentissage des veaux peut ressortir comme une faiblesse, les éleveurs estiment cela comme étant un investissement positif pour la docilité générale de leur troupeau (manipulation, sevrage).
L'étude a eu pour objectif d'évaluer l'effet de cette CB en comparaison à une conduite CL sur les performances de reproduction des vaches, leur productivité et la croissance des veaux.

1. MATERIELS ET METHODES

1.1 ORIGINE DES DONNEES MOBILISEES

Le réseau Bovins Croissance a été mobilisé au travers de trois structures : Bovins Croissance Sèvres Vendée Conseils, Seenovia, et la Chambre d'Agriculture des Pays de la Loire. A partir de la liste des éleveurs adhérents de ces structures (départements : 17-44-49-53-72-79-85), soit 1 046 élevages, les 36 conseillers du réseau de la zone étudiée ont indiqué la pratique ou non de la CB, ainsi que l'année de mise en place. Dans les situations où l'information sur la pratique ou non de la conduite n'était pas disponible ou que sa mise en place était trop récente (inférieure à 3 ans), les élevages n'ont pas été retenus dans l'analyse.
La base de données nationale de Bovins Croissance a été mobilisée pour étudier les performances sur les campagnes 2016, 2017 et 2018. Ces données ont été complétées par les performances de reproduction à l'IA fournies par les Entreprise de Mise en Place Apis-Diffusion et Innoval. Après le nettoyage et la validation de la base de données, les caractéristiques des troupeaux ont été utilisées pour corriger les modèles statistiques.

1.2 PROFIL DES TROUPEAUX

Chaque élevage a été décrit par la **race**, l'**intensité du groupage des vêlages** exprimée en pourcentage des vêlages sur 3 mois autour d'une **saison** (intensité_saison), l'**effectif** du troupeau en nombre de vêlages par campagne, la **pratique de l'IA** (Prat_IA) mesurée par le pourcentage de vêlages issus d'IA sur la campagne, le **taux de renouvellement** (pc_Primi) décrit par le pourcentage de primipares pour l'ensemble des femelles ayant vêlé, l'**âge au premier vêlage** (Agevel1) moyen et le pourcentage de **vêlage sans aide** (vel_ss). L'unité prise en compte a été l'élevage-race (troupeau), c'est à dire qu'un élevage élevant deux races a été considéré comme deux unités différentes.

1.3 PERFORMANCES ETUDIEES

Les performances mobilisées, à l'échelle troupeau, calculées sur chaque campagne ont permis de traiter i) la **fécondité** (en jours) – Intervalle Vêlage-Vêlage du troupeau (IVV_T) ; des multipares (IVV_Multi) ; des primipares (IVV_Primi), ii) la **productivité** (en pourcentage) – productivité pratique (Prod_prat = nombre de veaux sevrés par nombre de vêlages) ; productivité globale (Prog_glob = nombre de veaux sevrés par nombre de vaches présentes), iii) la **mortalité** (en pourcentage) – entre la naissance et le sevrage à 210 jours (Mort_sev) et iv) la croissance à partir du Gain Moyen Quotidien (GMQ, en grammes par jour) pour les veaux mâles ou femelles sur deux périodes (de la naissance à 120 jours (GMQ_0-120) et de 120 jours à 210 jours (GMQ_120-210)). Pour les éleveurs ayant eu recours à l'IA, i) la **fécondité** (en jours) au travers du délai de mise à la reproduction – Intervalle Vêlage-IA1 (IVIA1) et ii) la **fertilité à l'IA** (en pourcentage) – Taux de réussite à l'IA1 (TRIA1) ont également été analysées.

1.4 CHOIX DE LA POPULATION ETUDIEE

A partir de ces renseignements, une cartographie de la CB a été réalisée pour identifier les zones où les effectifs étaient homogènes entre la CB et la CL sur un ou plusieurs départements. Les troupeaux de la zone retenue ont ensuite été décrits à partir de leur profil et de leurs performances. Au sein de cette population, les modalités des variables décrivant les profils de troupeaux avec des effectifs insuffisants en CB (minimum 15 troupeaux) n'ont pas été conservés pour l'analyses : les troupeaux de races Aubrac, Salers et Rouge des Prés et les troupeaux avec une saison de vêlages au printemps. Pour les performances de reproduction à l'IA seul les troupeaux avec 60% de vêlages issus d'IA ont été sélectionnés.

1.5 ANALYSE STATISTIQUE DES DONNEES

L'effet de la conduite (CB *versus* CL) a été évalué sur la fécondité, la fertilité à l'IA, la productivité, la mortalité et la croissance des veaux par un modèle d'analyse de variance (fonction lme du package nlme du logiciel R®), intégrant un effet aléatoire Troupeau-Race, à mesures répétées (3 campagnes) avec structure de corrélation AR1. Les effets fixes introduits sont : la conduite, la campagne, la race, l'intensité_saison, l'effectif, la Prat_IA, la pc_Primi, l'Agevel1, le Vel_ss. Les interactions Conduite-Race, Conduite-intensité_saison et Conduite-Prat_IA ont été testées. Si elles n'étaient pas significatives au seuil de 10 %, elles ont ensuite été retirées du modèle. L'effet de la conduite est considéré statistiquement différent au seuil $p \leq 0,05$.

2. RESULTATS

La zone d'étude (départements : 17-44-49-53-72-79-85) comporte 1 046 élevages adhérents au réseau Bovins Croissance, soit 11% des élevages bovins allaitants de la zone d'après l'observatoire Reproscope (Bidan *et al.*, 2018). Dans cette population, pendant la période 2016, 2017 et 2018, 20 % des élevages (soit 209 élevages) pratiquaient la conduite bloquée et 49 % ne la pratiquaient pas. Pour 31 % des élevages, l'information n'a pas été fournie par les conseillers. En considérant les élevages où l'information a été recensée, cette conduite est présente dans 29% des élevages de la population. Le positionnement géographique des élevages a permis de définir les zones où les effectifs étaient homogènes entre la CB et la CL. Les ¾ des élevages en CB sont regroupés sur les départements des Deux-sèvres et de Vendée, soit 146 troupeaux. A l'inverse sur cette zone, pour les troupeaux où l'information a été remontée, 156 troupeaux sont qualifiés de CL. Ces deux sous-populations, de 302 troupeaux, sont retenues dans le cadre de la description des profils de troupeaux et de l'analyse des performances zootechniques pour cette analyse.

2.1 DESCRIPTION DU PROFIL DES TROUPEAUX

Les caractéristiques principales des troupeaux en CB sont décrites dans le tableau 1. Ce sont en majorité des troupeaux de race Charolaise (57%) ou Parthenaise (20%), avec un groupage des mises-bas sur trois mois en automne/hiver ou pratiquant la double période de vêlage (≥30% sur une saison et ≥30% sur une deuxième saison les deux étant séparées par une période sans vêlage) et pratiquant majoritairement de l'IA avec toutefois des élevages exclusivement en monte naturelle. La CB est peu présente dans les troupeaux de petites tailles. De plus, le vêlage précoce (<33 mois d'âge au premier vêlage) est majoritairement pratiqué par des élevages en CB, et le taux de renouvellement est plutôt faible. Enfin, le pourcentage de

vêlages sans aide est légèrement plus élevé pour les troupeaux en CB.

Profil des troupeaux	Effectif	%CB	%CL
Population de l'analyse	302	52	48
Race			
Limousine	22	32	68
Charolaise	171	51	49
Parthenaise	61	54	46
Blonde d'Aquitaine	48	40	60
Intensité et saison			
Vêlages étalés (<60% /3mois)	125	41	59
Automne/Hiver (60-79% /3mois)	64	41	59
Automne/Hiver (80-100% /3mois)	86	63	37
Double période	25	52	48
Effectif			
1 à 39 vêlages	28	37	63
40 à 69 vêlages	77	41	59
70 à 99 vêlages	91	52	48
≥ 100 vêlages	104	54	46
Pratique de l'IA			
Monte Naturelle exclusive	48	25	75
1 à 19% d'IA	71	32	68
20 à 79% d'IA	117	57	43
80 à 99% d'IA	44	62	38
100% d'IA	23	80	20
Age au premier vêlage			
< 33 mois	74	65	35
≥ 33 mois	228	43	57
Taux de renouvellement			
0 à 24% de primipares	72	65	35
25 à 34% de primipares	174	43	57
≥ 35% de primipares	57	48	52
% de vêlages sans aide (moyenne)	302	71	68

Tableau 1 : Profils des 302 troupeaux retenus pour analyser les effets de la conduite « bloquée » des veaux (CB, n=146) comparativement à la conduite « libre » (CL, n=156)

2.2 UNE FECONDITE FAVORISEE

La fécondité est impactée favorablement par la conduite CB. L'IVV troupeau et l'IVV multipares sont en moyenne réduits significativement de 5 jours. En ce qui concerne l'IVV des primipares, seuls les troupeaux de race Blonde d'Aquitaine ont un effet d'amélioration significatif de 20 jours. Enfin, dans les troupeaux où les veaux issus d'IA représentent 60 % des vêlages, l'IVIA1 est réduit significativement de 3,3 jours avec une baisse du TRIA1 de -2,8 % mais cette différence de la fertilité n'est pas significative (tableau 2).

Performance *(en jours)*	**CB**	**CL**	**Ecart entre CB et CL** *(p-value)*
IVV_T	379 ±12	384 ±21	-5 *(<0,001)*
IVV_multi	374 ± 11	379 ±20	-5 *(<0,001)*
IVV_primi[1]	393 ±24	414 ±45	-20 *(<0,001)*
IVIA1[2]	77,8 ±7	81,1 ±13	-3,3 *(0,035)*
TRIA1[2] *(en %)*	64,4 ±10	67,2 ±11	-2,8 *(0,164)*

Tableau 2 : Performance de reproduction selon la conduite (moyenne ajustée ± écart-type)

(1) IVV_primi de race Blonde d'Aquitaine est ressortie significatif avec une interaction conduite-race ;

(2) la sous-population avec le pourcentage de veaux d'IA ≥60%, soit 54 et 26 troupeaux respectivement en CB et CL.

2.3 UNE PRODUCTIVITE AMELIOREE

La productivité pratique et la productivité globale sont significativement meilleures avec respectivement +1,4 % et +4,0 % avec la CB. L'amélioration de la productivité s'explique en partie par une diminution significative de la mortalité de -1,2 % (tableau 3).

Performance *(en %)*	**CB**	**CL**	**Ecart entre CB et CL** *(p-value)*
Mortalité	10,4 ±5,8	11,5 ±5,5	-1,2 *(<0,015)*
Prod_Prat	92,9 ±7,0	91,5 ±6,5	+1,4 *(<0,014)*
Prod_glob	94,1 ±10,3	90,1 ±11,8	+4,0 *(<0,001)*

Tableau 3 : Mortalité des veaux et productivités pratiques et globales des troupeaux selon la conduite (moyenne ajustée ± écart-type).

2.4 UNE CROISSANCE AVANT SEVRAGE AMELIOREE

En ce qui concerne la croissance entre 0 et 120 jours, la différence entre les conduites CB et CL n'est pas significative pour les GMQ des veaux mâles et des veaux femelles. En revanche, entre 120 et 210 jours, que ce soit pour les mâles ou les femelles, les élevages pratiquant la CB ont un GMQ supérieur respectivement de 68 et 56 g/jour. Enfin, si nous synthétisons sur la période 0-210 jours, le GMQ moyen est significativement supérieur de 30 g/jour pour les mâles et les femelles (respectivement 36 et 34 g/jour) pour les élevages en CB (tableau 4).

GMQ *(en g/jour)*	**CB**	**CL**	**Ecart entre CB et CL** *(p-value)*
0-120 mâle	1 025 ±128	1 020 ±126	+5 *(<0,683)*
120-210 mâle	1 302 ± 181	1 233 ±197	+68 *(0,001)*
0-120 femelle	977 ±115	964 ±104	-13 *(0,290)*
120-210 femelle	1 097 ±145	1 041 ±153	+56 *(<0,001)*

Tableau 4 : Gain moyen quotidien des veaux mâles et femelles sur les deux phases 0-120 et 120-210 jours selon la conduite (moyenne ajustée ± écart-type).

3. DISCUSSION

Dans le cadre de cette analyse, il n'avait pas été demandé aux techniciens de caractériser les modalités de mise en œuvre des CB dans les élevages, que ce soit sur la période de mise en application (entre le vêlage et le sevrage) ou sur la durée journalière de séparation des veaux (seulement le jour, la nuit, libération uniquement sur de courtes périodes…). Pour aller plus loin dans l'étude de cette conduite, un questionnaire plus détaillé permettrait d'avoir une caractérisation plus précise de la CB, selon des modalités différentes. L'étude montre que les élevages pratiquant la conduite bloquée ont de meilleurs résultats zootechniques par rapport aux autres troupeaux. Il est difficile d'écarter un effet technicité des éleveurs qui peut être différent entre ces populations. Toutefois, la méthode d'analyse statistique utilisée a pris en compte un certain nombre de pratiques/performances comme le groupage des mises-bas ou l'âge au premier vêlage qui reflète en partie cette technicité. La fécondité est meilleure dans les troupeaux pratiquant la CB. Cette amélioration peut s'expliquer par un effet sur la reprise de cyclicité induite par une diminution de la fréquence des tétées (Stagg *et al.*, 1998) ou par une meilleure maîtrise de la mise à la reproduction des vaches, en particulier pour la pratique de l'IA. En outre avec de l'IA, cette mise à la reproduction plus précoce n'impacte pas significativement la fertilité. L'amélioration de la détection des chaleurs pour la pratique de l'IA remontée par certains éleveurs n'a cependant pas à ce jour été confirmée. Pour l'objectiver, il sera important de dissocier un effet de la conduite sur l'expression de l'œstrus par les vaches (durée et intensité ; à étudier avec des accéléromètres) ou sur la détection par l'éleveur influencée par une présence plus importante inhérente à la manipulation des veaux pour la CB. Enfin, la Prod_glob s'améliorant plus que la Prod_prat, cela indique que les troupeaux en CB ont moins de vaches improductives. Souvent citée pour faciliter la détection des chaleurs pour la pratique de l'IA, il a été surprenant de voir que des troupeaux exclusivement en saillie naturelle aient recours à la CB : l'effet sur l'anœstrus justifie néanmoins cette pratique dans ces troupeaux, tout comme la diminution des accidents entre le taureau et les veaux pendant la période de reproduction qui est également à prendre en compte. Dans

l'échantillon de l'étude, l'effet de la conduite sur les IVV_Primi exclusivement chez les races Blonde d'Aquitaine n'a pas d'explication.

Chanvallon *et al.*, 2015. indique que cette conduite est peu coûteuse. Cependant, il est nécessaire d'avoir des bâtiments adaptés avec des cases à veaux adjacentes à celles des vaches. De plus, il est indiqué que cette méthode engendre un surplus de travail. Toutefois, après une phase d'apprentissage, d'une durée, à dire d'éleveurs, de quelques jours à quelques semaines, mais à ce jour non décrite finement, la manipulation journalière gagne en efficacité avec des animaux plus dociles (Bidan *et al.*, 2020). A l'inverse, les retours des éleveurs autour de cette conduite sont unanimement favorables (Bidan *et al.*, 2020) en ce qui concerne la surveillance accrue par la manipulation quotidienne qui favorise la détection d'animaux malades. Cela peut se traduire d'ailleurs par une mortalité significativement moindre dans les troupeaux en CB qui se répercute sur la Prod_Prat et la Prod_Glob. Ces deux indicateurs majeurs de l'efficacité économique d'un troupeau allaitant mettent donc en avant l'intérêt de cette pratique.

Le lait étant l'aliment principal favorisant la croissance des veaux (Institut de l'élevage, 2014), le fait de limiter les tétées pourrait laisser à penser que les veaux consomment moins de lait et donc, ont des croissances moins importantes. Toutefois, il est considéré dans la littérature que le veau de plus de deux mois est toujours capable de boire en deux tétées tout le lait produit par sa mère en 24 heures (Le Neindre, 1974) et le nombre moyen de tétées par jour pour les charolaises est d'ailleurs compris entre 2 et 3 (Sepchat *et al.*, 2017). Il peut donc être finalement supposé que les veaux libres et bloqués consomment les mêmes quantités de lait. Les croissances similaires des mâles et des femelles entre 0 et 120 jours de notre étude vont dans ce sens. Toutefois, les causes d'une croissance favorisée par la conduite entre 120 et 210 jours nécessitent d'être caractérisées pour mieux comprendre les mécanismes associés : effet de la CB sur le comportement alimentaire des veaux ou pratiques de complémentation adaptées pour les veaux en CB. L'impossibilité de téter sa mère peut favoriser la consommation d'aliment à l'auge et ce dès le plus jeune âge. Ce comportement peut ainsi favoriser le développement de l'appareil digestif des animaux permettant ainsi par la suite une meilleure croissance par une assimilation optimisée de la ration. Dans le cadre d'études complémentaires la quantité réellement consommée par les veaux entre les deux conduites devra être mesurée dans l'auge des veaux, mais aussi dans celles des vaches. Il serait également pertinent d'interroger les éleveurs quant à leurs pratiques d'alimentation des animaux qui pourraient influencer les écarts observés dans notre étude. Enfin, l'influence de la conduite des veaux sur l'évolution du poids et de l'état corporel des vaches devra être étudiée et mise en relation avec les performances de reproduction des vaches des deux conduites. Pour compléter ces travaux, l'impact de cette conduite sur le bien-être animal devra être évalué précisément. Bidan *et al.* (2020) ont mis en évidence une absence d'impact majeur sur le rythme de vie des veaux (durée de tétées, alimentation dans l'auge, rumination, repos) et une augmentation de certains comportements stéréotypiques (jeux de langues et léchages de support). Toutefois, ces conclusions correspondent à une seule journée d'observation 50 jours après la mise en place de la CB. Des suivis complémentaires, de la mise en place de la CB au sevrage et quelles que soient les modalités d'application, sont à envisager pour évaluer l'impact sur le comportement des veaux. En termes de bien-être, les retours d'éleveurs qui font état d'une phase de sevrage facilité pour les veaux restent également à être objectivés finement.

CONCLUSION

L'étude montre qu'en terme de reproduction, la CB impacte favorablement la fécondité et la productivité sans avoir d'effet sur la fertilité à l'IA. De plus, cette conduite semble apporter une amélioration du GMQ des veaux sur la dernière phase d'élevage avant le sevrage. Les appréhensions potentielles autour du bien-être animal doivent être mises en perspectives avec la baisse de la mortalité des veaux. Cette conduite pourrait faire l'objet d'études complémentaires sur la détection et l'expression des chaleurs, la croissance pour objectiver si d'autres pratiques ou comportements alimentaires expliquent l'amélioration du GMQ, sur le bien-être et la docilité des animaux en fonction des différentes modalités possibles de mise en application de la CB tout en mesurant l'impact sur le travail des éleveurs.

Les auteurs remercient Apis-Diffusion et Innoval pour la fourniture des données d'insémination ainsi que la contribution financière de la région Pays de la Loire.

Bidan, F., Le Mézec, P., Dimon, P., Salvetti, P., Lejard, A., Bareille, N., 2018. Renc. Rech. Ruminants., 24, 402.

Bidan, F., Dimon, F., Blachon, A., 2020. Sommet de l'élevage. Institut de l'Elevage.

Chanvallon, A., Chastant, S., Bidan, F., Grimard, B., 2015. Institut de l'Elevage. Collection Synthèse. Réf. 1773-9020/0015 302 040.

Crowe, M.A., Diskin, M.G., Williams, E.J., 2014. Animal, 8, 40-53.

Grimard, B., Agabriel, J., Chambon, G., Chanvallon, A., Constant, F., Chastant-Maillart, S., 2017. INRA, 2017, 30, pp.125-138.

Institut de l'élevage, 2014. Les Incontournables, 29-66

Le Neindre, P., 1974. Bull. Tech. CRZV Theix, INRA, 212-230

Sepchat, B., D'hour, P., Agabriel, J., 2017. INRA Prod. Anim., 30, 139-152.

Stagg, K., Diskin, M.G., Sreenan, J.M., Roche, J.F., 1998. Vol.59, n°4, p 777-783.

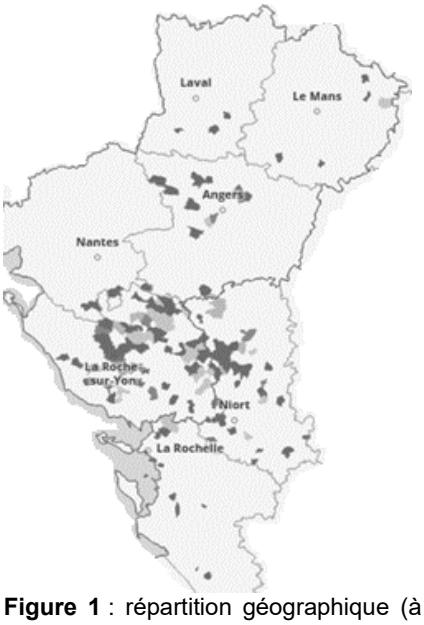


Figure 1 : répartition géographique (à l'échelle communale) des élevages utilisant la conduite bloquée (indépendamment des modalités de mise en application de la conduite) adhérents au réseau Bovins Croissance (Bovins Croissance Sèvres Vendée Conseils, Seenovia, et la Chambre d'Agriculture des Pays de la Loire) des départements 17-44-49-53-72-79-85.

Relations entre fertilité à l'insémination artificielle, dynamique de production laitière, réserves corporelles et stress thermique chez la chèvre laitière de race Alpine

GAFSI N. (1) (2), BIDAN F. (1), GRIMARD B. (3), LEGRIS M. (1), MARTIN O. (2), PUILLET L. (2)
(1) Institut de l'Elevage, 149, rue de Bercy, 75595 Paris Cedex 12, France
(2) Université Paris-Saclay, INRAE, AgroParisTech, UMR Modélisation Systémique Appliquée aux Ruminants, 75005 Paris, France
(3) Université Paris-Saclay, INRAE, Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort, UMR 1198 BREED, Domaine de Vilvert, 78 350, Jouy-en-Josas, France

RESUME
L'objectif de ce travail était d'évaluer l'impact de la dynamique de production laitière et des réserves corporelles sur la fertilité à l'insémination artificielle (IA) chez la chèvre en analysant la base de données de la station expérimentale du Pradel (1 138 lactations, 595 chèvres de race Alpine pendant 24 campagnes de production de 1996 à 2020). Le critère retenu pour la réussite à la reproduction d'une chèvre pour une campagne d'insémination est l'intervalle entre l'IA et la mise-bas suivante : un intervalle inférieur ou égal à 160 jours qualifie la réussite de l'IA. Un modèle mixte de régression logistique a été utilisé pour analyser les relations entre la réussite à la reproduction et les caractéristiques individuelles des chèvres (rang de lactation, stade de lactation à l'IA, échec à l'IA précédente), les données climatiques (température et index température humidité (THI) maximal) enregistrées dans une station météorologique proche de la station, et les données de production laitière (PL) et d'état corporel (poids vif (PV) et note d'état corporel (NEC)). Les effets de la PL ont été analysés avec des indicateurs statiques (PL autour de l'IA, taux butyreux, taux protéique, cellules somatiques) et dynamiques (évolution de la PL dans le mois et demi qui précède l'IA). La même stratégie a été adoptée pour le PV et la NEC (sternale et lombaire) avec des indicateurs autour de l'IA et des indicateurs dynamiques avant IA (évolution dans les trois mois et demi qui précèdent l'IA). Sur les 24 années étudiées, la fertilité à l'IA a été en moyenne de 69,6 % (± 11,0 %). Les facteurs habituellement observés de variation de la fertilité à l'IA (comme l'échec à l'IA précédente, le stade de lactation à l'IA et la parité) ainsi que les valeurs maximales de THI et de température autour de l'IA n'ont pas présenté d'effets significatifs sur la fertilité à l'IA. Avec un stade de lactation moyen à l'IA de 210 jours (± 8 jours), la PL autour de l'IA a eu tendance à affecter (p=0,059) la fertilité à l'IA. La NEC lombaire autour de l'IA a affecté significativement la fertilité à l'IA (p=0,007). L'évolution de la note lombaire a affecté significativement la fertilité à l'IA uniquement chez les primipares, avec de moins bons résultats pour des chèvres en gain par rapport à des chèvres en stabilité ou en perte d'état corporel (p=0,002). L'évolution de la note sternale a eu tendance à affecter la réussite à l'IA uniquement chez les multipares, avec de moins bons résultats pour des chèvres en perte d'état corporel par rapport à des chèvres en stabilité ou en gain (p=0,079). Ces résultats ouvrent la perspective d'identification d'animaux à risque d'échec de reproduction à l'IA. Ils permettront d'améliorer la prédiction de la réussite à la reproduction en fonction des interactions entre réserves corporelles et production laitière chez la chèvre laitière. Ces connaissances alimenteront un simulateur de fonctionnement d'un troupeau caprin existant et permettront de mieux caractériser les interactions entre conduite de l'alimentation et de la reproduction à l'échelle du troupeau.

Relationships between fertility after artificial insemination, milk production dynamics, body reserves and heat stress in Alpine dairy goats

GAFSI N. (1) (2), BIDAN F. (1), GRIMARD B. (3), LEGRIS M. (1), MARTIN O. (2), PUILLET L. (2)
(1) Institut de l'Elevage, 149, rue de Bercy, 75595 Paris Cedex 12, France

SUMMARY
The objective of this work was to evaluate the impact of milk production and body reserves dynamics on fertility after artificial insemination (AI) in goats by analysing the database of the Pradel experimental station (1 138 lactations, 595 Alpine goats during 24 production campaigns from 1996 to 2020). The criterion of reproductive success of a goat for an insemination event was measured with the interval between AI and the next kidding (an interval less than or equal to 160 days qualified an AI success). A mixed logistic regression model was used to analyse the relationships between reproductive success and individual goat characteristics (parity, lactation stage at AI, previous AI failure), climatic data (temperature and maximum Temperature Humidity Index (THI)) recorded at an outdoor weather station close to the farm, milk production (MP) and body condition data (body weight (BW) and body condition score (BCS)). The effects of MP were analysed with static indicators (production around AI, fat and protein contents, somatic cells) and dynamic indicators (change in MP within a month and a half before AI). The same strategy was adopted for BW and BCS (sternal and lumbar) with static indicators around AI and dynamic indicators before AI (change within three and a half months before AI). Over the 24 years studied, fertility after AI averaged 69,6% (± 11,0 %). Factors usually known for affecting fertility after AI (such as previous AI failure, lactation stage at AI and parity), maximum temperature and THI around AI did not show significant effects. With a mean lactation stage at AI of 210 days (± 8 days), MP around AI tended to affect fertility after AI (p=0,059). Lumbar BCS around AI significantly affected fertility after AI (p=0,007). Change of lumbar score significantly affected fertility after AI only in primiparous goats, with poorer results for goats gaining body condition versus goats with stable or decreasing body condition (p=0,002). Change of sternal score tended to affect fertility after AI only in multiparous goats, with poorer results for goats with decreasing body condition compared to goats with stable or increasing body condition (p=0,079). These results open perspectives of identifying animals at risk of reproductive failure at AI. They can be used to improve the prediction of reproductive success of dairy goats based on interactions between milk production and body reserves. This knowledge will support to developing an existing goat herd simulator to better characterize the interactions between feeding and reproductive management strategies at herd scale.

INTRODUCTION

En systèmes caprins laitiers, comme dans les autres espèces, les causes d'échec de reproduction sont multifactorielles et peuvent dégrader les résultats de fertilité. Dans le cas de l'insémination artificielle (IA), des études ont pu mettre en évidence certains facteurs de variations de réussite (parité, stade de lactation à l'IA, période d'insémination, échec à la précédente IA, niveau de production laitière au moment de l'IA) (Chanvallon *et al*., 2013 ; Furstoss *et al*., 2015 ; Freret *et al*., 2018). D'autres auteurs ont montré un effet de l'état corporel sur des paramètres reproductifs plus fins (taux d'ovulation, pic de LH (Luteinizing Hormone)) indépendamment des caractéristiques animales et de la production laitière (Branca, 2004; De Santiago-Miramontes *et al*., 2009; Zarazaga *et al*., 2014). Les relations entre réserves corporelles, production laitière et réussite à la reproduction ont été explorées chez les vaches laitières (Friggens *et al.,* 2010 ; Cutullic *et al.,* 2012 ; Bedere *et al*., 2016), en revanche, à notre connaissance il n'existe pas d'étude chez les caprins. L'objectif de cette étude est de proposer une analyse multivariée de la fertilité à l'IA en lien avec les caractéristiques animales, les données climatiques, et les données relatives à la dynamique des réserves corporelles et de la production laitière.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. ORIGINE DES DONNEES

Les données individuelles utilisées (caractéristiques des chèvres, données de production laitière, de réserves corporelles et de reproduction) provenaient des chèvres de race Alpine inséminées à la station expérimentale du Pradel en Ardèche sur la période 1996-2020.
Les données météorologiques ont été extraites de bases de données nationales SAFRAN via l'application web SICLIMA.

1.2. CONDUITE DE LA REPRODUCTION

L'IA des chèvres se déroulait chaque année sur la première quinzaine d'août, et était précédée d'un traitement hormonal de synchronisation de l'œstrus et de l'ovulation (Groupe Reproduction Caprine, 2013a). Deux méthodes d'IA étaient pratiquées au Pradel : en semence congelée (77 % du troupeau inséminé) ou en semence fraîche issue des boucs de l'exploitation. Seules les chèvres inséminées en congelées ont été conservées pour cette étude. La fertilité à l'IA d'une chèvre a été définie par une variable binaire (0 en cas d'échec et 1 en cas de réussite). Elle a été calculée grâce à l'intervalle entre l'IA et la mise-bas suivant la mise à la reproduction comme proposé par Chanvallon *et al.,* (2013). Si cet intervalle est inférieur à 140 jours, il y a eu fécondation mais la gestation n'a pas atteint son terme. Si cet intervalle est compris entre 140 et 160 jours alors il y a eu fécondation sur IA. Si cet intervalle dépassait 160 jours, nous avons considéré qu'il s'agissait d'un échec à l'IA. Le stade de lactation au moment de l'IA (intervalle entre la mise-bas précédente et l'IA) et l'échec à l'IA précédente ont également été déterminés.

1.3. INDICATEURS DE PRODUCTION LAITIERE

Un indicateur statique de production laitière (PL) a été calculé comme la PL hebdomadaire la plus proche de l'IA (en moyenne **3,0 ± 3,4** jours en valeur absolue autour de l'IA)**.** Des indicateurs de qualité du lait les plus proches de l'IA ont également été retenus (**4,0 ± 6,0** jours en valeur absolue autour de l'IA) : TB (Taux butyreux), TP (Taux protéique), rapport TB/TP et CCS (concentration en cellules somatiques du lait). La dynamique de PL avant IA a été caractérisée avec un indicateur correspondant à la différence entre la mesure de PL précédant l'IA la plus proche (**5,5 ± 4,0** jours) et la mesure distante d'environ un mois et demi de l'IA (**47,0 ± 4,0** jours).

1.4. INDICATEURS DES RESERVES CORPORELLES

Le poids vif (PV) et la note d'état corporel (NEC) étaient mesurés tous les 28 jours environ. La NEC était évaluée au niveau des régions lombaire et sternale sur une échelle de 0 à 5 points (Morand-Fehr et Hervieu, 1999). Par analogie avec les données de PL, les indicateurs statiques de PV et de NEC ont été retenus sur la base des mesures les plus proches de l'IA (en moyenne **11,0 ± 6,0** jours en valeur absolue autour de l'IA). Des indicateurs dynamiques de PV et de NEC ont été calculés comme la différence entre la dernière mesure au contrôle le plus proche précédant l'IA (**17,0 ± 10,0** jours) et la mesure précédente, distante de l'IA d'environ trois mois et demi (**110,0 ± 15,0** jours).

1.5. INDICATEURS DE STRESS THERMIQUE

L'indicateur de stress thermique (THI : Temperature Humidity Index) a été calculé selon la formule suivante *(*Srivastava *et al.,* 2021) :
THI = (1,8 × T + 32) − [(0,55 – 0,0055 × HR) × (1,8 × T – 26,8)] avec T la température ambiante en °C et HR l'humidité relative en % (NRC,1971).
Les valeurs maximales obtenues pour le THI et la température les plus proches de l'IA (5 jours autour de l'IA) ont été utilisées.

1.6. ANALYSES STATISTIQUES

L'ensemble des analyses a été conduite avec le logiciel RStudio® (RStudio Desktop 2022.02.3). Les effets de la production laitière, des réserves corporelles, des caractéristiques animales et du stress thermique ont été explorés à l'aide d'un modèle mixte de régression logistique (procédure glmer) incluant l'année comme effet aléatoire. Les effets fixes pris en compte dans le modèle sont les caractéristiques animales, les indicateurs de production laitière, de réserves corporelles et de stress thermique. Une analyse univariée préliminaire a permis d'écarter certaines variables ne présentant aucun effet sur la fertilité à l'IA. Les variables restantes ont été utilisées dans une procédure automatique de sélection de modèles, permettant d'aboutir à un modèle optimal (minimisation du critère d'AIC (Akaîke Information Criterion). Les seules variables imposées lors de la procédure de sélection de modèles sont la parité et le stade de lactation à l'IA. Des interactions d'ordre 1 ont été testées : parité * PL à l'IA, parité * variation de PL avant l'IA, parité * PV à l'IA, parité*variation de PV avant l'IA, parité* NEC à l'IA, parité * variation de NEC avant l'IA, parité * stade de lactation à l'IA, PV à l'IA * NEC à l'IA. Les comparaisons entre modalités ont fait l'objet d'un test de Tukey-Kramer. Un facteur est considéré comme significatif si $p<0,05$. Une tendance est considérée si p est entre 0,05 et 0,10.

2. RESULTATS

2.1. CARACTERISTIQUES DE L'ECHANTILLON

L'échantillon était constitué de 1 138 lactations de 595 chèvres sur la période 1996-2020. Le rang de lactation s'étendait de 1 à 9 avec une moyenne de 2,0 (± 1,2). Autour de l'IA, les chèvres produisaient en moyenne 2,7 ± 0,7 kg lait avec un PV moyen de 59,0 ± 9,3 kg, une NEC moyenne lombaire et sternale à l'IA de 2,6 ± 0,3 et 3,0 ± 0,3 respectivement. Elles ont été inséminées en moyenne à 210,1 ± 8,4 jours de lactation. Sur la période 1996-2020, la fertilité à l'IA moyenne de l'échantillon a été de 69,6% (28 à 85% selon les années).

Les résultats du modèle sont présentés dans le tableau 1.

2.2. EFFETS DES CARACTERISTIQUES ANIMALES ET DES DONNEES CLIMATIQUES

Le THI maximal à l'IA, **l'échec à l'IA précédente** et l'intéraction **parité * stade de lactation à l'IA** n'ont pas été retenus dans le modèle optimal car ils n'ont pas eu d'effets sur la fertilité à l'IA.

La **parité** n'a pas été un facteur de variation de la fertilité à l'IA car elle n'a pas été différente entre les primipares (69,3%) et les multipares (67,0%).
Le **stade de lactation à l'IA** a eu tendance à affecter la fertilité à l'IA (p=0,055). Les chèvres inséminées entre 205 et 215 jours ont présenté une meilleure fertilité que celles inséminées à moins de 205 jours (71,3% vs 62,1%, p=0,042). La **température maximale à l'IA** n'a pas eu d'effets sur la fertilité (p=0,142).

2.3. EFFET DES INDICATEURS RELATIFS AUX RESERVES CORPORELLES

Le **PV à l'IA** a présenté un effet significatif sur la fertilité à l'IA sans différences significatives entre modalités. La **variation de PV avant l'IA,** et les interactions **parité * PV à l'IA** et **parité*variation de PV avant l'IA** n'ont pas été retenues dans le modèle optimal car ils n'ont pas eu d'effets sur la fertilité à l'IA.

La **NEC lombaire à l'IA** a présenté un effet significatif sur la fertilité à l'IA (p=0,007). Les chèvres ayant une NEC ≤ 2,25 ont présenté une fertilité à l'IA plus faible que celles ayant une NEC comprise entre]2,25 ; 2,75] (63,2% vs 73,4%, p=0,011). L'interaction **parité * variation de note lombaire** a présenté un effet significatif sur la fertilité à l'IA (p=0,002). Il existe des différences significatives de fertilité entre modalités pour les primipares. Celles en gain de note lombaire (>+0,25 points de note) dans les trois mois et demi précédant l'IA ont présenté de moins bons résultats de fertilité à l'IA que celles en perte d'état (<-0,25 points de note) (p=0,005) ou en stabilité d'état (54,1% vs 79,0% vs 76,2%, p<0,001). En revanche pour les multipares, il n'y a pas eu d'effets de la variation de note lombaire sur la fertilité à l'IA.

La **NEC sternale à l'IA** n'a pas été retenue dans le modèle optimal car elle n'a pas eu d'effets sur la fertilité à l'IA.
L'interaction **parité * variation de note sternale** a présenté une tendance sur la fertilité à l'IA (p=0,079). Les multipares en gain d'état sternal ont présenté de meilleurs résultats de fertilité que celles en perte (76,4% vs 54,6%, p=0,003). Les multipares en stabilité d'état sternal ont eu une meilleure fertilité que les chèvres en perte (71,8% vs 54,6% p=0,009). En revanche, la variation de note sternale n'a pas eu d'effets sur la fertilité chez les primipares.

2.4. EFFET DES INDICATEURS DE PRODUCTION LAITIERE

Les **indicateurs de qualité du lait (TB, TP, TB/TP et CCS)** n'ont pas été retenus après l'étape d'analyse univariée**.**
La **PL à l'IA** a eu tendance à affecter la fertilité à l'IA (p=0,059). Les chèvres qui produisaient le plus au moment de l'IA (>3,2 kg) ont eu tendance à avoir une fertilité plus faible que celles qui produisaient le moins au moment de l'IA (≤ 2,3 kg) (61,7% vs 72,8%, p=0,059). L'intéraction **parité*PL à l'IA** n'a pas été retenue dans le modèle optimal car elle n'a pas eu d'effets sur la fertilité à l'IA.
La **variation de PL avant l'IA** et l'intéraction **parité * variation de PL avant l'IA** n'ont pas été retenues dans le modèle optimal car elles n'ont pas eu d'effets sur la fertilité à l'IA.

Variable	Modalités	Effectif (n = 1,138 lactations)	Fertilité IA (%)
Stade de lactation à l'IA (p=0,055)	<205	167	62,1[1]
	[205 ; 215[	736	71,3[2]
	≥215	235	71,1[12]
Parité (p=0,926)	1 = primipares	534	69,3
	2+ = multipares	604	67,0
Température à l'IA (°C) (p=0,142)	≤32	777	71,2
	>32	361	64,9
NEC Lombaire IA (p=0,007)	≤2,25	239	63,2[a]
	]2,5 ; 2,75]	768	73,4[b]
	≥3	131	67,8[ab]
PV à l'IA (kg) (p=0,031)	≤52	290	72,1
	]52 ; 65]	564	62,0
	>65	284	70,5
PL à l'IA (kg/j) (p=0,059)	≤2,3	390	72,8[1]
	]2,3 ; 3,2]	537	69,5[12]
	>3,2	211	61,7[2]
Variation de note lombaire : Parité (p=0,002)	Gain :1	173	54,1[a]
	Perte : 1	96	79,0[b]
	Stabilité :1	265	76,2[b]
	Gain : 2+	192	67,6
	Perte : 2+	67	73,3
	Stabilité : 2+	345	64,0
Variation de note sternale : Parité (p=0,079)	Perte : 1	100	70,9
	Gain :1	168	70,9
	Stabilité :1	266	70,4
	Perte : 2+	81	54,6[a]
	Gain : 2+	185	76,4[b]
	Stabilité : 2+	338	71,8[b]

Tableau 1 : Modèle sur les variables retenues sur fertilité estimées à l'IA sur 1138 lactations (les modalités ayant des lettres différentes sont statistiquement significatives, les modalités ayant des chiffres différents sont des tendances observées)

3. DISCUSSION

Dans le cadre de la conduite de la reproduction au Pradel, la sélection des chèvres pour favoriser la fertilité avec la semence congelée porte ses fruits. En effet, le stade de lactation au moment de l'IA n'a présenté qu'une tendance qui est cohérente avec la littérature (Chanvallon *et al.,* 2013; Furstoss *et al*., 2015; Freret *et al*., 2018).
L'échec à l'IA précédente ne ressortait pas significative, à l'inverse d'autres études (Chanvallon *et al.,* 2013; Freret *et al.*, 2018).
Le Pradel respecte bien les recommandations pour la mise à la reproduction (Groupe Reproduction Caprine, 2013b) ce qui peut expliquer que les critères stade de lactation à l'IA et échec à l'IA précédente n'ont pas d'effets significatifs sur la fertilité à l'IA. Cela suggère qu'un bon respect de ces recommandations sur les femelles à inséminer améliore les résultats de fertilité.
De même la parité n'a pas eu d'effets sur la fertilité à l'IA contrairement à ce qui a pu être observé (Chanvallon *et al.,* 2013; Freret *et al.*, 2018).

Les valeurs maximales de température et de THI autour de l'IA n'ont pas eu d'effets significatifs sur la fertilité à l'IA. Dans notre étude, la température est mesurée par une station météorologique à l'extérieur de la ferme et non en bâtiment.
Il est donc possible que l'exposition des animaux au stress thermique ne soit pas bien évaluée. Les indicateurs et les seuils (32°C pour la température et 80 pour le THI) choisis n'ont pas été discriminants. Certains auteurs suggèrent que les

chèvres commencent à expérimenter un stress thermique au-dessus de 25°C (Kadzere *et al.,* 2002), d'autres considèrent un seuil de tolérance beaucoup plus haut entre 35°C et 40°C (Salama *et al.*, 2014; Sejian *et al.*, 2021) car la chèvre serait capable de mieux dissiper la chaleur du fait de son petit gabarit. Il n'y a donc pas de réel consensus en termes de seuil critique pour la température/THI pour la chèvre. Dans un contexte de changement climatique, la prise en compte du stress thermique dans l'analyse de la réussite à la reproduction est nécessaire et mérite plus d'investigations.

Le niveau de PL au moment de l'IA n'a présenté qu'une tendance sur la fertilité à l'IA qui est en accord avec ce qui a déjà été observé chez la chèvre *(*Arrebola *et al.,* 2014*;* Freret *et al.*, 2018) et chez la vache laitière (Michel *et al.*, 2003 ; Grimard *et al.,* 2006; Freret *et al*., 2011) avec un effet délétère d'un haut niveau de production autour de la période de reproduction sur la fertilité. Cette tendance et l'absence de significativité pourraient être liés aux bonnes pratiques du Pradel sur le choix des chèvres à la mise à la reproduction.

Le PV à l'IA a présenté un effet significatif sans différences significatives entre modalités. La non-significativité observée entre modalités est surprenante et est probablement liée aux classes établies ainsi qu'à la correction de p-value lors des comparaisons de Tukey-Kramer. Ce PV à l'IA est difficile à interpréter car les plus légères présentent une meilleure fertilité que les plus lourdes, la NEC est probablement plus pertinente que le PV.

La note lombaire peut être un bon critère d'évaluation des réserves corporelles du troupeau. En effet, la note lombaire ressortait dans nos analyses comme un indicateur de fertilité sur l'ensemble des animaux quelle que soit leur parité : pas d'interaction parité * note lombaire à l'IA. Ces résultats sont en cohérence avec ceux observés par Le Frileux *et al.,* (1995) qui indiquent que l'évolution de celle-ci est principalement liée au stade physiologique de la chèvre indépendamment de son âge. La baisse de fertilité observée chez les chèvres avec les notes les plus basses peut s'expliquer par une réponse au traitement hormonal moins efficace, résultats déjà observés chez la brebis (Sejian *et al.,* 2010) et chez la vache (de Graaff et Grimard, 2018). L'état corporel peut également affecter le taux de mises-bas. L'étude menée par Fidelle *et al.,*(2015) sur des brebis laitières a montré que celles ayant une NEC à l'IA >3 présentaient de meilleurs taux de mises-bas sur IA que celles ayant une NEC à l'IA <2. Chez la chèvre laitière, l'étude menée par Mellado *et al*.,(2004) a montré que la NEC au moment de la reproduction était positivement corrélée avec le taux de mises-bas et négativement corrélée au taux d'avortement. Les chèvres ayant une NEC <1,5 avaient trois fois moins de chance de mettre-bas par rapport à celles ayant une NEC plus élevée.

Chez les primipares, le gain de note lombaire a été défavorable à la fertilité à l'IA. Une hypothèse pour expliquer ce résultat est que les primipares qui reconstituaient leurs réserves lipidiques étaient également en croissance. Cette fonction biologique serait donc physiologiquement prioritaire au détriment de la reproduction (Mellado *et al*., 2006, 2004). En revanche, la variation de note lombaire n'a pas eu d'effets chez les multipares. Concernant la variation de note sternale, les multipares en perte d'état corporel sternal ont eu tendance à présenter de moins bons résultats de fertilité que celles en stabilité ou gain d'état corporel sternal. Chez les brebis laitières, celles qui perdent de l'état sont sujettes à des pertes embryonnaires plus importantes (Fidelle *et al*., 2015). Ces observations sur la variation d'état corporel sont cohérentes avec celles de Viñoles (2003) : l'augmentation du poids vif et de l'état corporel dans les trois mois qui précèdent la reproduction favorisent une augmentation du taux d'ovulation chez les brebis laitières. En revanche, la variation de note sternale ne semblait pas avoir d'effets chez les primipares. Chez la chèvre, le tissu adipeux a tendance à se déposer au niveau sternal et à augmenter avec l'âge (Le Frileux *et al*., 1995). Parallèlement les animaux deviennent plus productifs, il est donc possible que l'effet de la variation de note sternale sur la fertilité à l'IA, liée à une mobilisation/reconstitution des réserves plus importante, soit plus marqué chez les multipares par rapport aux primipares. Ces résultats sont à considérer avec prudence car les indicateurs choisis pour refléter une trajectoire biologique sont assez sommaires. Entre autre, ils ne permettent pas de rendre compte des différences de cinétique de mobilisation/reconstitution pour les sites sternaux et lombaires (Le Frileux *et al.*, 1995; Morand-Fehr et Hervieu, 1999). Une approche par modélisation des courbes de PV, de NEC et de PL pourra apporter plus de précisions et confirmer ou non ces hypothèses.

CONCLUSION

Au Pradel, le choix des femelles à inséminer en amont de la mise à la reproduction conduit à de bons résultats de fertilité à l'IA et une maitrise d'un certain nombre de facteurs de risques d'échecs de reproduction. La valorisation de données temporelles grâce à une analyse multifactorielle a permis de quantifier l'effet de facteurs statiques et dynamiques sur la fertilité à l'IA. Les indicateurs relatifs aux réserves corporelles ont eu des effets sur la fertilité à l'IA. Afin de mieux caractériser la dynamique de production laitière et des réserves corporelles, une approche trajectoire à l'échelle lactation par modélisation de courbe de poids, de note d'état corporelle et de lait pourra servir d'appui pour confirmer ou non certains résultats. Les éléments de cette publication et les approches trajectoires à venir, pourront servir à améliorer la prédiction de la réussite à la reproduction d'un simulateur troupeau déjà existant (Puillet *et al.*, 2010) et ainsi mieux caractériser les interactions entre les pratiques d'alimentation et de reproduction dans une finalité d'améliorer le conseil dans le pilotage des troupeaux caprins.

Les auteurs remercient Alain Pommaret (Le Pradel) et Claire Boyer (Institut de l'Elevage) pour la fourniture des données et l'ensemble des informations sur la conduite de la reproduction, et le personnel de la ferme expérimentale du Pradel qui a contribué à la collecte de données sur 24 années.

Arrebola F, González O, Torres R, Abecia JA.2014 Anim Prod Sci , 54 : 356–62.
Bedere, N., Delaby, L., Ducrocq, V., Leurent-Colette, S., Disenhaus, C., 2016. J. Dairy Sci. 99, 1266–1276.
Branca A. 2004. Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 59, p. 73-77
Chanvallon A., Coyral-Castel S., de Crémoux R., Piacere A., Ribaud D., 2013. Rencontres Rech Ruminants, 20, 376**.**
Cutullic E, Delaby L, Gallard Y, Disenhaus C., **2012** Animal, vol. 6, Elsevier; p. 476–87.
de Graaff, W., Grimard, B., 2018. Theriogenology 112, 34–43.
De Santiago-Miramontes, M.A., Malpaux, B., Delgadillo,J.A., 2009. Anim. Reprod. Sci. 114, 175–182.
Fidelle F., Arranz J.M., Landagaray F., Sallato O., Mendez H.I., Soulas C., Fatet A., Fréret S. 2015. Rencontres Rech Ruminants, 22, 203-206.
Freret S, Salvetti P, Gatien J, Humblot P, Ponsart C. 2011 Rencontres Rech Ruminants; 18, 89-92.
Freret S, Philippe P, Brun T, Legarto J, Clement V, Bidan F. 2018. Rencontres Rech Ruminants, 24, 393–6.
Friggens NC, Disenhaus C, Petit H V.,2010. Animal 2010;4:1197–213.
Furstoss V, David I, Fatet A, Boissard K, Clément V, Bodin L,2015. Animal, 9 :12, 1935-1942.

Groupe Reproduction Caprine. 2013a: Fiche technique : Le traitement hormonal d'induction et de synchronisation de l'oestrus en vue d'une IA, Collection l'Essentiel (CR n°0013 31 018), 4 p1–41–4.
Groupe Reproduction Caprine 2013b: Fiche technique : Le choix des chèvres et l'organisation du chantier d'IA. Institut de l'élevage, Collection l'Essentiel (CR n°0013 31 019), 4 p1–4.
Grimard B, Freret S, Chevallier A, Pinto A, Ponsart C, Humblot P. 2006 Anim Reprod Sci ;91:31–44.
Kadzere, C.T., Murphy, M.R., Silanikove, N., Maltz, E., 2002. Livest. Prod. Sci. 77, 59–91.
Le Frileux, Y., Pommaret, A., Hervieu, J., Morand-Fehr, P., Brousseau, J.Y., Coutineau, H., Dunord, M., Dupont, J.-P., Grimault, Y., Broqua, B., Vanquackebeke, E., 1995. Body Cond. sheep goats Methodol. Asp. Appl. 160, 151–160.
Mellado, M., Valdez, R., Lara, L.M., García, J.E., 2004. Small Rumin. Res. 55, 191–198.
Mellado, M., Valdéz, R., García, J.E., López, R.,Rodríguez, A., 2006. Small Rumin. Res. 63, 110–118.
Michel A, Ponsart C, Freret S, Humblot P. 2003 Rencontres Rech Ruminants;10:131–4.
Morand-Fehr, P., Hervieu, J., 1999.. La chèvre 231, 22–25.
NRC,1971. *NA o. Sciences, ed, Washington, DC*.
Puillet L, Martin O, Sauvant D, Tichit M.,**2010**. Animal 2010;4:2084–98.
Salama, A.A.K., Caja, G., Hamzaoui, S., Badaoui, B., Castro-Costa, A., Façanha, D.A.E., Guilhermino, M.M., Bozzi, R., 2014. Small Rumin. Res. 121, 73–79.
Sejian, V., Maurya, V.P., Naqvi, S.M.K., Kumar, D., Joshi, A., 2010. J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. (Berl). 94, 154–161.
Sejian, V., Silpa, M. V., Reshma Nair, M.R., Devaraj, C., Krishnan, G., Bagath, M., Chauhan, S.S., Suganthi, R.U., Fonseca, V.F.C., König, S., Gaughan, J.B., Dunshea, F.R., Bhatta, R., 2021. Animals ;11;4.
Srivastava A, Yadav P, Mahajan A, Anand M, Yadav S, Madan AK, et al. **2021** J Therm Biol;96:102845.
Viñoles C. **2003**. Department of Clinical Chemistry;PhD:120
Zarazaga LA, Gatica MC, Gallego-Calvo L, Celi I, Guzmán JL. 2014 Anim Reprod Sci;146:170–5.

Simulation de l'impact de la pratique de l'insémination sans hormones sur les performances et l'alimentation d'un troupeau ovin laitier

LACLEF E. (1), DEBUS N. (1), TAILLANDIER P. (2), HASSOUN P. (1), PARISOT S. (3), GONZALEZ-GARCIA E. (1), LURETTE A. (1)

(1) CIRAD, INRAE, Montpellier SupAgro, SELMET, 34000, Montpellier, France
(2) INRAE, Toulouse University, MIAT, 31326 Castanet Tolosan, France
(3) INRAE, La Fage, 12250 Saint Jean et Saint Paul, France

RESUME - En élevage ovin laitier (OVL), la gestion de la reproduction sans hormones de synchronisation des cycles ovariens est un levier à mobiliser pour répondre aux enjeux de l'agro-écologie et à l'évolution des demandes sociétales. Cependant, dans les grands bassins de production français, comme le Bassin Nord Occitanie (BNO), le développement d'alternatives aux traitements hormonaux de synchronisation (TH) tout en conservant la possibilité de faire de l'insémination artificielle (IA), est nécessaire pour pouvoir continuer à diffuser les schémas de sélection de manière efficace. L'effet mâle, qui consiste à mettre un bélier dans un groupe de femelles après un temps de séparation est une pratique alternative possible pour induire et synchroniser les chaleurs des brebis. Elle doit être accompagnée d'une détection précise des chaleurs pour permettre d'inséminer des brebis. L'utilisation de cette pratique alternative implique donc des changements au niveau de la conduite de la reproduction mais aussi potentiellement au niveau d'autres conduites associées comme la gestion de l'alimentation du troupeau. A ce jour, les conséquences sur le fonctionnement global du troupeau sont encore peu connues. L'objectif de cette étude est donc d'évaluer, à l'aide d'un simulateur informatique, des scénarios d'introduction de pratiques alternatives de la reproduction en élevages OVL et d'en évaluer les conséquences sur les performances du troupeau. Le modèle dynamique de troupeau OVL, REPROsheep, a donc été développé afin de représenter le fonctionnement d'un troupeau OVL en tenant compte de la variabilité individuelle de réponse à la méthode de synchronisation des chaleurs utilisée. Le modèle simule des sorties dynamiques : nombre quotidien d'agnelages, production laitière (PL) quotidienne du troupeau, besoins nutritionnels quotidiens en énergie et en protéines du troupeau, ainsi que des sorties annuelles : nombre total d'agnelages, PL totale, besoin énergétique et protéique sur l'année. A partir du fonctionnement de référence de la ferme expérimentale de la FAGE (n= 597 brebis Lacaune) où les brebis sont mises à la reproduction en été, six scénarios de gestion de la reproduction ont été simulés et comparés sur une campagne de production: un scénario avec TH+AI en juillet (*TardifEte*) qui correspond à la situation actuelle de la FAGE; un scénario avec TH+AI à la mi-mai (*Hâtif*) ; un scénario avec TH+AI en novembre *(TardifAutomne)* ; ainsi que leurs versions Sans Hormones (SH) (c'est-à-dire *SH-TardifEte; SH-Hâtif* et *SH-TardifAutomne* respectivement). Dans tous les scénarios SH, une réduction significative du nombre de brebis qui agnèlent et de la PL annuelle du troupeau (-1 à -7% ; P <0.05) a été observée. Une diminution consécutive des besoins nutritionnels annuels du troupeau (-2 à - 6% ; P<0.05) a aussi été observée. Les scénarios SH ont également entraîné un étalement des agnelages qui a conduit à un décalage des pics de PL et, par conséquent, des besoins nutritionnels pendant la campagne de production. Le passage d'une gestion de la reproduction conventionnelle à une gestion de la reproduction sans hormones, tout en conservant la pratique de l'IA, impliquerait donc une augmentation de la charge de travail et un allongement de la période de traite programmée, ainsi qu'un réajustement de la gestion de l'alimentation du troupeau en fonction de la disponibilité des ressources alimentaires de l'exploitation.

Simulated impact of hormone-free insemination on the performance and feeding of a dairy sheep flock

LACLEF E. (1), DEBUS N. (1), TAILLANDIER P. (2), HASSOUN P. (1), PARISOT S. (3), GONZALEZ-GARCIA E. (1), LURETTE A. (1)

SUMMARY - In dairy sheep farming, reproductive management without ovarian cycle synchronization hormones is a lever to be mobilized to meet the challenges of agro-ecology and the evolution of societal demands. However, in the major French production basins, such as the Northern Occitania Basin (NOB), the development of alternatives to hormonal synchronization treatments (HT) while maintaining the possibility of artificial insemination (AI), is necessary to continue the dissemination of selection schemes efficiently. The male effect, which consists in putting a ram in a group of females after a time of separation, is a potential alternative technique to induce and synchronize heats in ewes. It must be accompanied by accurate heat detection to allow AI of the ewes. Therefore, the use of this alternative practice implies changes in the reproductive management but also potentially in other associated management practices such as the management of the flock's feed. However, the consequences on the global functioning of the flock are still not well known. The objective of this study is therefore to evaluate, with the help of a computer simulator, scenarios for the introduction of alternative reproductive practices in dairy sheep farms and to assess the consequences on flock performance. The dynamic model of a dairy sheep flock, REPROsheep, was therefore developed to represent the functioning of a dairy sheep flock by taking into account the individual variability of response to the heat synchronization method used. The model simulates dynamic outputs: daily number of ewes lambing, daily milk production of the flock, daily energy and protein requirements of the flock, as well as annual outputs: total number of ewes lambing, total milk production, energy and protein requirements for a production season. Based on the reference operation at *La FAGE* experimental farm (n= 597 Lacaune ewes) where the ewes are put to reproduction in summer, six scenarios of reproduction management were simulated and compared over a production campaign A scenario with HT+AI in mid-May (Early); a scenario with HT+AI in July (*LateSummer*) which corresponds to the current FAGE situation; a scenario with HT+AI in November (*LateAutumn*); as well as their Hormone-Free (HF) versions (i.e., *HF-Early*; *HF-LateSummer*; and *HF-LateAutumn* respectively). In all HF scenarios, a significant reduction in the number of ewes lambing and annual milk production of the flock (-1 to -7%; P <0.05) was observed. A consequent decrease in the annual nutritional requirements of the flock (-2 to -6%; P<0.05) was also observed. The HF scenarios also resulted in staggered lambing, which led to a shift in peak milk production and, consequently, in nutritional requirements during the production season. Transitioning from conventional to hormone-free reproduction management, while maintaining AI practice, would therefore involve an increase in workload and a lengthening of the scheduled milking period, as well as a readjustment of flock feeding management according to the availability of feed resources on the farm.

INTRODUCTION

Dans les élevages ovins laitiers (OVL) conventionnels français, les stratégies de reproduction dépendent généralement de l'utilisation de traitements hormonaux (TH) pour la synchronisation des chaleurs des brebis. Grâce à l'utilisation de ces TH, les éleveurs peuvent déclencher et grouper les périodes d'entrée en chaleurs à n'importe quel moment de l'année, ce qui permet un groupement des naissances par insémination artificielle (IA) ou monte naturelle et donc de grouper les périodes de production de lait et d'agneaux. Bien que très efficace le recours à ces TH doit aujourd'hui faire face à de nouvelle exigences de la société avec des consommateurs à la recherche de produits issus de systèmes d'élevage qui minimisent l'utilisation d'intrants tout en favorisant des pratiques respectueuses du bien-être des animaux (Pellicer-Rubio et al., 2019). L'effet mâle (EM), qui consiste à mettre un bélier dans un groupe de femelles après un temps de séparation est une pratique alternative possible pour induire et synchroniser les chaleurs des brebis en anoestrus (Thimonier et al., 2000). Elle doit être accompagnée d'une détection précise des chaleurs pour permettre l'IA des brebis puisque sans hormones, la survenue des chaleurs est moins synchronisée (Debus et al., 2019). Les performances de reproduction du troupeau dans un contexte sans hormones (SH) avec EM sont en effet soumises à une variabilité d'entrée en chaleur liée à la diversité des caractéristiques individuelles des brebis du troupeau telles que leur âge, leur note d'état corporelle (NEC) ou leur niveau de PL (Debus et al., 2022). Par ailleurs, l'introduction de cette nouvelle pratique de gestion de la reproduction implique d'autres modifications en cascade qui sont aujourd'hui mal connues et qu'il est nécessaire d'anticiper pour pouvoir envisager le développement de ce type d'alternatives en élevage. Une modification de la distribution des besoins nutritionnels du troupeau dans le temps peut par exemple en découler et conduire à une modification plus ou moins importante de la gestion de l'alimentation du troupeau.

Cette étude vise donc à construire un modèle de simulation de fonctionnement de troupeau OVL et à s'en servir pour simuler l'impact de l'introduction de la pratique de l'IA sans hormones sur les performances et sur les besoins en énergie et en protéines d'un troupeau OVL, au cours d'une campagne de production.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. DESCRIPTION GENERAL DU MODELE REPROSHEEP

Le modèle REPROsheep est un modèle dynamique et stochastique conçu pour simuler la dynamique de reproduction d'un troupeau OVL composé de brebis Lacaune lait. La méthode de modélisation dite « multi-agents » a été choisie pour la conception de ce modèle. Cette méthode propose de représenter chacune des entités qui composent le système modélisé afin de mieux simuler et comprendre les propriétés émergentes qui résultent des interactions entre les différentes entités de ce système mais aussi entre celles-ci et leur environnement (Bousquet et al., 2002). Le modèle REPROsheep présente ainsi deux principaux types d'agents (ou entités) : i) une entité décisionnelle humaine, l'éleveur ; et ii) des entités animales biotechniques : (individus, moutons), qui sont subdivisés en deux catégories : les brebis et les béliers. Il est composé de sous-modèles de gestion (pour modéliser les choix de gestion de l'éleveur) et de sous-modèles de processus biotechniques (pour modéliser les étapes biotechniques individuelles de la reproduction et de la lactation). Ainsi, nous avons pu représenter la variabilité de réponse à l'EM issue de la diversité de réponses à cette méthode de synchronisation au sein d'un troupeau donné.

Le modèle conceptuel de fonctionnement de troupeau développé a ensuite été implémenté sous le logiciel GAMA pour en faire un outil informatique permettant de simuler une saison de reproduction suivie de sa période de PL avec un pas de temps de 12 heures. Chaque simulation commence le premier jour de la période de reproduction, au cours de l'année 'n', et se termine le lendemain de la fin de la traite, au cours de l'année 'n+1' afin de représenter une campagne de production. La succession des stades physiologiques au cours des processus de reproduction et de lactation lors d'une campagne de production ont ainsi été simulées. Puis, en s'appuyant sur les mises à jour des stades physiologiques des brebis à chaque pas de temps, un calcul quotidien des besoins en énergie nette (système UFL) et en protéines digestibles (système PDI) de chaque brebis a été intégré (sur la base des recommandations du système d'alimentation de l'INRAE ; Hassoun and Bocquier, 2010) pour estimer les besoins nutritionnels des brebis laitières.

1.2. REPRESENTATION DES PROCESSUS DE REPRODUCTION ET DE LACTATION DANS LE MODELE REPROSHEEP

Une représentation détaillée du processus individuel de reproduction a été faite de manière à tenir compte de la variabilité d'entrée en chaleur dans un contexte SH (Figure 1). La réponse individuelle des brebis à la méthode de synchronisation a notamment été représentée. Ainsi, avec TH, une probabilité fixe de succès de synchronisation détermine si la brebis est sexuellement réceptive (« en œstrus »). Au contraire, SH, la probabilité d'être en œstrus est déterminée par la probabilité qu'une brebis soit cyclique, P_C (c'est-à-dire qu'elle ovule spontanément et présente un œstrus) puis, si elle n'est pas cyclique, par la probabilité de répondre à l'EM, P_{REM}. La P_C définie diffère selon la saison de reproduction considérée. En effet, si la reproduction a lieu au printemps (i.e. en dehors de la saison de reproduction naturelle des brebis), la P_C est variable et est fonction de l'âge, de la NEC et du niveau de PL de chaque brebis tel que défini par Laclef et al. (2021) pour les brebis Lacaune. En revanche, si la reproduction a lieu en pleine saison de reproduction naturelle des brebis (i.e. l'automne), ou proche de celle-ci (i.e. l'été), la P_C est à un niveau élevé (Chanvallon et al., 2011) laissant moins de place à l'EM pour impacter la réponse reproductive des brebis et a donc été fixée (entre 0,8 et 1). Les passages (ou non) des brebis de l'état d'œstrus à l'état gestante puis à l'agnelage ont aussi été représentés en introduisant notamment des probabilités de succès à l'IA ($P_{Succes\ IA}$) ou à la lutte ($P_{Succes\ Lutte}$), d'avortement ($P_{avortement}$) et d'agnelage sans complication ($P_{agnelage}$) dont les valeurs sont fixées sur la base de données de la littérature et d'élevage disponibles. Le Tableau 1 présente les valeurs des différents paramètres utilisés dans le modèle pour représenter le processus de reproduction selon la période considérée et selon le type de synchronisation des chaleurs (avec ou sans TH).

Le processus de lactation a, quant à lui, été modélisé, en utilisant les équations prédictives des courbes individuelles de lactation des brebis Lacaune laitières proposées par Lagriffoul et al. (2003).

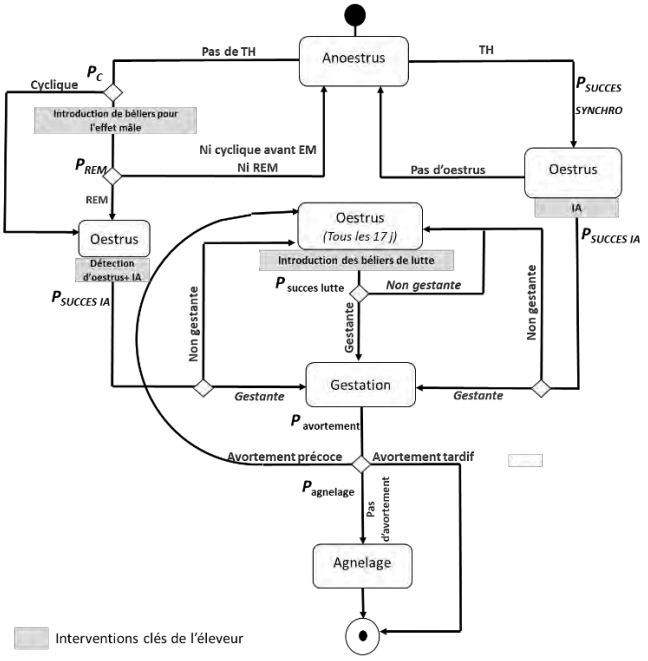


Figure 1. Etapes du processus individuel de reproduction modélisées dans REPROsheep. REM= Réponse à l'effet mâle ; TH=Traitement Hormonal.

1.3. SIMULATION DE SCENARIOS D'INTRODUCTION DE L'IA SANS HORMONES

1.3.1. Scénarios simulés

Partant des caractéristiques et de la stratégie de gestion du troupeau de la ferme expérimentale de *La Fage* pour une année type (11 béliers Lacaune, 160 agnelles de renouvellement et 437 brebis adultes), six scénarios différents de gestion de la reproduction du même troupeau (c'est-à-dire avec les mêmes individus, n= 597 femelles reproductrices) ont été construits. Un scénario de reproduction précoce avec TH puis IA à la mi-mai (*Hâtif*) ; un scénario de reproduction tardive avec TH puis IA en juillet (*TardifEte*) ; un scénario de reproduction tardive avec TH puis IA en novembre *(TardifAutomne)* ; ainsi que la version SH de ces trois scénarios (*SH-Hâtif, SH- TardifEte et SH-TardifAutomne,* respectivement). Ils différaient donc i) par l'utilisation (ou non) de TH pour synchroniser l'ovulation avant l'IA et ii) par leurs dates d'accouplement et donc les périodes de reproduction qui en découlent. Dans une démarche systémique, des scénarios plausibles de gestion de la reproduction SH ont été établis avec l'équipe de *La Fage* de manière à conserver la pratique de l'IA. Ainsi, les scénarios SH incluaient l'utilisation de l'EM pour induire et synchroniser l'œstrus dans le troupeau ainsi que l'IA uniquement sur le lot de brebis adultes. En effet, il a été démontré que les jeunes brebis répondent généralement mal à l'EM, principalement en raison du stress et du manque d'expérience sexuelle (Chanvallon et al., 2010). D'autre part, à *La Fage*, comme dans la plupart des élevages du Bassin Nord Occitanie (BNO) les agnelles gardées pour le renouvellement sont généralement les premières nées (donc issues du lot d'adultes). Enfin l'IA sans TH nécessite une détection des chaleurs qui s'accompagne d'une augmentation de la charge de travail de l'éleveur (Lurette et al., 2016). Ainsi l'IA du seul lot adulte permet un compromis entre conservation de l'IA et charge de travail. Les protocoles d'IA simulés différaient selon le contexte (avec ou sans TH ; Tableau 2).

Paramètres	Valeurs	Sources
P_C	*Hiver/Printemps* : f (Age, PL, NEC, Intervalle agnelage-EM) *Eté* : 0,8 *Automne*: 1	*(Laclef et al., 2021) (Chanvallon et al., 2011)*
P_{REM}	f(Age, PL, NEC)	*(Laclef et al., 2021)*
$P_{SUCCES\ SYNCHRO}$	1	*Expert*
$P_{SUCCES\ Lutte}$	0,5	
$P_{SUCCES\ IA\ sur\ brebis}$	0,67	*Données de ferme (La FAGE)*
$P_{SUCCES\ IA\ sur\ agnelles}$	*Avec TH :* 0,78 ; *Sans TH :* 0	
$P_{avortement}$	0,003	
$P_{agnelage}$	0,94	
Ratio bélier/brebis	*Avec TH :* 1/40 pour le lot adulte et 1/15 pour lot agnelles *Sans TH :* 1/25 pour lot adulte et 1/9 pour lot agnelles	

Tableau 1. Valeurs des principaux paramètres utilisées pour modéliser le processus de reproduction du troupeau.

Les scénarios *Hâtif* et *TardifEte* correspondent aux principales périodes d'accouplement actuellement pratiquées dans le BNO, tandis que les autres représentent des périodes d'accouplement plus théoriques et/ou des stratégies alternatives de gestion de la reproduction. Dans les scénarios SH, le ratio bélier/brebis a été augmenté pour que le nombre de béliers soit suffisant pour réaliser un EM efficace (Tableau 1). Sur la base de la gestion de référence de la ferme de *La Fage*, dans chaque scénario, la gestion de la reproduction modélisée correspondait à une gestion en 2 lots (adultes et agnelles) gérés séparément jusqu'au début de la traite : les brebis adultes commençaient le processus de reproduction 42 jours plus tôt que les agnelles qui sont mises à la reproduction à 8 mois. La durée moyenne de la période d'allaitement des brebis était de 32 jours et la période de traite programmée du troupeau (c'est-à-dire les jours entre le premier jour et le dernier jour de la période de traite programmée) était de 210 jours.

1.3.2. Sorties observées et analyses

Deux types de sorties (indicateurs calculés par le modèle) ont été simulées : des sorties annuelles (le nombre total de brebis ayant agnelé, la PL du troupeau et les besoins totaux en énergie (en UFL) et en protéines digestibles (en g de PDI) des femelles reproductrices du troupeau) ainsi que des sorties dynamiques correspondant aux valeurs quotidiennes de ces sorties annuelles.

Des ANOVA à un facteur ont été réalisées pour étudier les effets des scénarios sur le nombre total d'agnelages, la production laitière totale du troupeau et les besoins nutritionnels totaux du troupeau. Pour les sorties dynamiques, des courbes d'évolutions au cours du temps ont été tracées afin d'effectuer une analyse descriptive de ces résultats.

Gestion de la reproduction	Saison de reproduction	Protocole de synchronisation des chaleurs	Insémination artificielle (IA)		Lutte naturelle
Avec TH	Hâtive et Tardive (Eté et Automne)	TH de 14 j [éponge vaginale de FGA + injection de PMSG]	IA de toutes les brebis 55 h (après le retrait de l'éponge)		15 j après l'IA, introduction des béliers de lutte pendant 32 j
SH	Hâtive	Effet mâle pendant 14 j sur les brebis adultes uniquement	Seules les brebis détectées en chaleur les jours d'IA sont inséminées.	6 j d'IA : les 18,19, 20 et 24, 25 et 26ème j après l'introduction du mâle.	6 j après dernière IA, introduction des béliers pour la lutte des brebis adultes pendant 32 j. Puis, 1 mois plus tard, lutte des agnelles pendant 32 j
SH	Tardive (Eté et Automne)			6 j d'IA : les 17,18, 19, 20, 21 et 22ème j après l'introduction du mâle.	

Tableau 2. Description des étapes de gestion de la reproduction selon le scénario

2. RESULTATS ET DISCUSSIONS

2.1. SORTIES ANNUELLES

2.1.1. Nombre d'agnelages et production laitière du troupeau

	SH-Hâtif	*SH-TardifEte (La Fage)*	*SH-TardifAutomne*
Nombre total de brebis ayant agnelé	– 7%	– 5%	– 1%
PL totale (L)	– 7%	– 5%	– 1%
Besoin total en énergie (UFL)	– 5%	– 4%	– 2%
Besoin total en protéine (g de PDI)	– 6%	– 4%	– 2%

Tableau 3. Différences moyennes simulées (n=75 répétitions de simulations) entre scénarios sans hormones (SH) et avec hormones pour les performances et besoins nutritionnels d'un troupeau de brebis laitières de Lacaune.

Dans les scénarios SH, un nombre total d'agnelages et une PL plus faibles ont été observés par rapport aux scenarios avec TH (Tableau 3 ; P <0.05). Le taux de fertilité global du troupeau étant de 94% dans les scénarios avec TH contre 87 à 93% dans les scénarios SH. Ces valeurs inférieures sont la conséquence de l'adoption d'une stratégie de reproduction SH tout en conservant les mêmes périodes de lutte et de traite, ce qui se traduit par un nombre inférieur de brebis qui agnellent par an. L'utilisation de l'EM pour déclencher et synchroniser les ovulations des brebis a en effet une efficacité plus variable qu'un TH. Le succès de l'EM sur des brebis en anœstrus est notamment soumis à l'effet combiné de plusieurs paramètres de natures différentes (liés aux brebis, aux béliers ou à la gestion adoptée par l'éleveur ; Debus et al., 2022). De ce fait, pour tous les scénarios SH, le nombre de brebis en œstrus les jours d'IA, puis pendant la période d'accouplement, est plus variable que dans les scénarios avec TH. En particulier hors de leur saison de reproduction naturelle (scénario *SH-Hâtif*) où le nombre de brebis spontanément cycliques est restreint (Tableau 3).

2.1.2. Besoin énergétiques et protéiques

De même, les besoins nutritionnels des brebis reproductrices étaient significativement plus faibles dans les scénarios SH par rapport à leurs équivalents avec TH (Tableau 3 ; P<0.05).

2.2. SORTIES DYNAMIQUES

2.2.1. Distribution des agnelages

Sur la campagne de production simulée, les agnelages étaient plus étalés dans les scénarios SH. Par conséquent, les pics d'agnelages quotidiens étaient moins prononcés et décalés dans le temps. En effet, dans les scénarios avec TH, le jour médian d'agnelage a été observé 16 j après le début de la période d'agnelage (Q1= 1 à 2 j après, Q3= 21 à 28 j après) tandis que dans les scénarios SH, il n'a été observé que 23 à 26 j après le début de la période d'agnelage (Q1= 14 à 19 j après, Q3= 36 à 41 j après). De plus, le nombre maximum de brebis agnelant par jour a été supérieur dans les scénarios TH par rapport aux scénarios SH (114 à 115 brebis agnelant/j vs 20 à 22 brebis agnelant/j). Cet étalement des agnelages est une conséquence de la moindre synchronisation de l'ovulation assurée par l'EM dans les scenarios SH. En effet, le taux de fertilité après IA pour le lot d'adultes (brebis agnelant suite à une IA/brebis mises à la reproduction) a varié de 13-20% à 63% (dans les scénarios SH et avec TH, respectivement). Au niveau de l'exploitation, cela impliquerait des changements importants en termes d'organisation du travail et de gestion des lots dans le troupeau. En effet, l'étalement des agnelages implique une plus grande diversité des stades physiologiques présents dans le troupeau au même moment. Cela impliquerait que l'éleveur adopte une routine de prise de décision plus opérationnelle au jour le jour, pour gérer par exemple l'alimentation de brebis ayant des stades physiologiques différents au même moment (ex : gestantes, allaitantes et en lactation) notamment pendant la traite.

2.2.2. Evolution de la production laitière du troupeau

Pour toutes les périodes de reproduction simulées, la progression de la PL du troupeau au cours du temps, a été différente entre les scénarios avec TH et SH. En effet, les courbes de PL ont montré un décalage de 10 à 14 jours dans l'apparition des pics de production, pour tous les scénarios SH (Figure 2). Il s'agit d'une conséquence directe de l'étalement des événements d'agnelage, qui a entraîné un changement du schéma des entrées de traite et donc un décalage des pics de PL quotidienne du troupeau.

Du fait de cet étalement des agnelages, à partir de la fin du 2ème mois de traite (pour la traite de 210 jours à *La Fage)*, la PL quotidienne a été systématiquement plus élevée dans les scénarios SH. La plus grande différence a été observée au cours du dernier mois de la période de traite (+103, +88 et +102 L/j en moyenne pour les scénarios *SH-Hâtif, SH-TardifEte, SH-TardifAutomne,* respectivement). En effet, SH les lots de brebis traites sont plus hétérogènes du fait de l'étalement des débuts de traite. Le nombre de brebis déjà taries est donc plus faible et davantage de brebis sont encore traites à la fin de la période de traite programmée, avec une production journalière encore assez élevée pour certaines d'entre elles. Cela impliquerait une prolongation des activités de traite dans l'exploitation, pour continuer à traire les brebis arrivées plus tard à la salle de traite avec une diminution progressive du rythme de tarissement. Dans les exploitations qui vendent leur lait exclusivement à des laiteries, une telle replanification du calendrier de traite pourrait être un vrai défi, car les éleveurs ont peu de marge de manœuvre dans le choix des dates de leur période de traite qui sont décidées par les laiteries. Cette question complexe impliquerait une nécessité de s'organiser à l'échelle territoriale pour parvenir à des accords et des prises de décision communes, en tenant compte des différents intérêts et objectifs des parties prenantes impliquées dans le fonctionnement de la filière OVL. En outre, il a été démontré que les brebis avec des niveaux de PL élevés juste avant l'EM ont tendance à avoir moins de cycles ovariens spontanés et une réponse à l'EM plus faible (Debus et al., 2022). Ainsi, en conservant le même calendrier de reproduction, le nombre plus élevé de brebis encore traites à la fin de la période de traite programmée dans les scénarios SH pourrait avoir un impact négatif sur les performances reproductives de la saison de production suivante, ce qui accentuerait également l'étalement des agnelages observé dans les contextes SH avec EM.

2.2.3. Evolution des besoins énergétiques et protéiques du troupeau

De la même manière que pour la distribution des agnelages et l'évolution de la PL du troupeau, un décalage des pics de besoins nutritionnels a été observé dans les scénarios SH, (7 à 10 jours pour les pics de besoins énergétiques quotidiens et 10 à 13 jours pour les pics des besoins protéiques quotidiens (Figure 2). On sait en effet que les besoins nutritionnels du troupeau son principalement liés à la production de lait des brebis. Ainsi, un décalage du pic de PL journalière induit un décalage du pic des besoins nutritionnels au cours de l'année.

Au cours des derniers mois de la période de traite programmée, les besoins nutritionnels journaliers, en particulier les besoins en protéines, ont aussi été un peu plus élevés dans tous les scénarios SH, en raison de la PL plus élevée à cette période.

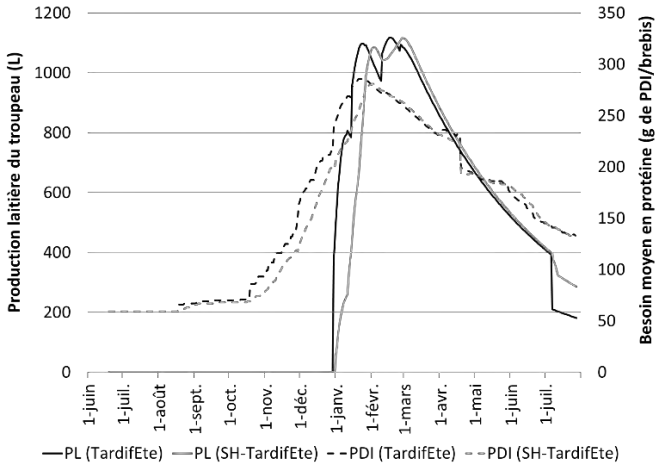


Figure 2. Production laitière quotidienne du troupeau (en L) et besoin moyen quotidien en protéines digestible (g de PDI/brebis) simulés dans les scenarios *TardifEte* (correspondant à la situation actuelle de la FAGE) et *SH-TardifEte*.

Pour les scénarios SH, la fin de la période de traite programmée apparaît donc comme une période durant laquelle l'adaptation du système d'alimentation sera nécessaire. Dans le cas d'une reproduction hors saison comme dans le scénario *Hâtif,* la majeure partie de la phase de traite se déroule en bergerie avec 100% des aliments de la ration directement distribués par l'éleveur. Il est ainsi assez facile d'ajuster les apports alimentaires en fonction de la progression des stades physiologiques dans le troupeau. En revanche, dans un scénario de reproduction de type *Tardif*, il peut être nécessaire de redéfinir et de revoir d'autres composantes directes ou indirectes du système d'élevage, comme la gestion des surfaces destinées au pâturage, afin de mieux utiliser les ressources fourragères en faisant correspondre la disponibilité et la qualité de la biomasse aux besoins du troupeau d'une manière plus opérationnelle. Cela inclut la gestion des pics de PL, en particulier pour les exploitations qui ont leur pic en été (juin et juillet) comme c'est le cas dans le scénario *TardifAutomne*. Par ailleurs, le nombre de brebis encore en production durant le dernier mois de la période de traite était plus élevé dans les scénarios SH. Or, si les derniers mois de la traite se situent pendant la période de pâturage, cela impliquerait de faire pâturer les brebis encore en traite sur des zones proches de la salle de traite alors qu'avec TH, à la même période de l'année, la quasi-totalité du troupeau aurait été tarie, permettant une mise au pâturage indépendamment de la proximité de la salle de traite.

Au regard de la disponibilité de la ressource en herbe pour le pâturage, les modifications des courbes d'évolution des besoins nutritionnels simulées ici pourraient constituer un résultat intéressant ou défavorable, selon la saison de production choisie. En effet, dans le contexte actuel de changement climatique, la répartition annuelle de la croissance de l'herbe évolue (Godec et al., 2021). Paradoxalement, les élevages où la reproduction se fait en été (ex : *TardifEte*), pourraient donc valoriser le déplacement observé de la courbe des besoins nutritionnels en contexte SH comme une réponse adaptative intéressante aux enjeux des changements climatiques affectant la disponibilité des ressources au pâturage. Le pic de besoin nutritionnel décalé vers le début du printemps pourrait ainsi coïncider avec la pousse d'herbe plus précoce et plus rapide observée depuis plusieurs années (Godec et al., 2021). En revanche, pour les élevages où la reproduction a lieu à l'Automne (ex : *TardifAutomne*) et dont le pic de besoins nutritionnels est observé en début d'été, un décalage du pic de production et donc des besoins nutritionnels vers le milieu de l'été pourrait être un défi car les étés deviennent plus chauds, ce qui entraîne une diminution de la biomasse disponible sur les surfaces fourragères en été, notamment dans les régions méditerranéennes.

CONCLUSION

La simulation d'une gestion de la reproduction SH (avec EM+IA) d'un troupeau conventionnel de brebis laitières suggère des réajustements de la gestion globale du troupeau, en commençant par le système d'alimentation qui comprend la révision des politiques d'allocation des ressources alimentaires disponibles et des prises de décision pour l'utilisation efficace des surfaces fourragères et pâturées. Dans une perspective plus systémique, on peut s'attendre à ce qu'une modification de la gestion de la reproduction puisse également induire une chaîne de modifications dans d'autres composantes du système agricole. Il serait intéressant d'étudier ces autres impacts issus d'« effets dominos » complexes qui pourraient conduire à changer les pratiques de gestion affectant plus ou moins d'autres aspects de la gestion du troupeau et les performances globales de l'exploitation. De plus, seule une campagne de production a été simulée ici. Il serait donc intéressant de construire un outil permettant de simuler plusieurs saisons de production successives afin de vérifier si les changements observés s'accentuent ou pas au cours du temps.

Ce travail a bénéficié d'une aide de l'État gérée par l'Agence Nationale de la Recherche au titre du programme d'Investissements d'avenir portant la référence ANR-16-CONV-0004. Nous remercions la ferme expérimentale de La Fage pour avoir fourni les données utilisées dans la construction des scénarios simulés.

Bousquet, F., Le Page, C., Müller, J.-P., 2002.
Chanvallon, A., Scaramuzzi, R.J., Fabre-Nys, C., 2010. Physiology & Behavior 99, 457–465.
Chanvallon, A., Sagot, L., Pottier, E., Debus, N., François, D., Fassier, T., Scaramuzzi, R.J., Fabre-Nys, C., 2011. Animal 5, 1594–1604.
Debus, N., Besche, G., Lurette, A., Guyonneau, J.-D., Tesniere, A., Menassol, J.-B., Bocquier, F., 2019. 70th Annual Meeting of the European Federation of Animal Science., Wageningen Academic Publishers, Ghent, Belgium.
Debus, N., Laclef, E., Lurette, A., Alhamada, M., Tesniere, A., González-García, E., Menassol, J.-B., Bocquier, F., 2022. Animal 16, 100519.
Delgadillo, J.A., Gelez, H., Ungerfeld, R., Hawken, P.A.R., Martin, G.B., 2009. Behavioural Brain Research 200, 304–314.
Godec, B., Crestey, M., Dockès, A.-C., Hardy, D., Launay, F., Leclerc, M.C., Pavie, J., Balard, E., Doligez, P., Delaby, L., 2021. Les chiffres clefs des prairies et des parcours. Idele, p21.
Hassoun, P., Bocquier, F., 2010. Alimentation des bovins, ovins et caprins-Besoins des animaux-Valeurs des aliments-Tables INRA, Paris, France, pp. 123–138.
Laclef, E., Debus, N., Taillandier, P., González-García, E., Lurette, A., 2021. Computers and Electronics in Agriculture 189, 106412.
Lagriffoul, G., Blanc-Vazeille, F., Carrié, A., Hassoun, P., Bocquier, F., 2003. 10th Rencontres Recherches Ruminants, Paris, France, p. 400.
Lurette, A., Freret, S., Chanvallon, A., Experton, C., Frappat, B., Gatien, J., Dartois, S., Martineau, C., 2016. INRA Productions Animales 29(3), 163–184.
Moreau, J.-C., 2015. Bulletin de l'Académie Vétérinaire de France 168, 133–138.
Pellicer-Rubio, M.-T., Boissard, K., Grizelj, J., Vince, S., Fréret, S., Fatet, A., López-Sebastián, A., 2019. INRAE Productions Animales 32, 51–66.
Thimonier, J., Cognie, Y., Lassoued, N., Khaldi, G., 2000. INRAE Productions Animales 13, 223–231.

Mise à la reproduction des agnelles de race Manech Tête Rousse : que nous apprend l'évolution des pratiques ?

CORBIERE F. (1), KELLENS A. (1), ASTRUC JM. (2), VIAL-NOVELLA C (3), FIDELLE F. (3)
(1) IHAP, Université de Toulouse, INRAE, ENVT, 31076 Toulouse
(2) IDELE – Campus INRAE Toulouse, CS52627 31326 Castanet-Tolosan
(3) Centre Départemental de l'Elevage Ovin, 64130 Ordiarp

RESUME
Depuis plusieurs années, le Centre Départemental de l'Elevage Ovin (CDEO, Pyrénées Atlantiques) fait état d'un recul de l'utilisation de l'insémination artificielle (IA) chez les agnelles des races ovines laitières des Pyrénées au profit de la monte naturelle, en raison, selon les éleveurs, de résultats de fertilité non satisfaisants. L'objectif de ce travail était de décrire les évolutions, sur une période de 10 ans (2009 à 2018), des pratiques de mise à la reproduction des agnelles de race Basco-Béarnaise (BB) et Manech Tête Rousse (MTR) dans les élevages sélectionneurs, mais seuls les résultats concernant la race MTR sont présentés ici. Les résultats indiquent un avancement et une concentration des dates calendaires de mise à la reproduction sur cette période de 10 ans, à la fois pour les agnelles inséminées (-11 jours) et pour les agnelles en monte naturelle (-29 jours). La principale conséquence de cet avancement calendaire est une réduction de l'âge à la mise à la reproduction. Malgré ces évolutions différenciées, l'âge à la mise à la reproduction des agnelles inséminées demeure, en moyenne, inférieur de 20 jours à celui des agnelles luttées en monte naturelle. Parmi les facteurs ayant une influence significative sur la fertilité des agnelles MTR à l'IA, un fort effet de l'année et de l'âge à l'IA a été mis en évidence, avec une fertilité plus faible de près de 15 points chez les agnelles inséminées entre 6 et 7 mois d'âge par rapport à celles inséminées à l'âge de 8 mois. Le travail se poursuit en recueillant de manière rétrospective et prospective les informations de synchronisation des chaleurs sur les agnelles luttées en monte naturelle, afin de pouvoir mieux les comparer à celles qui sont inséminées.

Breeding Manech Tête Rousse ewe lambs: what can we learn from the evolution of practices?

CORBIERE F. (1), KELLENS A. (1), ASTRUC JM. (2), VIAL-NOVELLA C (3), FIDELLE F. (3)
(1) IHAP, Université de Toulouse, INRAE, ENVT, 31076 Toulouse

SUMMARY
For several years, the Centre Départemental de l'Elevage Ovin (CDEO, Pyrénées Atlantiques) has reported a decline in the use of artificial insemination (AI) for ewe lambs of the Pyrenean dairy breeds in favour of natural breeding, due, according to breeders, to unsatisfactory fertility results. The aim of this study was to describe the changes in breeding practices for ewe lambs of the Basco-Béarnaise (BB) and Manech Tête Rousse (MTR) breeds over a period of 10 years (2009 to 2018), but only the results for the MTR breed are presented here. The results indicate an advancement and concentration of breeding calendar dates over this 10-year period, both for inseminated ewe lambs (-11 days) and for naturally mated ewe lambs (-29 days). The main consequence of this advancement in calendar dates is a reduction in the age at breeding. Despite these different trends, the age at breeding of inseminated ewe lambs remains, on average, 20 days lower than that of naturally mated ewe lambs. Amongst the factors that have a significant influence on the fertility of MTR ewe lambs at AI, a strong effect of year and age at AI were highlighted, with fertility almost 15 points lower in ewe lambs inseminated at 6 to 7 months of age compared to those inseminated at 8 months of age. Work is continuing on retrospectively and prospectively collecting heat synchronisation information on naturally mated ewe lambs, so that they can be better compared with those that are inseminated.

INTRODUCTION

Depuis plusieurs années, le Centre Départemental de l'Elevage Ovin (CDEO, Pyrénées Atlantiques) fait état d'un recul de l'utilisation de l'insémination artificielle (IA) chez les agnelles des races ovines laitières des Pyrénées au profit de la monte naturelle, en raison, selon les éleveurs, de résultats de fertilité non satisfaisants. Ainsi en Race Manech Tête Rousse, alors qu'environ 50 % des agnelles de renouvellement des troupeaux sélectionneurs étaient inséminées artificiellement jusqu'en 2013, cette proportion s'est régulièrement réduite depuis, pour atteindre seulement 35 % en 2018.

Dans ce contexte, l'objectif de ce travail était de décrire les évolutions, sur une période de 10 ans (campagnes laitières 2009 à 2018), des pratiques de mise à la reproduction des agnelles de race Basco-Béarnaise (BB) et Manech Tête Rousse (MTR) dans les élevages sélectionneurs et d'évaluer les principaux facteurs pouvant dégrader les réussites de reproduction à l'insémination artificielle des agnelles. Cet article présente uniquement les résultats concernant la race MTR.

1. MATERIEL ET MEHODES

1.1. POPULATION ETUDIEE ET DONNEES EXPLOITEES

L'analyse a concerné les agnelles de race Manech Tête Rousse (MRT) mises à la reproduction avant l'âge de 400 jours dans les élevages sélectionneurs pour les campagnes 2009 à 2018. Sur la base des données du Système d'Information en Elevage Ovin Lait (SIEOL), une sélection des élevages a été effectuée, afin de ne retenir que ceux ayant des lots d'agnelles de plus de 25 animaux, et qui étaient présents dans la base de données pour au moins 5 campagnes sur la période d'étude. Le jeu de données exploité comportait 163500 agnelles de race MTR. Les informations exploitées correspondent à 66,1 % des élevages et 92,9 % des agnelles identifiées dans SIEOL, sur la période 2009-2018. Cette analyse concernait les agnelles inséminées et celles luttées en monte naturelle, avec ou sans

synchronisation des chaleurs. L'utilisation de la synchronisation des chaleurs pour la monte naturelle n'est pas une information enregistrée dans SIEOL, et ce mode de reproduction a donc été confondu avec la monte naturelle sans synchronisation dans un seul et même groupe. L'utilisation de la synchronisation des chaleurs a cependant pu être retracée pour les élevages ayant acheté des traitements hormonaux de synchronisation des chaleurs auprès du CDEO. Cette information n'est cependant que très partielle, certains éleveurs se fournissant auprès d'autres sources. Cette information concernait, en moyenne 40 élevages et 3770 agnelles par campagne.

1.2 CRITERES D'INTERETS

Les paramètres décrits étaient, par année et par mode de reproduction, les dates calendaires de naissance et de mise à la reproduction, ainsi que l'âge à la mise à la reproduction. La date de mise à la reproduction était la date d'IA pour les agnelles inséminées et la date de saillie fécondante pour les agnelles en monte naturelle (date d'agnelage -146 jours de gestation).
Les performances de reproduction calculées était le taux de fertilité à l'IA (FIA), au premier cycle post IA (FRIA), ainsi que la somme des deux (TFGIA) et le taux de fertilité en monte naturelle (FMN).

1.3. ANALYSES STATISTIQUES

Pour faciliter l'interprétation de la distribution des âges et dates de mise à la reproduction, des graphiques de densité de probabilité ont été utilisés.

Une analyse plus approfondie des facteurs influençant la réussite des agnelles à l'IA a été réalisée par des modèles de régression logistique, ajustés sur l'âge à l'IA (sous forme de variable continue (splines) ou de variable en classes), la semaine calendaire, le délai entre la dépose des éponges et l'IA, et l'année, avec des effets aléatoires élevage-campagne et inséminateur. Cette analyse a portée sur 50098 agnelles âgées de 6 mois à 1 an, inséminées entre le 20 juin et le 30 septembre de chaque année et issues de lots de reproduction de plus de 15 animaux. L'échantillon d'étude correspondait à 70,5 % des 71 073 agnelles inséminées sur la période d'étude.

L'ensemble des analyses a été conduite à l'aide du logiciel R (version 4.1.1) et des librairies ggpplot2, lme4 et ggeffects.

2. RESULTATS

2.1. DESCRIPTION GENERALE DES PERFORMANCES DE REPRODUCTION

Le taux de fertilité global à l'IA (TGFIA, c'est-à-dire le taux de mise-bas suite à l'IA et à la monte naturelle sur retour d'IA) était supérieur à celui de la monte naturelle seule mais avec un écart qui se réduit d'année en année, en raison d'une amélioration de la réussite à la monte naturelle et d'une réduction de la réussite à l'IA (figure 1).

2.2. EVOLUTION DES DATES CALENDAIRES DE MISE A LA REPRODUCTION

Pour l'insémination artificielle (figure 2A) un avancement des dates d'IA dans la saison (pic d'IA début juillet en 2009 et fin juin en 2018) et une forte réduction de l'étalement des dates d'IA (étalement des IA sur 3 mois en 2009 contre 2,5 mois en 2018) sont notables.
Pour la monte naturelle (figure 2B), un avancement des dates de saillie fécondante et une concentration des agnelles au moment de la saillie sont nettement observées. Ainsi, même si l'étalement reste important, un pic de saillies fécondantes de plus en plus marqué est observé entre le 15 juin et le 15 juillet.

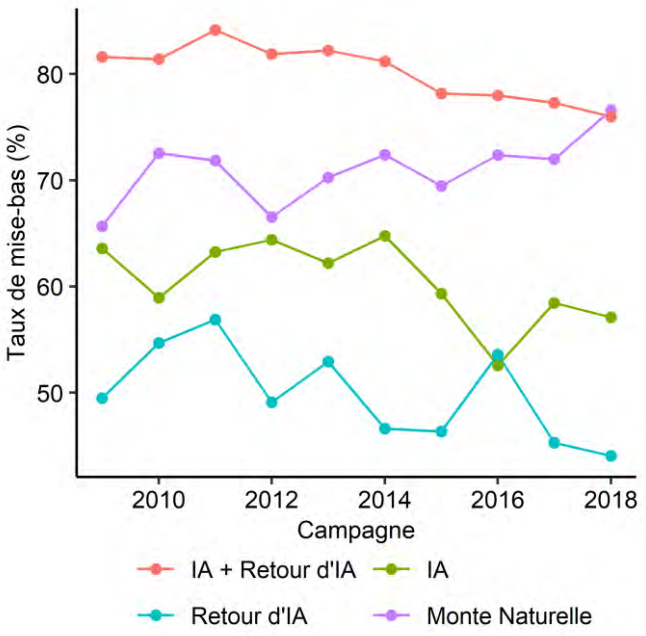


Figure 1 : Evolution du taux de fertilité des agnelles de race Manech Tête Rousse selon le mode de reproduction, 2009-2018 (1 : IA ; 3 : retour d'IA ; 7 : Monte naturelle ; TFGIA = IA+ retour d'IA)

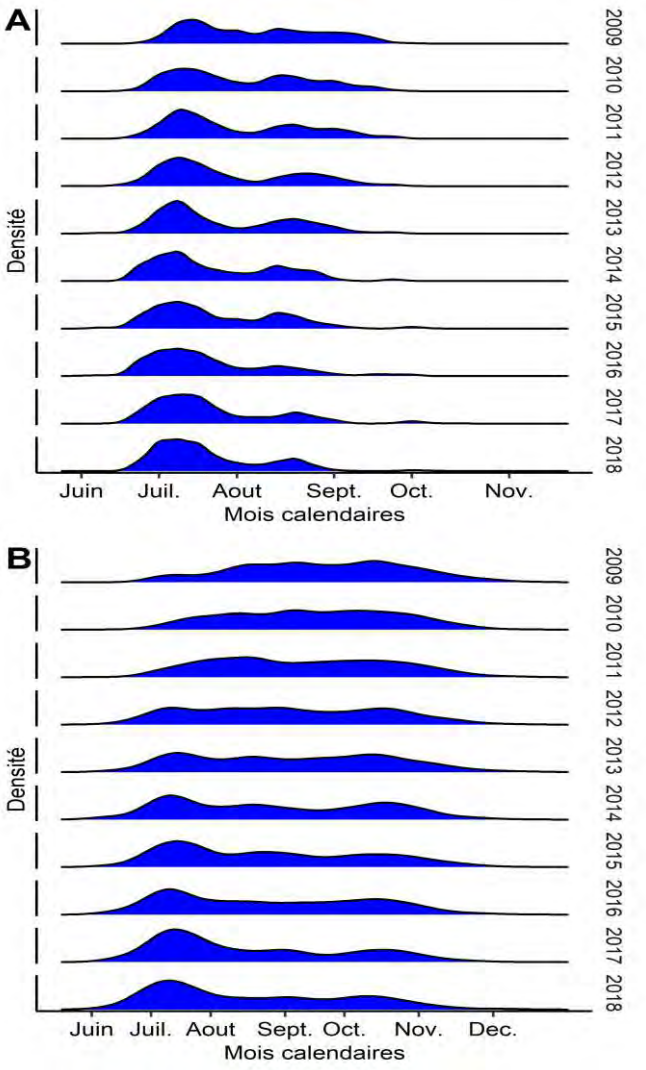


Figure 2 : Evolution de la densité de distribution des dates d'IA (**A**) et de saillie fécondantes (**B**) des agnelles de race Manech Tête Rousse, 2009-2018.

Pour les élevages où l'information de synchronisation des chaleurs a pu être retracée, une évolution similaire est mise en évidence, avec une concentration de plus en plus précoce et marquée autour de fin juin.

2.3. EVOLUTION DES AGES DE MISE A LA REPRODUCTION

Sur l'ensemble des campagnes, l'âge moyen à l'IA était de 248 jours (1er quartile = 235, 3ème quartile = 268 jours). Une augmentation de la densité pour les âges inférieurs à 250 jours et à une diminution de cette densité pour les âges supérieurs à 250 jours sont observées sur la période d'étude (figure 3A). Comme pour les dates calendaires de mise à la reproduction, un effet « concentration » est observé, avec un étalement des âges qui tend à se réduire.

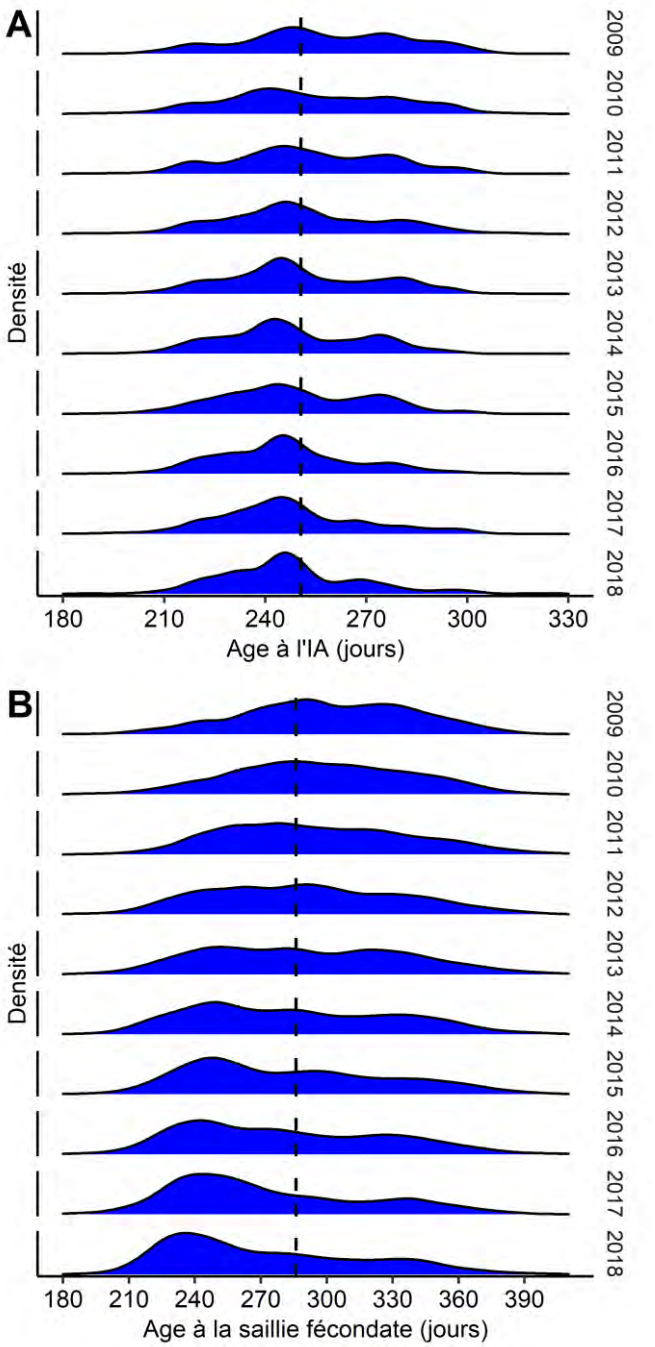


Figure 3 : Evolution de la densité de distribution des âges à l'IA (**A**) et à la saillie fécondante (**B**) des agnelles de race Manech Tête Rousse, 2009-2018.

L'âge moyen à la saillie fécondante était de 282 jours (1er quartile 250 ; 3e quartile 321 jours). De même pour que les agnelles inséminées, une concentration des âges à la saillie fécondante est observée à partir de la campagne 2013 avec la formation d'un pic autour de 250 jours, qui se décale progressivement autour de 230 jours d'âge (figure 3B).

2.4. BILAN DES EVOLUTIONS DES PRATIQUES

En race Manech Tête Rousse, l'avancement des dates calendaires de mise à la reproduction, que ce soit pour l'IA ou la monte naturelle, s'est traduit par une réduction de 11 jours de l'âge moyen à l'IA et de 29 jours de l'âge moyen à la saillie fécondante depuis 2009 (figure 4). L'écart des âges moyens entre les deux modes de reproduction a tendance à se réduire, de manière progressive mais constante sur la période d'étude, passant de 40 jours en 2009 (IA : 260 j ; monte naturelle : 300 j) à environ 20 jours en 2018 (IA : 250 j ; monte naturelle : 270 j).

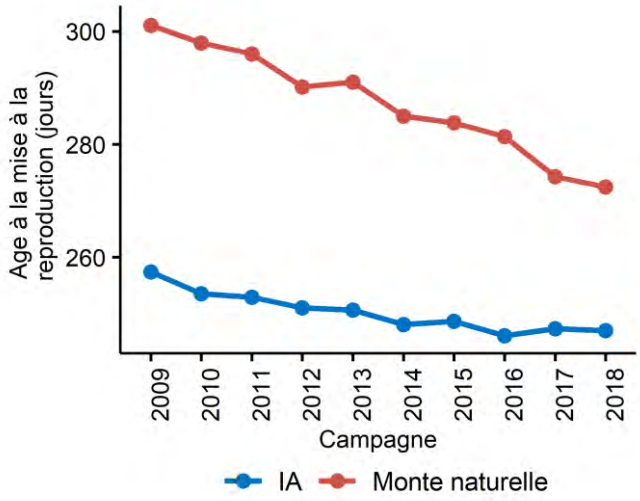


Figure 4 : Evolution de l'âge moyen à l'IA et à la saillie fécondante (Monte naturelle) des agnelles de race Manech Tête Rousse, 2009-2018.

2.5. FACTEURS DE REUSSITE A L'IA

L'analyse plus approfondie des facteurs influençant la réussite à l'IA chez les agnelles de race Manech Tête Rousse a permis de mettre en évidence :

- Une absence d'effet du délai entre la dépose des éponges (traitement hormonal de synchronisation des chaleurs) et l'IA, pour des délais variant entre 52 et 55,5 heures (p = 0,561).
- Une influence faible de la semaine calendaire d'IA. Par rapport à la semaine 28 (15 juillet) prise comme référence (taux de réussite à l'IA 61,8 % IC95% : 58,4 – 65,1 %), seule la semaine 25 (20 juin) était associé à un pourcentage de réussite à l'IA significativement amélioré (69,6 %, IC95% : 54,8-74,0 % p=0.003).
- Un fort effet de l'année ($p<10^{-6}$) avec une tendance à la diminution de la réussite à l'IA au cours de la période d'étude (2011 : 65,0 %, IC95% : 61,0-69,0 ; 2018 : 58,0 %, IC95% : 53,0-62,0). Cette diminution est statistiquement significative pour les campagnes 2015 à 2018, par rapport à la campagne 2011 prise comme référence, avec un effet très marqué pour la campagne 2016 (53.6 %, IC95% 49,3 – 57,9 %, $p<10^{-6}$).
- Un effet très significatif de l'âge à l'insémination ($p<10^{-6}$), qu'il soit analysé comme une variable continue ou par catégories d'âge (figure 5). Une augmentation de la réussite à l'IA avec l'augmentation de l'âge à l'IA est clairement apparue. Ainsi par rapport à la classe de référence 7,75-8,25 mois (réussite à l'IA : 64,6 % IC95% : 62,6 – 66,5), les agnelles plus jeunes avaient des pourcentages de réussite à l'IA significativement plus faibles (agnelles de 6-7 mois : 50,9 % IC95% : 47,9 – 53,8) ; agnelles de 7,0-7,75 mois : 58,6 % IC95% : 56,4 – 60,8) ($p <10^{-6}$). Pour les agnelles de la classe 8,25-9,0 mois, aucune différence significative n'a été mise en évidence avec le groupe de référence (p=0,954). A l'inverse, les agnelles de plus de 9 mois avaient un pourcentage de réussite à l'IA amélioré (69,6 %, IC95% : 66,8-72,3, $p=10^{-4}$).

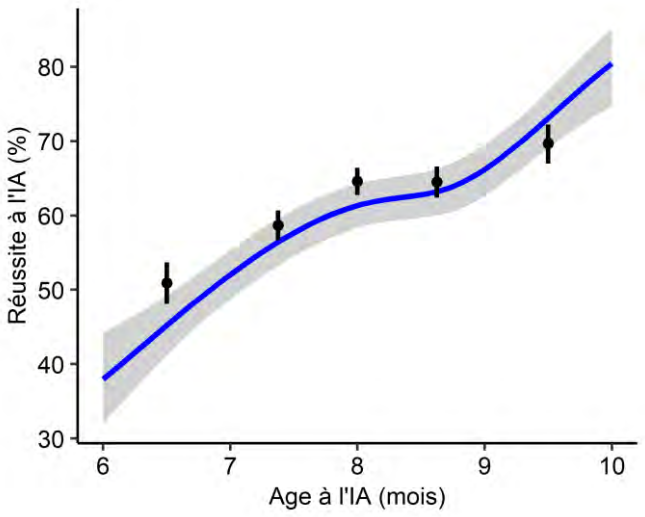


Figure 5 : Pourcentages ajustés de réussite à l'IA (points noirs) avec leurs intervalles de confiance à 95 % pour les classes d'âge à l'IA, ou pour l'âge traité en variable continue (courbe bleue et intervalle de confiance à 95 % zone grisée) des agnelles Manech Tête Rousse.

3. DISCUSSION

Ce travail avait pour objectifs de décrire les évolutions des pratiques de mise à la reproduction des agnelles des deux races ovines laitières majoritaires des Pyrénées et d'investiguer plusieurs facteurs de risques potentiels de la réussite des agnelles à l'insémination. Cette étude représente à notre connaissance la première analyse descriptive jamais réalisée sur l'évolution des pratiques de mise à la reproduction. Cette analyse temporelle a permis de mettre en évidence une concentration des dates de mise à la reproduction par insémination artificielle ou en monte naturelle, phénomène très marqué pour la race Manech Tête Rousse. Cet avancement des dates de mise à la reproduction s'est traduit par une réduction de l'âge à l'IA et une dégradation des résultats de fertilité, la part des agnelles inséminées très jeunes (avant 8 mois) étant de plus en plus importante (40 à 44 % en 2009-2011, 53 à 56 % depuis 2016). Il est également intéressant de remarquer qu'avant l'âge de 8 mois, la réussite à l'IA augmente rapidement avec l'âge tandis qu'au-delà de 8 mois le gain est plus réduit. Ceci pourrait s'expliquer par le poids des agnelles mise à la reproduction. En effet, on peut supposer qu'avant 8 mois, seulement certaines agnelles atteignent le poids idéal recommandé (67 % du poids adulte) et peuvent ainsi être pubères (Rosales Nieto et al, 2013a). Une autre hypothèse qui mériterait d'autres investigations serait que les agnelles atteignent le poids recommandé mais ne sont pas pleinement pubères en raison d'un âge trop jeune, avec un taux d'ovulation réduit, des échecs de fécondation ou des pertes embryonnaires précoces plus importantes (Edwards et al, 2016 ; Ridler et al, 2017). Ce poids recommandé pourrait par ailleurs être reconfirmé, car il a été défini historiquement sur des brebis de gabarit plus réduit. En effet, l'amélioration de la production laitière permise par la sélection génétique a aussi été associée à une augmentation du format des animaux, variable selon les espèces et les races. Il serait donc éventuellement intéressant de réévaluer les courbes de croissance en relation avec l'acquisition de la maturité sexuelle dans cette race. Des travaux menés en race Awasi (Alkass et al, 1994) et Merinos (Rosales Nieto et al, 2013b, 2015) suggèrent par ailleurs qu'une croissance post-sevrage rapide est associée à une puberté plus précoce. Ceci pourrait expliquer les bons résultats de fertilité observés dans certains troupeaux inséminant les agnelles avant 8 mois.

Le fonctionnement ovarien est aussi influencé par le parasitisme et la couverture des besoins alimentaires autour de la puberté (Suarez-Henriques et al, 2021), indiquant que la qualité de la conduite des agnelles dès le sevrage et un élément clef de la réussite à l'insémination chez les jeunes agnelles. La baisse de la fertilité globale à l'IA depuis la campagne 2015 interroge par ailleurs sur les causes de ce constat. L'augmentation des vagues de chaleurs (>32°C) en fin de printemps et en été, au cœur de la période de reproduction pourrait jouer un rôle, en raison des conséquences négatives du stress thermique sur les performances de reproduction (Van Wettere et al, 2021). Le Casdar RESPOL, dans le cadre duquel la cyclicité ovarienne d'agnelles de race Manech Tête Rousse est évaluée en fonction de leur âge, permettra probablement d'apporter des éléments de réponse à certaines de ces questions, notamment sur la maturité sexuelle des jeunes agnelles. En race MTR, l'avancement régulier et marqué des dates de saillie fécondante en monte naturelle suggère un recours de plus en plus fréquent à la synchronisation des chaleurs. En l'absence d'information spécifique dans la base de données SIEOL sur l'utilisation de la synchronisation des chaleurs en monte naturelle, nous avons tenté d'aborder la question au travers des ventes de traitements de synchronisation des chaleurs faites par le CDEO, en dehors de celles utilisées pour l'IA. Ces informations trop parcellaires, impossibles à attribuer à l'échelle individuelle dans les élevages pratiquant plusieurs modes de mise à la reproduction, ne nous ont pas permis de distinguer de manière fiable les élevages utilisant ou non la synchronisation des chaleurs afin de mener une analyse comparative des performances à la reproduction entre ces deux groupes. Cette information est en cours de recueil de manière rétrospective sur les dernières années auprès des éleveurs, afin de mieux différencier les élevages ayant recours à la synchronisation et de décrire plus finement les caractéristiques des agnelles concernées ainsi que les résultats de fertilité associés. L'importance de cette information milite par ailleurs pour qu'un enregistrement systématique et pérenne soit réalisé dans la base de données SIEOL.

Ce travail a été réalisé à l'initiative du Centre Départemental de l'Elevage Ovin (CDEO, Pyrénées Atlantiques) par A. Kellens dans le cadre de sa thèse d'exercice vétérinaire, sous la direction de F. Corbiere.

Alkass J.E., Aziz D.A., Al-Nidawi K.A. 1994. Small Rumin. Res. 14: 249–252

Edwards S.J., Smaill B., O'Connell A.R., Johnstone P.D., Stevens D.R., Quirke L.D., Farquhar P.A., Juengel J.L. 2016. Anim. Reprod. Sci. 167: 125–132

Ridler A., Corner-Thomas R., Kenyon P., Griffiths K. 2017. N Z Vet J. 65:34–38

Rosales Nieto C.A., Ferguson, M.B., Macleay C.A., Briegel J.R., Wood D.A., Martin G.B., Thompson A.N., 2013a. Theriogenology. 80: 427–435.

Rosales Nieto C.A., Ferguson, M.B., Macleay C.A., Briegel J.R., Wood D.A., Martin G.B., Thompson A.N., 2013b. Animal 7:990-997

Rosales Nieto C.A., Ferguson, M.B., Macleay C.A., Briegel J.R., Wood D.A., Martin G.B., Thompson A.N., 2015. Reprod. Dom. Anim. 50: 637–642

Suarez-Henriques P., De Miranda, C., Cardoso-Leite R., Gomes-Caldas D.G., Morita-Katiki L., Tsai S.M., Louvandini H. 2021. BMC Vet Res. 17:344.

Van Wettere W.H.E.J., Kind K.L., Gatford K.L., Swinbourne A.M., Leu S.T., Hayman P.T., Kelly J.M., Weaver A.C., Kleeman, D.O., Walker S.K. 2021. J Animal Sci Biotechnol 12: 26

Alkass J.E., Aziz D.A., Al-Nidawi K.A. 1994. Small Rumin. Res. 14: 249–252

Automatiser la détection des chaleurs en valorisant l'identification électronique par boucle RFID chez les caprins

Automate heat detection by promoting electronic identification by RFID tag in goats

FRERET S. (1), HUAU C. (2), FASSIER T. (3), BOMPA J-F. (2), RICARD E. (2), FATET A. (4), PELLICER-RUBIO M-T. (1)
(1) INRAE, UMR PRC « Physiologie de la Reproduction et des Comportements », 37380 Nouzilly
(2) INRAE, UMR GenPhySE « Génétique Physiologie et Systèmes d'Elevage, 31326 Castanet Tolosan
(3) INRAE, UE P3R « Pôle de phénotypage des petits ruminants », 18390 Osmoy
(4) INRAE, UE FERLUS « Fourrages Ruminants Environnement, 86600 Lusignan

INTRODUCTION

Chez les petits ruminants, la détection des chaleurs constitue un passage obligé pour l'Insémination Animale (IA) en l'absence de traitements hormonaux de synchronisation, car la moindre synchronisation des ovulations fertiles induites par effet bouc, étalées sur plusieurs jours, ne permet pas d'inséminer les chèvres à heure fixe. La détection des chaleurs est alors nécessaire pour déterminer quelles femelles inséminer, par IA ou lutte en main, et à quel moment. La détection des chaleurs est réalisée visuellement par l'éleveur à l'aide de mâles sexuellement actifs, entiers et munis d'un tablier, ou bien vasectomisés. Pour faciliter cette détection, nous avons développé un dispositif permettant de valoriser la boucle RFID servant à l'identification électronique, afin d'automatiser la méthode de détection des chaleurs préconisée par le Groupe Reproduction Caprine, afin de proposer un outil utilisable sur le terrain par les éleveurs.

1. MATERIEL ET METHODES

Quatre protocoles expérimentaux ont été mis en œuvre à la chèvrerie INRAE de Bourges avec le prototype baptisé RFIDetect, constitué d'une case pour le bouc, d'un lecteur RFID, d'une antenne et d'un PC : en 2018 avec synchronisation hormonale des chaleurs, puis en 2019-2020-2021 avec synchronisation sans hormone des chaleurs par effet bouc (36 à 72 chèvres suivies/an). Chaque année, les chèvres ont été mises à la reproduction pendant l'anœstrus saisonnier, lors de la 1ère quinzaine d'août. Les chaleurs ont été détectées par i) la méthode de référence, consistant en un relevé matin et soir des marques de chevauchements faites sur les femelles par les boucs équipés de crayons marqueurs, et ii) le dispositif RFIDetect, enregistrant le nombre et la durée des visites des chèvres auprès du bouc placé dans la case de détection. La réponse ovulatoire des chèvres a été déterminée par le profil de progestérone, dosée dans le plasma en 2018-2019 puis dans le lait en 2020-2021, pour indiquer les chaleurs potentielles (Fréret *et al*., 3R 2015).

2. RESULTATS

Les périodes de chaleurs selon la méthode de référence sont décrites dans le tableau 1. En 2021, les venues en chaleurs ont été davantage étalées, avec 16/36 chèvres ayant une réponse ovulatoire retardée après effet bouc. Chaque année, toutes les chèvres ont été détectées au moins une fois par RFIDetect (sauf 1/36 en 2021), indiquant une curiosité pour le bouc dans la case. Des pics du nombre (non illustré) et de la durée cumulée des visites enregistrées par RFIDetect ont été identifiés lors des venues en chaleurs en 2018 et 2019 (figure 1a et 1b), mais pas en 2020 et 2021 (figure 1c et 1d) indiquant une faible détection. Après synchronisation hormonale (figure 1a), la durée cumulée des visites le jour des chaleurs a été nettement plus importante qu'après effet bouc (figure 1b à 1d), montrant une concurrence entre les boucs utilisés pour induire l'effet bouc, qui sont en permanence avec les chèvres, et le bouc « détecteur » présent dans la case RFIDetect.

CONCLUSION

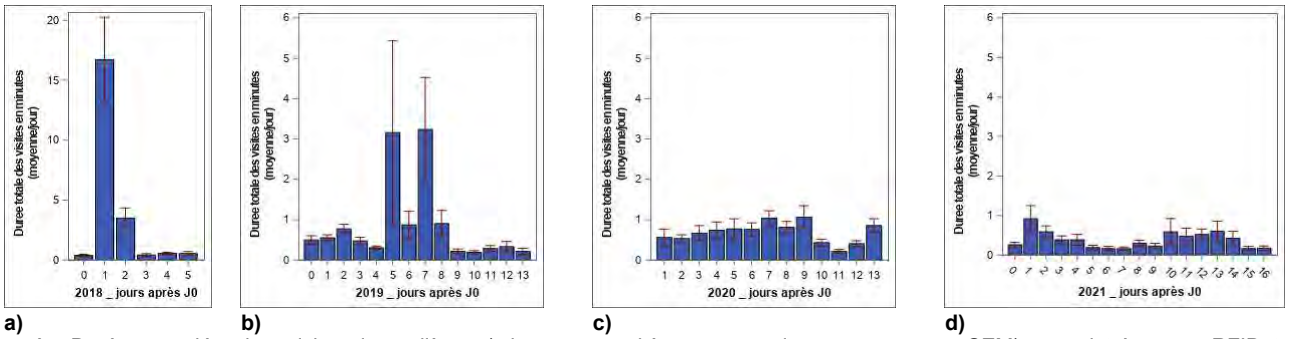
La répétition des protocoles a permis d'identifier un effet année important sur la réponse des chèvres, ainsi que de faire évoluer le prototype version 1 (2018-2019) vers une version 2 (2020-2021) avec la possibilité de gérer plusieurs antennes et lots d'animaux avec un seul lecteur.
En 2022, nous poursuivons le développement avec une nouvelle expérimentation pour améliorer la détection des chaleurs et la recherche d'un algorithme de prédiction, et nous évaluons la faisabilité du transfert sur le terrain du dispositif.

Financement par INRAE (projet RFIDetect, départements PHASE et GA 2018) et cofinancement par la Région Centre-Val de Loire (projet MALEFIC, AAP Intérêt Régional 2016).

Fréret S., Talbot J., Fatet A., Boissard K., Ranger B., Bruneteau E., Boisseau C., Laine A.-L., Borderes F., Desmarchais A., Caillat H., Dewez J., Johnson L., Pellicer-Rubio M.-T., 2015. Rencontres Recherches Ruminants, 22, 207-210.

Jour début chaleurs (marquage)	2018 synchro. horm. (n=36)		2019 effet mâle (n=36)		2020 effet mâle (n=72)		2021 effet mâle (n=36)	
	Moyenne ± ET (effectif)	Médiane (min ; max)	Moyenne ± ET (effectif)	Médiane (min ; max)	Moyenne ± ET (effectif)	Médiane (min ; max)	Moyenne ± ET (effectif)	Médiane (min ; max)
1er cycle	1,1 ± 0,4 (n=21)	1 (1 ; 2)	1,25 ± 0,35 (n=2)	1,25 (1 ; 1,5)	2,4 ± 1,0 (n=9)	2,0 (1 ; 4,5)	5,0 ± 1,1 (n=4)	5,25 (3,5 ; 6)
2ème cycle	-	-	7,1 ± 1,25 (n=33)	7,5 (5 ; 11)	8,0 ± 1,0 (n=56)	8,0 (6,5 ; 10,5)	10,5 ± 2,9 (n=32)	9,25 (7 ; 16,5)

Tableau 1 : Description des venues en chaleur (méthode de référence), J0 = retrait d'éponge (2018) ou introduction des boucs (2019-2021)



a) **b)** **c)** **d)**

Figure 1 : Durée cumulée des visites journalières (minutes par chèvre et par jour, moyenne ± SEM) enregistrées par RFIDetect, à partir de J0 = retrait d'éponge (2018, synchronisation hormonale) ou introduction des boucs (2019-2021, synchronisation sans hormone)

Suivi non invasif de la réponse ovulatoire des chèvres après effet bouc, par dosage de la progestérone dans le lait

Non-invasive monitoring of the ovulatory response of goats after male effect, by assaying progesterone in milk

FRERET S. (1), LAINE A-L. (1), FASSIER T. (2), GAUDET M. (1), LACLIE C. (1), GENNETAY D. (1), PELLICER-RUBIO M-T. (1)
(1) INRAE, UMR PRC « Physiologie de la Reproduction et des Comportements », 37380 Nouzilly
(2) INRAE, UE P3R « Pôle de phénotypage des petits ruminants », 18390 Osmoy

INTRODUCTION

L'effet mâle est une méthode alternative au traitement hormonal pour induire et synchroniser les chaleurs et les ovulations en contre-saison chez les chèvres et les brebis, et pouvoir pratiquer l'insémination animale (IA). Cette ancienne pratique d'élevage consiste à stimuler l'activité ovulatoire de femelles au repos sexuel (non cyclées mais réceptives) par l'introduction de mâles sexuellement actifs dans leur environnement (Pellicer-Rubio *et al*., 3R 2018). La moindre synchronisation des ovulations fertiles induites par effet bouc (étalées sur plusieurs jours) par rapport à celles induites par traitement hormonal ne permet pas d'inséminer les chèvres à heure fixe. La détection des chaleurs est donc nécessaire pour pratiquer l'IA (ou la lutte en main), afin de déterminer à quel moment et quelles femelles inséminer.
Pour faciliter cette détection, nous évaluons les performances d'outils automatisés (Fréret *et al*., 3R 2015 et 2020) et avons pour cela besoin de déterminer le profil de réponse ovulatoire (par dosage de la progestérone plasmatique) des chèvres après effet mâle, afin d'identifier les périodes potentielles de venues en chaleurs.
Ce travail avait comme objectif d'adapter notre méthode de dosage de la progestérone du plasma au lait, afin de suivre de façon non invasive la réponse des chèvres.

1. MATERIEL ET METHODES

Le protocole d'effet mâle (pour une induction et une synchronisation sans hormone des chaleurs) a été mis en œuvre à la chèvrerie INRAE de Bourges pendant 4 années (2018 à 2021) avec 36 à 40 chèvres de race alpine suivies/an, pendant l'anœstrus saisonnier (1ère quinzaine d'août). L'effet mâle a été réalisé avec des boucs munis de tabliers (pour éviter les saillies) et de crayons marqueurs, avec 1 bouc pour 10 chèvres. La détection des chaleurs a été réalisée 2 fois/jour matin et soir pendant 2 semaines après l'introduction des boucs (= J0) parmi les chèvres, par relevé des marques de chevauchements faites sur les femelles par les boucs (méthode de référence).
Un dosage de la progestérone (P4) dans le plasma (2018-2019) ou dans le lait (2020-2021) a permis de déterminer l'état de cyclicité des chèvres avant J0 (2 prélèvements à 9-10 jours d'intervalle) ainsi que la réponse ovulatoire des chèvres après introduction des boucs (prélèvements de sang ou de lait (lors de la traite) - réalisés 1 fois/jour de J0 à J13). Les dosages immuno-enzymatiques (ELISA) de P4 ont été faits à la plateforme Phénotypage-Endocrinologie de l'UMR PRC (INRAE Nouzilly), selon la méthode interne décrite par Canépa *et al*. (2008). Cette méthode a été adaptée pour le lait entre 2018 et 2020 (avec dosage en parallèle sur des échantillons de plasma et de lait prélevés le même jour (74 échantillons en 2018, 252 en 2020).

2. RESULTATS

L'analyse des taux de progestérone a montré une bonne corrélation entre plasma et lait (r^2=0.84, au total 326 échantillons, non illustré). Plusieurs types de profil de réponse ovulatoire peuvent être observés après introduction des boucs (Pellicer-Rubio *et al*., 3R 2018) : soit un 1er cycle court suivi d'un 2ème cycle de durée normale (CC-CN), soit un cycle de durée normale (CN), soit un cycle retardé (CR, avec une 1ère montée de P4 ≥ J10, une durée courte ou normale). Enfin, certaines chèvres n'ovulent pas (non réponse). Des profils individuels représentatifs sont illustrés pour le taux de P4 dans le lait (figure 1) et dans le plasma (figure 2), montrant que le dosage de P4 dans le lait permet d'identifier les mêmes types de profil qu'avec le dosage de P4 dans le plasma des chèvres.

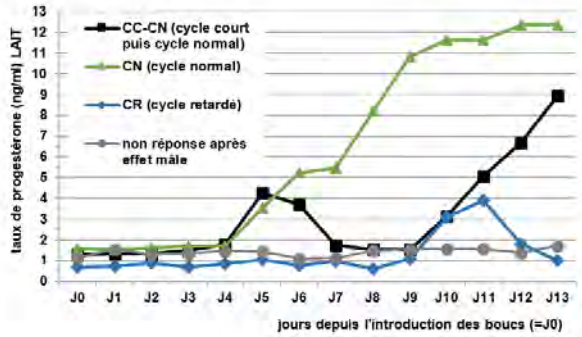


Figure 1 Profils individuels de progestérone dans le lait

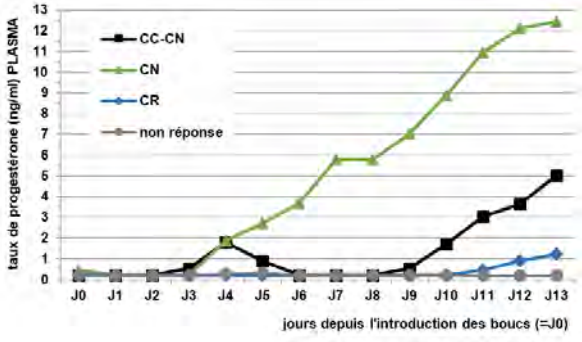


Figure 2 Profils individuels de progestérone dans le plasma

CONCLUSION

Le dosage de progestérone dans le lait nous permet depuis 2020 de suivre de façon non invasive la réponse ovulatoire des chèvres après effet mâle (en élevage expérimental ou sur le terrain). La validation du même dosage dans le lait de vache avait également été faite (il est utilisé maintenant en routine). L'adaptation dans le lait de brebis est faite et la validation est en cours pour la réponse à l'effet mâle.

Nous remercions l'équipe caprine de l'UE P3R Bourges.
Travaux financés par INRAE et la Région Centre-Val de Loire (projet « MALEFIC », AAP Intérêt Régional 2016).

Canépa S., Lainé A.L., Bluteau A., Fagu C., Flon C., Monniaux D., 2008. Cah. Tech. INRA, 64, 19-30.
Fréret S., Talbot J., Fatet A., Boissard K., Ranger B., Bruneteau E., Boisseau C., Laine A.-L., Borderes F., Desmarchais A., Caillat H., Dewez J., Johnson L., Pellicer-Rubio M.-T., 2015. Rencontres Recherches Ruminants, 22, 207-210.
Fréret S., Fassier T., Laine A.-L., Pellicer-Rubio M.-T., 2020. Rencontres Recherches Ruminants, 25,59.
Pellicer-Rubio M.T., Boissard K., Grizelj J., Vince S., Fréret S., Fatet A., Lopez-Sebastian A., 2018. Rencontres Recherches Ruminants, 24, 327-338.

Caractérisation de la part de rayonnement lumineux utile aux traitements photopériodiques et à la sécrétion de mélatonine chez les caprins

Characterization of the part of the light spectrum useful for photoperiodic treatments and for the secretion of melatonin in goats

FATET A. (1), BORDERES F. (1), ROY E. (2), BOISSARD K. (1), FRERET S. (3), LAINÉ A.L. (3), CAMELIO S. (4), CHAILLOU E. (3), DARDENTE H. (3), COMBES D. (2), PELLICER-RUBIO M.T. (3)
(1) INRAE, UE1373 FERLUS, Les Verrines, 86600, Lusignan, France
(2) INRAE, UR4 URP3F, Le Chêne, 86600, Lusignan, France
(3) INRAE, UMR85 PRC, 37380, Nouzilly, France
(4) ENSI Poitiers, 1 Rue Marcel Doré, 86000 Poitiers, France

INTRODUCTION

La reproduction des caprins est dite « saisonnée », elle alterne des périodes de repos sexuel et d'activité sexuelle selon la durée du jour. Les traitements lumineux de désaisonnement permettent le pilotage de la saisonnalité des chèvres (Chemineau *et al.*, 1988) et le maintien de l'activité sexuelle des boucs à l'année (Delgadillo *et al.*, 1991). Bien qu'il soit recommandé (GRC, 2012) d'apporter 200 lux à hauteur des yeux des animaux pour le désaisonnement lumineux en élevage ou en centre d'insémination, ce n'est pas l'intensité seule mais aussi la gamme de longueurs d'ondes reçue qui jouent un rôle sur la sécrétion de mélatonine. Il est donc important de caractériser la part utile du spectre lumineux pour les traitements photopériodiques utilisés en élevage caprin, de façon à améliorer les recommandations d'éclairage (gamme du spectre x intensité minimale) et éventuellement réduire les coûts. L'objectif de cette étude était de comparer l'effet de différentes gammes de longueurs d'onde du spectre lumineux visible à différentes intensités sur la sécrétion de mélatonine et le stress éventuellement causé (cortisol) chez le bouc.

1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

La réponse de 3 lots de 6 boucs à différents éclairages en terme de mélatonine et de cortisol plasmatiques a été évaluée en carré gréco-latin combinant *gamme du spectre lumineux* * *intensité lumineuse*. Les 9 éclairages expérimentaux ont été conçus grâce à différentes sources lumineuses combinées à des filtres gélatine. L'éclairement mesuré devait être limité strictement aux domaines de longueurs d'ondes fixés :

- blanc = spectre complet de 340nm à 750nm
- bleu = spectre limité à la gamme 400-500nm
- rouge = spectre limité à la gamme 600-700nm

L'intensité mesurée (+/-25%) devait correspondre à : 200, 70 ou 10 lux pour les éclairages blancs ; 10, 3.5 et 0.5 lux pour le bleu; 46, 16.1 et 2.3 lux pour le rouge (soit la part de bleu et de rouge contenue dans un éclairage blanc de 200, 70 et 10lux). Chaque éclairage a été validé par des mesures au spectroradiomètre Jaz (Ocean-Optics) avec un maillage spatial fin dans les zones d'hébergement des boucs.
Chaque journée de suivi comprenait 4 étapes pendant lesquelles des prises de sang sériées étaient réalisées toutes les 20 min pour suivre la cinétique de la mélatonine et du cortisol plasmatiques.

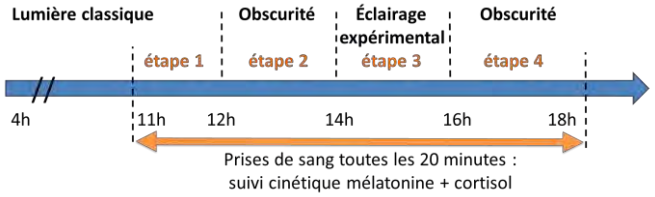


Figure 1 : représentation schématique du déroulé d'une journée de prélèvements

2. RESULTATS

Le taux de cortisol change au cours du temps indépendamment du groupe expérimental avec des niveaux supérieurs lors des premiers prélèvements de la journée (stress lié aux premiers prélèvements). La gamme et l'intensité de la lumière n'ont pas eu d'effet sur les niveaux plasmatiques de cortisol donc n'ont pas créé de stress spécifique. Le projet a été l'occasion de comparer des mesures plasmatiques et salivaires (moins invasives) de cortisol. Celles-ci présentaient une mauvaise corrélation (Spearman, p= 0,275 ; R=-0,132) ne permettant pas de valider les dosages salivaires. Les niveaux plasmatiques de mélatonine étaient similaires entre les groupes expérimentaux durant les phases nocturnes (étapes 2 et 4). Pendant la phase d'éclairage expérimental (étape 3), la couleur (bleu, blanc, rouge) et l'intensité (10, 70, 200 lux) de la lumière ont eu un effet sur les niveaux plasmatiques de mélatonine (résultat du carré gréco-latin étape par étape : p=0,0812 et p=0,0992 respectivement). La lumière rouge serait moins efficace pour inhiber la sécrétion de mélatonine, par rapport à la lumière bleu ou blanche. L'intensité lumineuse de 200 lux parait la plus efficace.

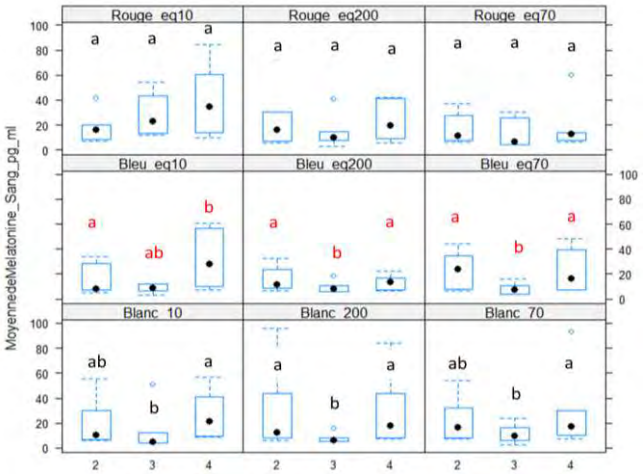


Figure 2 : Valeurs de mélatonine plasmatique (pg/ml) moyennes par modalité d'éclairage entre étapes 2, 3 et 4

DISCUSSION - CONCLUSION

Nous avons pu déterminer qu'une part de bleu de 3.5 lux (seule ou inclue dans un spectre blanc) est suffisante pour obtenir la réponse « court-terme » attendue d'inhibition de la mélatonine. Le projet a permis la mise au point d'une méthodologie d'élaboration et d'évaluation d'éclairages expérimentaux du point de vue spectral (lumière), physiologique et comportemental (animaux).
La prochaine étape permettra d'évaluer la réponse « long terme » à un traitement lumineux alternant 2 mois de jours longs (16h de lumière/jour) et 2 mois de jours courts (8h/jour) avec un éclairage LED apportant la part de bleu requise. La réponse sera mesurée en termes de testostéronémie, volume testiculaire, expression du comportement sexuel et performances de production de semence.

Ce projet a reçu le soutien de la Région Nouvelle-Aquitaine, du département PHASE d'INRAE et du programme cadre CNE « reproduction des petits ruminants ».

Chemineau *et al.* 1988 Reprod Nutr Dev. 28(2B):409-22.
Delgadillo *et al.* 1991 Theriogenology 36(5), 755-770.
GRC 2012. Idele. Traitements photopériodiques et repro. caprine.

Sélection des modèles d'estimation des paramètres génétiques des caractères reproductifs de la chèvre locale

Model selection for estimating genetic parameters of reproductive traits in a local goat.

A. ATOUI (1), M.J. CARABAÑO (2), M. ABDENNEBI, S. NAJARI (1).

(1) Laboratoire d'Elevage et Faune Sauvage, Institut des régions Arides, route El jorf km 22.5 Médenine 4119. Université de Gabès, Tunisie.

(2) Département de génétique animal, Institut national de recherche et de technologie agricoles et alimentaires, Ctra de la Coruña km 7.5, Madrid, 28040, Espagne.

INTRODUCTION

Le succès des programmes d'élevage des petits ruminants dépend des modèles appropriés d'évaluation génétique des reproducteurs sur des caractères présentant une association génétique entre les différents phénotypes reproductifs. L'objectif de ce travail est de déterminer les composantes environnementales et génétiques qui synthétisent les performances de reproduction des chèvres locales élevées dans des conditions climatiques rigoureuses afin de jalonner les bases d'une future amélioration génétique de cette population.

1. MATERIELS ET METHODES

Un total de 462 mises bas provenant de l'accouplement de 11 boucs et 185 chèvres locales. Les données ont été recueillies durant la période 1999-2014. Deux caractères de reproduction ont été étudiés : l'intervalle entre mise bas (IMB) et la taille de la portée à la naissance (TP). Les composantes de la variance ont été estimées sur la base de deux modèles d'évaluation : un modèle animale uni varié (modèles 1,2 et 3) et un modèle animale multi varié (modèles 4,5 et 6). Les effets fixes inclus sont : l'interaction année ×mois de naissance, la parité et l'âge de la chèvre. Les modèles 1 et 4 sont des modèles à des effets génétiques directs de la chèvre (AG) ; les modèles 2 et 5 sont des modèles à des effets environnementaux permanents (PE) ; et les modèles 3 et 6 sont des modèles à des effets AGet PE. Les modèles ont été comparés en testant le -2logL et lecritère d'information d'Akaike (AIC). Le modèle ayant le -2log L le plus élevé et ou la valeur AIC le plus faible est considéré comme le meilleur.

2. RESULTATS

Une statistique descriptive relative aux performances de reproduction est présentée dans le tableau 1. La faible TP représente une adaptation au milieu naturel de l'élevage pastoral dans les régions arides (Najari, 2005).

Variables	Min	Max	Moy	ET
IMB (Mois)	9,04	37,83	13,85	5,20
TP (Chevreaux nés)	1	3	1,33	0,49

Tableau 1. Statistiques descriptives des performances reproductives des chèvres locales

Des petites différences des valeurs d'AIC entre les modèles ont été observées, avec une meilleure qualité d'ajustement (-2logL) pour le modèle 6 mais une meilleure valeur d'AIC pour les modèles 2 et 5. L'inclusion des effets AG ou PE seuls aura tendance à surestimer la variance et l'héritabilité correspondantes, mais pas la répétabilité, qui inclut les deux effets animaux. En incluant les deux effets, les estimations de l'héritabilité étaient faibles pour les deux traits, comme prévu pour la performance reproductive, qui montre normalement une grande influence environnementale.

3. DISCUSSION

Les faibles estimations d'héritabilité obtenues sont principalement dues à la plus grande influence des effets environnementaux, puisque la variance génétique n'est pas négligeable. La répétabilité estimée était également modérée, ce qui indique que des informations provenant de plusieurs cycles de reproduction sont nécessaires pour une évaluation plus précise (Greyling, 2000). La corrélation génétique estimée entre IMB et TP a été affectée par le modèle utilisé, passant d'une valeur légèrement positive à légèrement négative pour le modèle avec seulement AG par rapport au modèle avec à la fois des effets AG et PE. La corrélation génétique ou environnementale permanente entre la TP et l'IMB estimée par les modèles 4 ou 5 est expliquée par le fait que les chèvres qui ont montré un IMB plus grand avec la mise bas précédente contenant largement de temps pour acquérir de meilleures conditions corporelles ; donc, elles peuvent avoir plus de fœtus pour la mise bas suivante (Najari,2005). Pour le modèle 6, une partie des gènes responsables d'un IMB plus important sont également responsables d'une prolificité plus faible, cohérente avec une mauvaise performance reproductive globale, et inversement.

CONCLUSION

Compte tenu des faibles différences dans les critères de comparaison des modèles et de la surestimation présumée des variances pour les modèles avec uniquement des effets AG ou PE, un modèle incluant les deux effets (Modèle 6) est recommandé. Ainsi, le choix de modèle d'analyse est décisif pour une bonne estimation des paramètres génétiques. Ces derniers constituent la source d'information la plus importante dans la sélection animale. Ils permettent de caractériser la population étudiée, de choisir la meilleure méthode de sélection d'animaux et d'estimer le progrès génétique attendu.

GREYLING, J. 2000. Reproduction traits in the Boer goat doe.Small Ruminant Research, v36, p.171-177.

NAJARI, S. 2005. Thesis (Ph D. in Agronomy) - Institut National Agronomique de Tunis.

	IMB				TP				IMB-TP		Critére	
Modèles	**VA**	**VP**	**h^2**	**Rep**	**VA**	**VP**	**h^2**	**Rep**	**corA**	**corP**	**-2logL**	**AIC**
1	5,07	0,00	0,15	0,15	0,07	0,00	0,31	0,31	0,00	0,00	2622,3	2630,3
2	0,00	3,86	0,00	0,12	0,00	0,07	0,00	0,30	0,00	0,00	2619,5	2627,5
3	3,83	2,12	0,12	0,18	0,02	0,05	0,08	0,30	0,00	0,00	2618,5	2630,5
4	5,80	0,00	0,17	0,17	0,08	0,00	0,31	0,31	0,24	0,00	2618,1	2630,1
5	0,00	4,01	0,00	0,12	0,00	0,07	0,00	0,30	0,00	0,25	2615,4	2627,4
6	4,03	2,12	0,12	0,18	0,02	0,05	0,08	0,31	-0,20	0,61	2614,1	2632,1

Tableau 2 : Estimations des paramètres génétiques et critères de comparaison statistique de modèles sur les performances de reproduction

La succession de jours longs et de jours courts décroissants améliore la fertilité et le groupage des mises bas des agnelles en contre-saison

The alternation of long days and decreasing short days improves ewe lamb fertility and birth grouping out of the breeding season

LOUBIERE L. (1), POQUET M. (2), GUILLEBASTRE J. (2), GUIZARD C. (1), NOUBEL G. (1), DEBUS N. (3), PELLICER-RUBIO M.-T. (4),
(1) Union Ovine Technique, 12850 Onet le Château, France
(2) Service Elevage Confédération de Roquefort, 12100 Millau, France
(3) INRAE UMR868 SELMET « Systèmes d'élevage méditerranéens et tropicaux », 34060 Montpellier, France
(4) UMR85 PRC « Physiologie de la reproduction et des comportements », 37380 Nouzilly, France

INTRODUCTION

Dans les élevages ovins en lutte naturelle de contre-saison, et notamment en Agriculture Biologique (AB), les performances de reproduction sont dégradées, avec des mises-bas très étalées et un taux de mise-bas plus faible, en particulier chez les agnelles. Le cahier des charges AB interdit l'induction et la synchronisation hormonale des chaleurs, mais tolère les traitements lumineux (sans mélatonine) mimant une photopériode favorable à la reproduction à contre-saison (Pellicer-Rubio et al 2019). L'objectif était d'améliorer le taux et le groupage des mises-bas chez les agnelles mises à la reproduction à contre-saison, grâce à l'utilisation d'un nouveau protocole lumineux combiné à l'effet bélier. Ce protocole repose sur l'utilisation de jours courts (JC) décroissants pour retarder l'installation d'un état réfractaire aux JC et maintenir l'activité sexuelle induite par le traitement pendant une plus longue durée (Malpaux et al 1988).

1. MATERIEL ET METHODES

Deux protocoles lumineux ont été testés sur 2 années dans 2 élevages (race Lacaune) en AB du rayon de Roquefort. L'année précédant l'expérimentation (N-1), les 2 éleveurs avaient appliqué un traitement lumineux standard sur les agnelles (Une technique alternative aux hormones: le désaisonnement lumineux des brebis. - Inn'ovin (inn-ovin.fr)). Les années 1 et 2, les nouveaux protocoles lumineux ont débuté par 70 jours longs artificiels (JL, 16h de lumière et 8h d'obscurité, 16J:8N). Ensuite, les agnelles ont reçu 150 JC artificiels (fermeture des fenêtres de façon à créer une nuit noire pendant la période nocturne) décroissants appliqués en 3 paliers de 50 jours. **Protocole JC 1** (élevage A, année 1) : 50 JC 12J:12N suivis de 50 JC avec une diminution de la durée du jour de 30 min par semaine (JCdec), puis de 50 JC 8J:16N. **Protocole JC 2** (élevage A l'année 2 et élevage B les 2 années) : 50 JC 12J:12N suivis de 50 JC 10J:14N, puis de 50 JC 8J:16N (Figure 1). Les protocoles lumineux étaient associés à un effet bélier (1 bélier pour environ 10 agnelles) avec introduction des béliers (J0) au démarrage du 2ème palier de JC (le 1er juin dans l'élevage B et le 10 juin dans l'élevage A et retrait des béliers à la fin du traitement. Les notes d'état corporel (NEC) ont été évaluées 1 mois avant (NEC1) et après J0 (NEC2). En année 2, la progestéronémie a été mesurée à J-10 et J0 chez 30 (élevage A) et 36 agnelles (élevage B) représentatives du lot, pour déterminer la fréquence d'agnelles cyclées avant la lutte. Les résultats ont été comparés à ceux de 15 élevages AB n'utilisant pas de protocoles lumineux et luttant les agnelles au mois de juin (référence). Les variables qualitatives ont été analysées par régression logistique et les quantitatives par ANOVA, en utilisant l'ajustement de Bonferroni pour les comparaisons multiples.

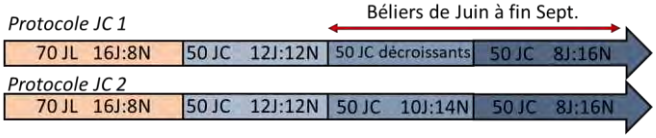


Figure 1 : Schéma des protocoles lumineux

2. RESULTATS

Les résultats sont résumés dans le Tableau 1. Les nouveaux protocoles lumineux testés les années 1 et 2 dans les élevages A et B ont augmenté le taux de mise-bas sur 30 jours jusqu'à environ 60%, mais n'ont pas permis d'améliorer la fertilité globale sur 100 jours.

3. DISCUSSION - CONCLUSION

Le traitement des agnelles avec une alternance de 70 JL et 150 JC décroissants (en 3 paliers de 50 jours) améliore le groupage des mises bas lors d'une lutte naturelle à contre-saison. Le nombre d'agnelles cyclées avant l'introduction des béliers était <20%, et environ 50% des fécondations ont eu lieu entre le 10ème et 30ème jour de lutte. Ces résultats suggèrent que les nouveaux protocoles lumineux ont notamment amélioré la réponse des agnelles à l'effet bélier. Ces résultats ont été observés dans 2 élevages sur 2 années consécutives, ce qui conforte l'efficacité du nouveau protocole lumineux. Il sera toutefois intéressant de confirmer les résultats sur un nombre d'élevages plus important.

Travaux financés par la Région Occitanie (Appel à Projets Expérimentation Bio 2020-2021) et par la CNE (programme cadre « Maitrise de la reproduction chez les petits ruminants ».

Malpaux B. et al, 1988. J. Reprod. Fert.,83, 461-470.
Pellicer-Rubio M.T. et al 2019. Inra Prod. Anim. 32, 51-66.

Elevage	Année	Age (mois)	NEC1	NEC2	Cyclées	MB sur 30j	MB sur 100j
A	N-1 (n=111)	7,4 ± 0,02 a	ND	ND	ND	32 % ab	81 % abc
	1 (n=116)	7,1 ± 0,02 a	3,1 ± 0,02 a	2,9 ± 0,01 a	ND	60 % c	71 % ab
	2 (n=111)	7,1 ± 0,02 a	2,9 ± 0,01 c	3,0 ± 0,02 b	13% (n=30)	62 % c	75 % abc
B	N-1 (n=268)	8,2 ± 0,04 a	ND	ND	ND	35 % b	74 % ab
	1 (n=447)	9,1 ± 0,05 b	2,5 ± 0,03 b (n=32)	2,8 ± 0,07 a (n=32)	ND	57 % c	86 % c
	2 (n=407)	9,5 ± 0,05 c	2,8 ± 0,04 c (n=36)	2,9 ± 0,02 a (n=36)	19% (n=36)	62 % c	82 % bc
Référence	N-1 (n=1553)	7,7 ± 0,02 d	ND	ND	ND	21 % a	72 % ab
	1 (n=1326)	7,9 ± 0,02 e	ND	ND	ND	31 % b	70 % a
	2 (n=1337)	8,0 ± 0,02 f	ND	ND	ND	37 % b	76 % b

n : nombre d'agnelles. Les valeurs sont exprimées en moyenne±SEM ou pourcentage (%). ND : non disponible. a,b,c,d,e,f : lettres différentes sur une même colonne indiquent différences significatives (p≤0,05).
Tableau 1 Caractéristiques des agnelles à la lutte et taux de mise-bas (MB) sur 30 et 100 jours (j.)

Utilisation de l'effet mâle en remplacement de l'eCG dans le traitement d'induction et de synchronisation des chaleurs et des ovulations chez la brebis Mérinos d'Arles

Use of the male effect as a replacement for eCG in the induction and synchronization of estrus and ovulation in the Merino d'Arles ewe

BESCHE G. (1), TESNIERE A. (1), GUYONNEAU J-D. (1), KRISZT T. (1), MENASSOL J-B. (1), DEBUS N. (1),

(1) SELMET, Univ Montpellier, INRAE, CIRAD, L'Institut Agro Montpellier, Montpellier, France

INTRODUCTION

Dans les élevages ovins l'induction et la synchronisation des chaleurs et des ovulations visent à contrôler le rythme saisonnier de reproduction, regrouper les mises-bas et permettre l'insémination animale (IA). L'utilisation de « l'effet mâle » (EM) comme alternative naturelle aux traitements hormonaux d'induction et de synchronisation des chaleurs se heurte à deux limites : 1) la proportion de brebis capables de répondre est extrêmement variable et difficilement maîtrisable du fait d'influences multifactorielles (Debus et al., 2022) ; 2) les chaleurs induites, se répartissant en deux pics distants de 6 jours, dus à la manifestation chez certains animaux, de cycles courts (CC) (Thimonier et al., 2000). Ceci entraine une synchronisation plus faible en comparaison du protocole hormonal standard qui ne permet pas de faire une seule IA à jour fixe.

Chemineau et al., (2006) ont montré que l'apparition des CC était due à une imprégnation insuffisante de l'environnement ovarien à la progestérone. L'objectif de notre étude a été de réduire la variabilité de la réponse à l'effet mâle par l'utilisation préalable d'une éponge de FGA (acétate de flugestone) pour supprimer les cycles courts et permettre la réalisation d'une IA à heure fixe.

1. MATERIEL ET METHODES

Deux groupes de 50 brebis Mérinos d'Arles ont été suivis : les brebis du groupe FGA ont reçu une éponge de FGA pendant 12 jours avant EM, les brebis du groupe témoin n'ont reçu aucun traitement. Pour chaque groupe l'EM a été réalisé pendant 14 jours (du 26 avril au 9 mai) avec 4 béliers vasectomisés (introduits avec les brebis le jour du retrait d'éponge) équipés de détecteurs électroniques de chevauchement Ovimate pour suivre la cinétique d'apparition des chaleurs (Alhamada et al., 2016). La progestérone plasmatique a été dosée à partir de i) deux prises de sang réalisées à 10 jours d'intervalle avant la pose des éponges, pour connaitre l'état de cyclicité des brebis avant EM ; ii) une prise de sang par jour pendant 11 jours à partir de l'introduction des béliers, pour caractériser le type de réponse ovarienne à l'EM. Les brebis ont ensuite été luttées avec 4 béliers entiers équipés du détecteur Ovimate pour déterminer le jour de la fécondation. Les groupes ont été comparés à l'aide du test U de Mann-Whitney ou du test du Chi2. Les différences sont considérées significatives si p≤0,05.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

Nous avons observé une cyclicité avant EM et une réponse à l'EM importantes chez la brebis Mérinos d'Arles et homogènes entre les groupes (Tableau 1). Ceci est en accord avec la littérature (Chanvallon et al., 2011). Nous avons confirmé, comme l'avaient montré Adib et al. (2014), que le prétraitement avec une éponge de FGA supprimait les CC en réponse à un EM (p<0.01) et rendait la première ovulation après l'introduction des mâles non silencieuse (Tableau 1). En effet pendant l'EM nous avons observé plus de brebis en chaleur dans le groupe FGA que dans le groupe témoin (p<0.001) et un début des chaleurs des brebis plus précoce et regroupé dans le groupe FGA en comparaison du groupe témoin (Tableau 1). Sachant que nous avons préalablement montré que les brebis inséminées entre 0 et 35h après le début de leurs chaleurs avaient des taux de fertilité plus élevés que celles inséminées après 35h (Debus et al., 2019) nous avons observé que 90% des brebis du groupe FGA manifestaient des chaleurs dans une fenêtre temporelle compatible avec la réalisation d'une IA à 53h après le retrait des éponges (début des chaleurs entre 18 et 53h après le retrait des éponges/début EM) contre 4% des brebis du groupe témoin (p<0.001). Ce moment d'IA plus précoce par rapport à celui préconisé (55h) pour le protocole hormonal standard est en accord avec les résultats de Debus et al (2018) qui ont montré que la présence d'un bélier lors d'un traitement de synchronisation avançait le pic pré-ovulatoire de LH (hormone lutéinisante) de presque 5h.

Brebis	Témoin (n=50)	FGA (n=50)
Cyclées	25/50 (50%)	23/50 (46%)
Non cyclées avant EM	25/50 (50%)	27/50 (54%)
Ayant répondu à l'EM (parmi non cyclées)	24/25 (96%)	27/27 (100%)
Ayant fait un CC	6/24 (25%)	0/27 (0%) *
En chaleur pendant EM	22/50 (44%)	48/50 (96%) **
Début des chaleurs (h après début EM)	137,83h (71,61-246,74)	34,34h (31,08-43,25) **

Tableau 1 Réponse de brebis Mérinos d'Arles, prétraitées ou non avec FGA avant effet mâle (% ou médiane (Q1-Q3), * indique p<0.01 et ** p<0.001)

CONCLUSION

Nous avons confirmé chez la brebis Mérinos d'Arles que le prétraitement avec une éponge de FGA supprime les cycles courts en réponse à l'EM et rend la 1ère ovulation après EM non silencieuse. Ceci permettrait de synchroniser efficacement les brebis afin de réaliser une IA à heure fixe (53h) sur l'ensemble du lot.

Ce travail a été financé par le programme cadre CNE « Maitrise de la Reproduction des Petits Ruminants ». Les auteurs remercient l'équipe du Domaine expérimental du Merle (l'Institut Agro Montpellier), P.-M. Bouquet, D. Montier et O. Benoit.

Adib A., Freret S., Touze J.L., Lomet D., Lardic L., Chesneau D., Estienne A., Papillier P., Monniaux, D., Pellicer-Rubio, M. T., 2014. Reproduction, 148, 403-416.

Alhamada M., Debus N., Lurette A., Bocquier F., 2016. Small Rum. Res., 134, 97-104.

Debus N., Laclef E., Lurette A., Alhamada M., Tesniere A., González-García E., Menassol J.B., Bocquier F., 2022. Animal, 16, 100519

Debus N., Besche G., Lurette A., Guyonneau J.D., Tesniere A, Menassol J.B., Bocquier F., 2019. 70th EAAP Annual Meeting, 26-30 August 2019 Ghent, Belgium

Debus N., Tesniere A., Bocquier F., Menassol J.B., Besche G., Guyonneau J.D., Demarquet F., Leconte R., Philibert A., Grisot P.G., 2018. Renc. Rech. Ruminants, 24, 397-401

Chanvallon A., Sagot L., Pottier E., Debus N., Francois D., Fassier T., Scaramuzzi R.J., Fabre-Nys C., 2011. Animal, 5, 1594-1604.

Chemineau P., Pellicer-Rubio M. T., Lassoued N., Khaldi G., Monniaux D., 2006. Reprod. Nut. Dev. 46, 417-429.

Thimonier J., Cognie Y., Lassoued N., Khaldi G., 2000. INRA Prod. Anim. 13, 223-231

Perception des freins au développement du vêlage précoce : regard croisé d'éleveurs et techniciens des deux filières bovines

Perception of obstacles to the development of early calving: a cross-view of breeders and technicians from the two cattle sectors

DOMINIQUE S. (1), PILARD M. (1), DIMON P. (1), BIDAN F. (1)
(1) Institut de l'Elevage, 149, rue de Bercy, 75595 Paris Cedex 12, France

INTRODUCTION

L'amélioration de la productivité économique et environnementale des élevages bovins permis par le vêlage précoce (Farrié *et al*., 2008, Brunschwig *et al*., 2012) ne semblent pas être des arguments suffisants pour encourager les éleveurs français à se lancer. Même si les prédispositions à la précocité sexuelle entre les animaux de ces deux filières restent différentes, les travaux mettant en avant cette pratique n'ont pas permis de faire évoluer l'âge au premier vêlage. En 2020, les femelles laitières et allaitantes vêlent pour la première fois à respectivement 31 et 36 mois en moyenne. Seuls 12 % des troupeaux laitiers atteignent un âge moyen inférieur ou égal à 26 mois et restent très faible chez les allaitants. Eleveurs et techniciens ont été enquêtés pour exposer leurs perceptions quant à la mise en place du vêlage précoce.

1. MATERIEL ET METHODES

Un questionnaire en ligne, créé via la plateforme LimeSurvey, a été diffusé au cours de l'année 2021 auprès d'éleveurs et de techniciens sur le site de l'Institut de l'Elevage. Un premier panel de questions a permis de catégoriser les éleveurs (utilisateur ou souhait de pratiquer) et les techniciens (fréquence du conseil). Nous avons considéré en vêlage précoce les éleveurs laitiers et allaitants ayant indiqué un objectif d'âge au premier vêlage inférieur ou égal à 30 mois. Les questions ont ensuite été attribuées par type de répondant. Des questions à choix multiples (dizaine de modalités) ont été proposées afin de permettre un classement en fonction de chaque situation (limité à 5 réponses). Dans cet article, seules les réponses de premier ordre avec au minimum 10 % de répondants sont décrites.

2. RESULTATS

2.1 TYPOLOGIE DES REPONDANTS

Ce sont 169 éleveurs laitiers, 61 éleveurs allaitants, 63 techniciens laitiers et 48 techniciens allaitants qui ont répondu. La majorité de ces éleveurs et techniciens pratiquent / conseillent régulièrement le vêlage précoce (+85 %). Seules ces deux catégories de répondants sont détaillées dans le tableau 1. Les éleveurs de la filière laitière ayant répondu sont représentatifs des grands bassins de production et races majoritaires. Pour ce qui est de la filière allaitante, les bassins de production limousin et blonde d'aquitaine sont surreprésentés par rapport au système charolais (zone géographique et races). La répartition géographique des techniciens est représentative des principales régions d'élevage des deux filières.

Elevages	Eleveurs qui pratiquent	Techniciens qui conseillent
Laitier	155	61
Allaitant	43	33

Tableau 1 : Effectifs de chaque catégorie de répondants analysée

2.2 ACCEPTABILITE DIFFICILE CHEZ LES LAITIERS

Un tiers des éleveurs laitiers n'ont indiqué aucun inconvénient au vêlage précoce. Cependant, malgré l'intérêt mis en avant sur la carrière productive des vaches vêlant précocement (Jurquet *et al*., 2020), pour les éleveurs ayant remonté des inconvénients, une production laitière plus faible en première lactation est l'obstacle le plus souvent évoqué (38 %). A l'inverse, cette crainte n'est évoquée que chez 5% des techniciens laitiers. L'inconvénient majeur plébiscité par les techniciens (30 %) est l'impact négatif sur le développement corporel des animaux. Cette réponse ressort au troisième rang chez les éleveurs, avec 13 % des premières réponses. En deuxième position, les techniciens craignent une complexification de l'atelier (28 %). L'augmentation des frais alimentaires en concentrés est aussi un point de vigilance évoqué par 13 % des techniciens et 16 % des éleveurs.

2.3 DEFIS TECHNIQUES CHEZ LES ALLAITANTS

Seulement 15 % des éleveurs allaitants n'émettent pas de réserves à la pratique du vêlage précoce. Les principales limites mises en avant par les éleveurs ayant relevé des inconvénients touchent des aspects de reproduction (51 %) où l'on peut citer pour moitié des échecs à la mise à la reproduction précoce des génisses et pour l'autre moitié des difficultés sur la deuxième mise à la reproduction. Ensuite, 14 % des éleveurs évoquent l'augmentation des frais alimentaires suivis de l'augmentation de la mortalité des veaux lors de vêlages plus difficiles (11%). Les techniciens allaitants répondent majoritairement (52 %) qu'il existe un impact négatif sur le développement corporel des animaux, avec une baisse des poids carcasse. Cette réponse n'est pourtant citée en première position que par 8 % des éleveurs allaitants. Enfin, comme les techniciens laitiers, la complexification de l'atelier ressort en seconde position (12 %).

3. DISCUSSION - CONCLUSION

Les effectifs limités de l'étude ne permettent pas une généralisation des inconvénients perçus par les éleveurs et les techniciens des deux filières bovines françaises. L'étude pourrait être complétée par l'analyse des données relatives aux élevages répondants pour distinguer les impressions des réelles performances. Toutefois, elle oriente les réflexions quant à la mise en place de conseils : les perceptions des freins au développement du vêlage précoce touchent principalement la production des primipares chez les laitiers et la réussite de la reproduction des génisses et des primipares chez les allaitants. Avec des stratégies de vêlages groupés majoritairement sur une période en élevage allaitant, l'adaptation à des vêlages précoces demande une restructuration importante de la conduite par un passage de trois vers deux ans nécessitant une bonne maîtrise technique de la conduite des animaux. Avec des vêlages majoritairement étalés, les élevages laitiers ont plus de souplesse sur les périodes de mise à la reproduction, mais se heurtent à une évolution nécessaire de leur organisation du travail et de leurs pratiques habituelles d'élevage.

Nous remercions les éleveurs et conseillers ainsi aux porteurs de l'étude PRECOBEEF financée par APIS-GENE.

Brunschwig p., Plouzin d., Leblay a., 2008. Renc. Rech. Ruminants, 19, 295
Farrie J-P., Renon J., Bourge C., Gros J-M., Lahemade T., Muron G., Roudier J. 2012. Renc. Rech. Ruminants, 15, 147-150
Jurquet J., Plouzin D., 2020. Résultats du projet GEREL idele.fr

Quelle utilisation de la Notation d'Etat Corporel (NEC) par les éleveurs pour piloter la reproduction des vaches laitières ?

What is the use of Body Condition Scoring by dairy farmers to manage the reproduction of dairy cows?

MANOLI, C. (1), LAMARRE, M. (1, 2), PETIT T. (1), MARTIN, O. (3), FRERET, S. (4), FAGON J. (2)
(1) URSE, Ecole Supérieure d'Agricultures, Université de Bretagne-Loire, 55 rue Rabelais, F-49007 Angers, France.
(2) Institut de l'Elevage, Maison Nationale des Eleveurs, 149 Rue de Bercy – F-75 595 PARIS Cedex 12
(3) Université Paris-Saclay, INRAE, AgroParisTech, UMR MoSAR, F-75005, Paris, France
(4) Université Tours, INRAE, IFCE, CNRS, UMR PRC, F-37380 Nouzilly, France

INTRODUCTION

En élevage laitier, le maintien des performances de reproduction des vaches est un enjeu économique fort. Ces performances sont influencées par le niveau et la dynamique d'évolution des réserves corporelles (Friggens 2003 ; Ponsart et al., 2006 ; Bédère et al. 2018), qui peuvent être estimées par la notation d'état corporel (NEC). Des relevés de NEC réalisés de façon régulière par les intervenants en élevage (conseillers, vétérinaires) permettent d'objectiver la mobilisation des réserves corporelles (notamment en début de lactation) et de piloter l'alimentation, mais permettraient également de piloter la reproduction. Du côté des éleveurs, leurs pratiques fines de suivi de l'état d'engraissement voire l'utilisation systématique de la NEC et les raisons pour lesquelles ils mettraient en place ce suivi sont finalement peu connues. Un des objectifs du projet Casdar CowPilot (2019-2022) était donc d'évaluer la faisabilité et l'acceptabilité du pilotage individualisé de la NEC en élevage afin i) de mettre en évidence les motivations et freins des éleveurs et ii) d'identifier leurs marges de manœuvre pour mettre en pratique ce pilotage de la NEC au sein de leur troupeau.

1. MATERIELS ET METHODE

Afin de restituer les points de vue de conseillers et d'éleveurs sur les pratiques de suivi de l'état corporel des vaches, une 1ère phase d'enquêtes qualitatives et individuelles a été réalisée en 2020 dans l'Ouest de la France et en Franche Comté. Les enquêtes, semi directives, ont été réalisées auprès de 15 éleveurs et 14 conseillers/ vétérinaires spécialistes de la santé, reproduction et/ou alimentation. Ces enquêtes portaient sur des questions de pilotage de la reproduction, suivi de l'état d'engraissement et utilisation de la NEC. Une analyse thématique des discours a été réalisée. Dans une 2ème phase, deux réunions collectives ont été organisées avec 6 éleveurs et 2 techniciens supplémentaires, de façon à : i) faire réagir les éleveurs sur la 1ère phase d'enquête autour du pilotage de la NEC, ii) présenter la diversité des profils de NEC existants dans les troupeaux, iii) discuter et coconstruire un arbre de décision, basé en 1ère approche sur des références scientifiques, et proposant des mesures correctives à apporter en fonction de seuils de NEC observés à différents stades-clés de la lactation. Enfin, un dernier temps portait sur des propositions d'actions de recherche à mettre en œuvre en priorité.

2. RESULTATS

D'après les enquêtes individuelles, très peu d'éleveurs réalisent un suivi fin et individualisé de la NEC dans le but d'améliorer les performances de reproduction des vaches, en l'absence d'outils automatisés facilement disponibles. Les éleveurs réalisent une observation non chiffrée le plus souvent et se fient à des repères basés sur une observation globale de l'animal (6/15 éleveurs), ou sur des repères anatomiques précis (8/15 éleveurs). Les notations précises sont uniquement utilisées par les conseillers (5/14 conseillers interviewés). Pour piloter la reproduction, les éleveurs combinent leurs estimations de l'état d'engraissement à d'autres indicateurs, car ils mettent en avant que ce n'est pas un indicateur unique de pilotage. L'évaluation de l'état corporel est un indicateur utilisé à des moments stratégiques, notamment la mise à la reproduction, mais également lors de périodes de transition alimentaire ou de tarissement.
Les premiers entretiens et les réunions collectives ont montré que les leviers correctifs pour le pilotage de la NEC sont de trois ordres : i) des leviers à court terme pour le réajustement individuel de la ration (ajout de concentrés par exemple), pour corriger rapidement l' état d'engraissement en cours de lactation; ii) des leviers à plus long terme, aussi de type alimentaire, mis en œuvre sur le troupeau, en vue de préparer la lactation suivante; iii) des leviers mis en place aux deux échelles - niveau individuel à court terme et niveau troupeau pour préparer la lactation suivante (ajustement de la durée du tarissement, monotraite temporaire en fin de lactation…). C'est en fin de lactation que le recours à ces leviers, notamment ceux touchant l'ensemble du troupeau, est le plus accepté, car ils permettent d'anticiper la survenue d'éventuels problèmes pour les lactations suivantes.

DISCUSSION ET CONCLUSION

Ces résultats exploratoires mettent en avant les leviers que mobilisent les éleveurs à deux échelles de temps (court-terme et long-terme) et deux niveaux (individu et troupeau). Il est à noter l'importance qu'ils accordent à l'anticipation des problèmes et la préparation des lactations suivantes, plutôt qu'à des interventions en début de lactation. Néanmoins, le faible nombre d'éleveurs présents aux réunions collectives limite la portée et la généricité de ces résultats. En l'absence d'outils automatisés permettant un suivi systématique et individuel de la NEC, des pistes sont ainsi données pour définir les moments-clés d'observation (la fin de lactation) et les mesures correctives à mettre en œuvre : ajuster la durée de tarissement, notamment. Ces échanges permettront de structurer une 1ère version d'arbre de décision, tenant compte de ces retours d'éleveurs. La richesse des échanges, lors des réunions participatives, a par ailleurs montré l'intérêt de proposer des méthodes d'animation mélangeant apports techniques et animation participative dans un climat de bienveillance, pour faire émerger leurs réflexions. Cela apparait aussi utile aux chercheurs, qui se positionnent lors de ces réunions de groupe, dans une posture d'égalité avec les éleveurs, et peuvent ainsi bénéficier des points de vue des éleveurs pour continuer leurs travaux de recherche.

Nous remercions les éleveurs qui ont participé aux travaux et les organismes de contrôle de performances qui nous ont aidé et accompagnés dans l'organisation des focus groups (Littoral Normand et Conseil élevage 25-90). Projet COWPILOT financé par le Ministère en charge de l'Agriculture (AAP CASDAR RT 2018).

Bédère, N., Cutullic, E., Delaby, L., Garcia-Launay, F., Disenhaus, C., 2018, Livestock Science, 210, 73-84.
Friggens N., 2003, Livestock Production Science, 83, 219–236.
Ponsart, C., Fréret, S., Charbonnier, G., Dubois, P., Humblot P., 2006, BTIA 120, 28-39.

Santé

Dans la tête d'un vétérinaire en visite de bilan sanitaire d'élevage dans un élevage bovin laitier biologique

GAUTIER J. (1), DUVAL J. (2), GIRARD N. (4), GOUTTENOIRE L. (2), GUATTEO R. (1), GUILLOT M. (2), JOHANY F. (2), LOIZON A. (3), MASSON C. (3), PROST L. (5), BAREILLE N. (1), BONNET-BEAUGRAND F. (1)

(1) INRAE, Oniris, BIOEPAR, 44300, Nantes, France
(2) Université Clermont Auvergne, AgroParisTech, Inrae, VetAgro Sup, UMR Territoires, F-63000 Clermont–Ferrand, France (3) UR FOAP, Agrosup Dijon, Dijon, France
(4) UMR AGIR, INRAE, Toulouse, France
(5) UMR SADAPT, INRAE, AgroParisTech, France

RESUME - Cette communication présente l'analyse de l'activité de 3 vétérinaires lors de 3 visites de bilan sanitaire d'élevage (BSE) au sein d'élevages bovins laitiers biologiques. Cette visite est ici définie comme une activité conjointe entre deux professionnels dont l'objectif est l'amélioration de l'état sanitaire de l'élevage. Notre étude qualitative porte sur 3 cas de visites de BSE. Une grille d'analyse a été construite afin de mettre en lumière les objectifs des vétérinaires, les dilemmes auxquels ils font face en situation et les décisions qu'ils prennent en fonction de leurs principes directeurs. Le contexte de la visite met le vétérinaire face à des dilemmes 1. dans le choix des thèmes à aborder par rapport à la contrainte temporelle ; 2. dans la prise en compte des divergences de vue de l'éleveur ; 3.dans le conseil sur les mesures zootechniques préventives et la réduction des intrants médicamenteux alors que son revenu se base sur la vente de médicaments. Ces dilemmes sont tranchés au regard de postulats qui diffèrent selon les vétérinaires, par exemple une posture de partenariat ou une posture de formateur. La visite de BSE est également un moment d'échanges de connaissances dépassant le cadre strict de l'élevage qui alimentent la veille technique, sectorielle et stratégique du vétérinaire, en particulier sur l'agriculture biologique. Enfin, elle joue un rôle de mentoring sur la stratégie sanitaire de l'éleveur dont les parties prenantes ne sont pas entièrement conscientes. Les résultats de cette étude montrent les perspectives que le travail du vétérinaire lors de la visite du BSE offre à l'éleveur pour l'amélioration de la santé des animaux dans les élevages dans le cadre du BSE. Ils montrent également comment, lors de la visite, le vétérinaire peut s'enrichir à partir de ses échanges avec l'éleveur. Enfin, la méthodologie utilisée pour obtenir ces résultats s'inscrit dans une démarche qui a pour but de repenser la formation à la lumière de l'activité analysée. Elle ouvre de nouvelles perspectives pour la formation vétérinaire sur le BSE et sa mise en pratique sur le terrain.

In the head of a veterinarian in health visit in an organic dairy farm.

GAUTIER J. (1), DUVAL J. (2), GIRARD N. (4), GOUTTENOIRE L. (2), GUATTEO R. (1), GUILLOT M. (2), JOHANY F. (2), LOIZON A. (3), MASSON C. (3), PROST L. (5), BAREILLE N. (1), BONNET-BEAUGRAND F. (1)

(1) INRAE, Oniris, BIOEPAR, 44300, Nantes, France

SUMMARY- In this communication we carried an analysis of the activity of 3 veterinarians during 3 annual health visits in organic dairy farms. This visit is defined here as a joint activity between two professionals who aim at improving the herd' sanitary condition. Our qualitative study covers 3 cases of these visits. An analysis grid was designed to highlight the objectives of veterinarians, the dilemmas they face in this peculiar situation and the decisions they make based on their guiding principles. The dilemmas encountered by the veterinarians during the health visit are 1. the choice of topics to be addressed in a limited time; 2. the consideration of the perspective of the breeder; 3. the discrepancy between advices on preventive zootechnical measures and prudent drug uses and the vets' income being based on the sale of medicines. These dilemmas are solved on the basis of assumptions that differ from one veterinarian to another, for example a partnership posture or a training posture. The health visit is also an opportunity to exchange knowledge far beyond the strict Framework of the farm that improves the technical, sectoral and strategic knowledge search of the veterinarian, especially on organic farming. Finally, the vets does mentor the health strategy of the farmer, which the stakeholders are not fully aware.
The results of this study show many opportunities to improve the herd health thanks to the health visit. They also show how the veterinarian can learn from the exchanges with the breeder, during the visit. Finally, the methodology belongs to a process based on the activity analysis and aimed at redesigning the veterinary education. It indeed offers new perspectives for veterinary training and skills to be used during the health visit.

LA VISITE DE BILAN SANITAIRE D'ELEVAGE, UNE SITUATION DE TRAVAIL CRITIQUE

La médecine vétérinaire rurale fait face à de hauts enjeux du fait des grandes transitions qui affectent les systèmes d'élevage (transition climatique, énergétique, technique, numérique, sociétale) et des nouveaux risques sanitaires associés (émergence de maladies infectieuses, réduction des intrants médicamenteux). Dans le même temps, la désertification médicale, la technicité plus haute des éleveurs, la multiplication des intervenants en conseil en élevage et l'émergence des médecines alternatives ont tendance à cantonner le rôle du vétérinaire à celui de pompier au sein de l'élevage. L'établissement d'un dialogue permettant au vétérinaire de réaffirmer sa place auprès de l'éleveur est difficile dans le contexte de ces interventions d'urgence. Les interventions du vétérinaire sont alors de moins en moins propices à la restauration des relations vétérinaire-éleveur et à l'implication du vétérinaire dans la gestion de la santé du troupeau dans son ensemble (médecine dite de population), notamment dans les élevages biologiques. Une étude sur 14 élevages biologiques fait notamment mention des difficultés à développer et conserver une relation de confiance entre vétérinaire et éleveur (Duval et al., 2017).

Les pouvoirs publics encouragent au contraire une gestion préventive et holistique de la santé des troupeaux par les éleveurs et les vétérinaires (Tirado et al., 2019). Dans ce contexte, la visite de bilan sanitaire d'élevage (BSE), définie législativement, est en théorie une opportunité pour le vétérinaire de faire le point annuellement sur la situation sanitaire de l'élevage, sur place et en présence de l'éleveur (JORF, 2007). Le BSE constitue le seul moyen pour le vétérinaire de déroger par la suite à l'examen clinique obligatoire qui doit précéder la prescription et délivrance de médicaments. L'éleveur peut, pour des pathologies identifiées et définies comme majeures dans l'élevage au cours de la visite de BSE, mettre en œuvre à l'échelle du troupeau un protocole de soin établi par le vétérinaire à cette occasion. Outre la réponse à des attentes réglementaires, cette visite constitue un moment privilégié d'échange avec l'éleveur (Bonafé, 2014).

Pourtant, telle qu'elle est réalisée, elle est en décalage partiel avec les attentes des éleveurs qui pour beaucoup ne perçoivent pas l'utilité du BSE, des vétérinaires qui déplorent l'absence d'utilisation des protocoles de soins par les éleveurs et de la réglementation lors de l'absence de visite du troupeau. (Bescond, 2021, Bonafé 2014). Il s'agit donc d'une situation critique (Mayen, 2001) où le vétérinaire fait face à des injonctions contradictoires, qui nécessitent des arbitrages permanents entre une activité imposée par la règlementation, des attentes minimales de la part des éleveurs, des enjeux de relation client, de connaissance de l'élevage et de positionnement stratégique du vétérinaire (Bescond, 2021, Bonafé 2014). L'activité du vétérinaire au cours de la visite du BSE relève ainsi d'une adaptation permanente. Notre étude a pour objectif de montrer comment travaillent des vétérinaires dans ce cadre, spécialement avec des éleveurs en production biologique. Nous voulons déterminer comment ils répondent aux opportunités et contraintes que cette situation implique, et pour cela identifier plus finement leurs activités, leurs objectifs et les postulats sur lesquels ils basent leur pratique.

1. MATERIEL ET METHODE

1.1. DE L'ACTIVITE A LA DECISION EN SITUATION

Nous mettons en exergue le travail d'adaptation en situation du vétérinaire grâce aux concepts et méthodes de la didactique professionnelle en comparant la visite de BSE observée et la façon dont les vétérinaires l'ont vécue (Pastré, 2007). Il s'agit tout d'abord de caractériser l'activité menée, puis de comprendre les objectifs principaux et secondaires des vétérinaires ; les postulats sur lesquels ils basent leur réflexion ; les dilemmes auxquels ils font face et enfin les décisions qu'ils prennent. (Vergnaud, 2007).

1.2. LE BSE COMME ACTIVITE CONJOINTE

La visite de BSE est une activité pratiquée par deux professionnels : le vétérinaire et l'éleveur, dans le but de faciliter l'accès aux médicaments de l'éleveur et d'améliorer le statut sanitaire de l'élevage sur le long terme. Cette activité se fait pour et avec un autre (Mayen, 2007) ; elle comprend trois dimensions intriquées : une dimension opérationnelle, une dimension relationnelle, une dimension contractuelle (Falzon & Cerf, 2005). Afin de diagnostiquer l'état sanitaire, le vétérinaire exploite ainsi les données que lui fournit l'éleveur et travaille avec lui. C'est le principe d'une activité conjointe (Lorino, 2009) : elle implique des échanges d'informations entre les deux protagonistes pour élaborer un protocole de soin et la bonne réalisation du BSE. Ces échanges contribuent aussi à des apprentissages croisés et au développement d'une relation de confiance entre les deux participants. La qualité des échanges et des résultats obtenus dépendent directement des interactions entre l'éleveur et le vétérinaire, et plus particulièrement de la façon dont ce dernier va travailler à mettre en place un partenariat (Falzon & Cerf, 2005).

1.3. L'APPUI SUR LA VIDEO ET L'AUTO-CONFRONTATION

Pour décrire ce travail, notre étude s'intéresse à trois études de cas de visites de BSE. Les participants sont des vétérinaires quadragénaires de la région Nantaise et Clermontoise et des éleveurs en production biologique de leur clientèle, sélectionnés sur la base du volontariat[1]. Les trois vétérinaires ont en commun une volonté de ne pas cantonner le BSE à une simple mise en conformité avec la réglementation de la vente de médicaments. Pour ces trois cas, nous avons filmé la visite de BSE, et enregistré un entretien à chaud en face à face respectivement avec le vétérinaire et avec l'éleveur à la fin de cette visite. Nous avons ensuite confronté le vétérinaire et l'éleveur à ces vidéos, chacun en face à face, en les faisant expliciter leur activité dans des entretiens qui ont également été filmés.

Nous avons élaboré une grille d'analyse à partir de l'activité telle qu'elle est décrite dans les textes législatifs, de la littérature concernant le BSE et de l'activité observée et verbalisée par les vétérinaires, notamment dans les vidéos d'auto-confrontation. Leur analyse par une équipe travaillant en multidisciplinarité nous a permis d'appréhender cette activité au travers des thèmes suivants : Contextualisation de la visite

- Rencontre programmée au sein de l'élevage
- Processus d'enquête
- Actualisation du BSE par rapport au BSE précédent et des visites de suivis correspondantes.
- Conseil à l'éleveur
- Discussion avec l'éleveur

[1] Nous utiliserons un masculin générique, les éleveurs, techniciens et vétérinaires de l'étude pouvant être des hommes ou des femmes.

- Rédaction d'un document de synthèse Etablissement du protocole de soin Organisation du suivi sanitaire.

Nous avons également identifié les dilemmes auxquels les vétérinaires font face dans la poursuite de leurs objectifs, et les critères en fonction desquels ils tranchent ces dilemmes.
Les résultats seront présentés sous forme de verbatims dont les origines seront codées comme suit : Cas X : vétérinaire VX / éleveur EX

2. RESULTATS

2.1. L'ACTIVITE DE DIAGNOSTIC

Les premiers résultats obtenus montrent que les trois vétérinaires de l'étude ont dans leurs objectifs d'exercer une activité d'explicitation de données visant à comprendre la consommation de médicaments actuelle de l'éleveur. *« Une de nos missions, enfin, un vétérinaire, c'est quand même quelqu'un qui rend lisible et qui explicite la consommation des éleveurs en médicaments en ferme. » VA*. Elle correspond à une base de travail pour le vétérinaire cherchant à évaluer la pertinence de la mise en place des traitements.

« Mais par exemple sur cet éleveur qui utilise beaucoup de METACAM ®, il faut se poser la question : « Pourquoi il en utilise beaucoup ? », s'il l'utilise… c'est aussi de savoir si c'est bien utilisé. » VB

(Au sujet de la liste de consommation des médicaments) :
« Je l'ai quand même tout le temps sous les yeux » VA En outre, les listes de médicaments donnent une vision indirecte des maladies régulièrement présentes dans l'élevage. Les informations qu'elles fournissent sont beaucoup moins précises que les données d'élevage mais bien plus accessibles au vétérinaire qui rencontre de véritables difficultés à recueillir ces dernières.

« Les données sont toujours données de façon aléatoire. » VB « Je n'ai jamais de données exploitables, j'ai toujours des pdf, à chaque fois. […] Donc moi je les craque […]. C'est une heure et demie de boulot à chaque fois. » VA
« Vet'Elevage® ou BDIVEt® c'est la cata, […] ça fonctionne pas ou alors j'y arrive pas et on n'a plus le temps d'avoir une journée derrière l'ordinateur pour avoir quelqu'un en hot line qui vous explique comment lancer le logiciel » VB

Cet accès se fait donc sur place, via l'éleveur dont la gestion de ses propres données va considérablement influencer leur transmission :
« Alors, j'ai… toutes mes données sur un Drive, Google Drive et j'ai tous mes tableaux Excel un peu, j'ai toutes mes statistiques dessus » EB
(A propos du vétérinaire qui fait ses propres recherches dans le logiciel de l'éleveur :) « Ben parce que peut-être qu'il maîtrise plus le site que moi pour faire des recherches, quoi. […] Il maîtrise mieux l'informatique que moi. » EA La récolte des données est donc une activité centrale au cours au cours de la visite de BSE, indispensable à l'activité de diagnostic. Dans chacun de nos cas, cette activité diagnostique est suivie d'une activité de conseil.

2.2. L'ADAPTATION DU CONSEIL SUR LES ACTIONS A MENER

A partir de la vue d'ensemble que leur fournit l'explicitation des données, les vétérinaires vont ensuite avoir pour objectif de conseiller l'éleveur pour améliorer le statut sanitaire de son élevage.
Dans le cas des labels biologiques où les traitements médicamenteux sont limités, ils proposent des alternatives : *« Le but […] c'est que l'éleveur, il soit bien conscient […] qu'il y a des moyens zootechniques de faire autrement. » VA.* En cela, d'ailleurs, ils sont conscients de se retrouver face à un de leur principal dilemme : donner des alternatives à l'utilisation de médicaments alors que leur vente constitue le socle de leur revenu.

« Parce que quand même, la consommation de médicaments je veux dire nous, on vit dessus, hein […] Après, c'est assez paradoxal de vivre d'un truc que tu essaies de réduire » VA
Mais au sein même de l'activité de conseil, un autre objectif se dessine : s'assurer l'adhésion de l'éleveur. Il est considéré par les vétérinaire comme une véritable tâche : *« […] Un vrai travail à leur faire comprendre […] » VB.* A partir de postulats sur la façon de travailler des éleveurs et leurs critères dans les prises de décision, ils mettent un point d'honneur à soigner leur argumentation. Ils peuvent utiliser par exemple des critères économiques :
« La vaccination de tout le cheptel, ne vous coûtera pas aussi cher que la perte d'une vache. » VC

Les vétérinaires hiérarchisent aussi les priorités en prenant en compte la réceptivité de l'éleveur. Le temps de la visite est de fait un facteur limitant à un état des lieux exhaustif et la définition réglementaire de la visite de BSE demande aux vétérinaire de trier les thèmes à aborder afin de produire un protocole de soins adapté à la situation.
(Au sujet des mammites dans l'élevage) *«J'ai pas le temps, en fait, d'aller plus loin, […] surtout si j'ai en face de moi un éleveur qui [ne] trouve pas ça si extraordinaire, qui va me dire c'est mieux qu'avant, bon en fait je m'en contente un peu mais c'est vrai que je suis toujours un peu frustré » VB*

Cette activité de conseil est l'occasion de parler plus en détail des pratiques d'élevage et de discuter directement avec l'éleveur de leur pertinence. Dans les cas étudiés, ces échanges sont l'occasion pour l'éleveur d'avoir une démarche autoréflexive sur ses pratiques et ce sans même le concours conscient du vétérinaire.
« Justement, je crois c'était suite au premier bilan sanitaire où il demandait le nombre de réformes […] Donc c'est là où je m'étais dit : « Ah oui, donc en fait, à chaque départ de vaches, je me fais un tableau […] Ben, ça a permis de […] ne pas faire partir de vache sans raison. » EB.

2.3. L'APPRENTISSAGE CROISE

La visite de BSE est envisagée par les trois vétérinaires comme une occasion privilégiée de réaliser un autre objectif : celui de transmettre des connaissances à l'éleveur. La réciproque est également vraie.
« Je veux qu'il puisse avoir des réponses […]. S'il y a des questions spécifiques, qu'on puisse y répondre » VA Le vétérinaire A part d'ailleurs du postulat qu'on n'utilise correctement que ce dont on a compris le principe. Ses propositions d'alternatives zootechniques s'appuient sur des explications théoriques et font appel au raisonnement logique de l'éleveur. Son travail s'inscrit directement dans une optique de vulgarisation de l'information scientifique auprès des éleveurs.
« Parce que je pense [que] pour des éleveurs, c'est plus facile du coup après d'appréhender les troubles de santé une fois qu'on a une bonne idée de comment sont faites les choses. » VA

C'est pourquoi il utilise beaucoup d'explications dans son argumentation lorsqu'il conseille l'éleveur. Ces explications précises sont d'ailleurs appréciées par celui-ci :
« Ben je pense que oui, c'est utile quand même, ouais. Après nous, on n'enregistre pas tout mais il nous reste toujours quelque chose quand même (rires). » EA

Un nouveau dilemme se profile alors lié à la pro-activité de l'éleveur au cours de l'échange. L'absence de questions spontanées lors de ces rencontres est déplorée dans deux de nos cas :

« J'aimerais que ça soit vraiment le moment où l'éleveur pose un peu toutes les questions qu'il a à poser. » VB Afin de mettre l'éleveur dans un état d'esprit favorisant les questions les vétérinaires vont adopter des stratégies de positionnement basées sur des postulats différents.

Dans un cas, le vétérinaire cherche à modifier ses modalités d'intervention en élevage afin de favoriser le recours par les éleveurs au vétérinaire. Pour lui, les questions sont posées *« au gars qui passe régulièrement dans l'élevage » VB*, aussi il cherche à redevenir ce « gars ».

Dans un autre cas, le vétérinaire, va explicitement se redéfinir comme le seul interlocuteur incontournable en santé animale au cours de la visite, partant du principe que les éleveurs ont tendance à délaisser le conseil vétérinaire au profit des multiples autres intervenants en élevage :

« Et je suis un interlocuteur majeur de la santé en élevage. Je ne fais pas que vendre du médicament » VA.

La circulation d'information est loin d'être unilatérale dans les visites de BSE. En effet, le dialogue avec l'éleveur est utilisé par les vétérinaire pour répondre à un autre objectif : apprendre.

« Donc pour moi, c'est aussi ça un bilan efficace, c'est un truc qui m'apprend des choses sur la façon de faire des éleveurs. » VB

Dans tous nos cas, les vétérinaires récoltent auprès de l'éleveur des informations sur l'actualité de l'élevage, de l'agriculture, de la filière biologique, retenant le nom des intervenants principaux.

« Quand je suis en ferme, dès que je vois quelque chose que je ne connais pas, je demande tout le temps, tout le temps ». VA

La récolte de ces données est motivée par deux postulats que font les vétérinaires à propos d'eux-mêmes. Le premier correspond à la vision de leur rôle comme celui d'un collecteur d'informations qui leur permet de garder une vision globale sur ce qui se passe au sein de la clientèle. Ce sont des données qui peuvent nourrir leur réflexion épidémiologique et fournir un état des lieux des élevages avoisinants :

« Et du coup, par rapport aux autres élevages qu'il y avait dans cette formation, est-ce que vous avez identifié d'autres facteurs à part l'énergie ? Parce qu'en fait, ils sont où, ces gens-là ? » VC

« Bon je pense qu'il y a [de la bronchite vermineuse], parce qu'on en voit partout en ce moment, tout le monde me dit la même chose » VB

Cela leur permet de conseiller l'éleveur sur des domaines à la frontière de leurs compétences, en le renvoyant vers les bons interlocuteurs.

« Moi j'ai plein de trucs dans la tête […] de gens, je sais [chez] qui ça marche… » VA

« Voilà, mais ils font tout ce qui est dératisation, désinsectisation je crois aussi […]. En tout cas, les rats taupiers, c'est sûr qu'ils s'en occupent. » VC

Le second postulat motivant cette demande d'information, est celui selon lequel les vétérinaires ne s'estiment pas suffisamment formés au monde agricole.

« Parce qu'en fait on manque d'informations, d'informations liées à l'agricole, c'est-à-dire le prix du lait... » VB.

(Au sujet de sa « culture agricole » personnelle) *: « Je me dis par contre qu'il y a un enjeu dans la transmission de ça aux jeunes […]. Je me rends compte à quel point ça permet d'éclairer plein de choses. » VA*

Ils vont ainsi se constituer une formation informelle sur les sujets qui sont essentiels aux éleveurs : le fonctionnement de l'exploitation, les pratiques agricoles, les réseaux de partenaires locaux, les dernières actualités, et les préoccupations des agriculteurs.

Par contre, les vétérinaires ayant participé à notre étude ont une bonne connaissance du cahier des charges biologique et se renseignent peu à ce sujet au cours de la visite du BSE, alors que les éleveurs ressentent souvent un manque de connaissances de la part des vétérinaires (Duval et al., 2017).

2.4. RENFORCER LE PARTENARIAT

Un autre objectif des vétérinaires mis en exergue par nos vidéos correspond à la volonté d'entretenir sa relation à l'éleveur.

« Et ce qu'on nourrit, c'est la proximité avec les éleveurs. » VA En partant du postulat que l'éleveur est susceptible de voir le vétérinaire comme un juge et non comme un partenaire, ce dernier va utiliser l'humour voire l'ironie pour assouplir les rapports :

« Et maintenant, tu vas être hyper content parce que tu es en règle avec l'administration. » VA

« Les premiers jets ne sont pas faits, ce n'est pas bien, ça (rires). » VB

Il peut également montrer de l'empathie, notamment sur des sujets sortant du cadre du BSE :

(A propos du téléphone ne cessant pas de sonner) : « Je sais ce que c'est. Ça m'arrive. » VC

« Même après, ce n'est pas vexant le fait de sortir des protocoles de sélection au niveau génétique ? »VB Enfin avec pour objectif de montrer à l'éleveur une volonté de travailler en plus étroite collaboration à la santé du troupeau, la visite de bilan sanitaire d'élevage donne l'occasion aux vétérinaires de rappeler à l'éleveur les services que proposent leur clinique :

« Nous, on a un fournisseur qui nous le fait pour 100€ en fait, sur 5 vaches, 100€ H.T. » VC

« On arrive quand même à se dégager du temps pour faire des formations au parage pour les éleveurs » VA

Ils peuvent également se repositionner stratégiquement face à l'ensemble des intervenants en élevage auquel un éleveur peut avoir recours. Le vétérinaire A, par exemple, en utilisant beaucoup d'informations précises dans son argumentation veut redéfinir explicitement sa place comme scientifique et donc comme un interlocuteur de premier plan. Ce qui ne semble pas avoir l'effet escompté sur l'éleveur A qui continue d'évoquer l'intervenant du contrôle laitier comme son principal interlocuteur, même après la visite de BSE. *« Ça me permettra peut-être justement quand on aura [le technicien] de, ben de faire des recherches plus avec [lui] aussi, quoi. Ça permet de faire un bilan plus, plus souvent pour voir les effets sur les mammites. » EA*

On remarque alors que la fréquence de passage de l'intervenant semble avoir plus de poids que son niveau de qualification dans sa considération comme partenaire potentiel par l'éleveur. Cela correspond au postulat du vétérinaire B qui l'amène à proposer à sa clientèle une nouvelle forme d'organisation :

« Je ne sais pas si […] je t'en avais parlé […] de notre projet […] de contractualisation… » VB

Cette dernière vise à augmenter les occurrences des visites du vétérinaire en élevage. Pour lui, ces visites sont autant d'occasions de travailler en partenariat avec l'éleveur et donc de le convaincre par les faits de sa compétence et de l'importance de son rôle dans la gestion de la santé du troupeau. Ce projet de contractualisation trouve également écho auprès de l'éleveur B : *« A la réflexion, je pense qu'on le fera. » EB*

3. DISCUSSION

Le caractère qualitatif de cette étude et les biais importants liés au recrutement de vétérinaires et d'éleveurs volontaires, ne permettent pas à nos résultats d'être généralisés à l'ensemble des visites de BSE. Néanmoins, le niveau de détail d'analyse qu'offre la didactique professionnelle est l'occasion d'appréhender la complexité de l'activité du vétérinaire au cours de celles-ci et de noter l'ensemble des potentialités que peut offrir une visite de BSE pour la gestion conjointe de la santé du troupeau et son amélioration.

Nos résultats montrent que les objectifs des vétérinaires de notre étude correspondent à la satisfaction des trois types d'attentes que l'on retrouve dans une visite de BSE : celles de la réglementation et de son esprit, celles de l'éleveur et celles du vétérinaire (Bescond, 2021). Pour répondre aux premières le vétérinaire met en jeu des compétences techniques comme le diagnostic de l'état sanitaire de l'élevage et qui sont peu source de diversité. Dans deux de nos trois cas, et malgré l'existence de nombreux logiciels de gestion des données d'élevage, ils se heurtent aux difficultés d'accès à ces données pourtant essentielles à l'élaboration d'un BSE efficace (Briand et al, 2015).

L'atteinte des objectifs correspondant aux attentes des éleveurs et des vétérinaires, va pour beaucoup dépendre et mettre en jeu des postulats quant au mode de fonctionnement des éleveurs et au rôle du vétérinaire. Certains postulats sont partagés. Selon les trois vétérinaires de notre étude, les éleveurs travaillent par habitudes, habitudes qui est difficile de leur faire changer. Pour cela le vétérinaire doit sans cesse chercher à gagner leur confiance en montrant explicitement ses compétences et le potentiel qu'elles représentent pour l'éleveur. Ils partent également du principe que l'éleveur considère la visite de BSE comme une contrainte administrative et le vétérinaire uniquement comme l'exécuteur de cette contrainte et non comme un partenaire de la gestion de leur troupeau au courant de la situation de l'élevage. Pour y remédier, les vétérinaires de notre étude vont utiliser des stratégies communes, comme l'humour.

Mais leurs différents points de vue sur les situations sont également à l'origine de stratégies divergentes. Ainsi le vétérinaire A, va chercher à redéfinir sa place en cherchant à persuader l'éleveur par les mots qu'il est un interlocuteur majeur en santé animale. Le vétérinaire B en revanche cherche à mettre en place une contractualisation qui permettrait à l'éleveur B de faire ce constat de lui-même. Les résultats contrastés de ces deux méthodes de communication dans notre étude semblent être en accord avec une étude récente sur l'utilisation des entrevues motivationnelles par les vétérinaires ; c'est le raisonnement propre de l'éleveur qui le fait changer d'avis (Svensson et al., 2020). Il serait également intéressant de mettre en parallèle ces différentes stratégies et les différentes approches de la prescription en élevage qu'ont les éleveurs (Ramat et al., 2021). La filière biologique est d'autant plus candidate à ce genre d'exercice que les relations vétérinaire-éleveurs ne sont pas toujours harmonieuses. En effet les premiers ont une vision plus curative de la gestion de la santé contrairement aux seconds qui en ont une plutôt préventive (Duval et al., 2017).

Enfin, il est intéressant, dans l'étude de nos vidéos d'autoconfrontations, de noter l'émergence d'un résultat ne découlant ni des objectifs, ni des postulats, ni des dilemmes du vétérinaire et qui est pourtant une conséquence directe de son activité. En effet, au cours de la visite l'éleveur parle de son élevage sur certains points particuliers sans y avoir été invité, ni encouragé par le vétérinaire qui bien souvent ne semble pas réagir. Il fait faire alors à l'éleveur un travail d'autoréflexivité sur sa propre activité qui peut l'amener à prendre des décisions importantes dans la gestion de la santé de son troupeau. Cela s'apparente à du compagnonnage réflexif au sein d'un processus d'évaluation-conseil, mais dans les cas étudiés ici ce compagnonnage est fortuit. (Jorro, 2007). Ces vétérinaires mettent alors en jeu des compétences d'ordre organisationnel, temporel, et de communication qui ne sont pas les disciplines principales constituant la formation vétérinaire. La mise en lumière par nos résultats de l'utilité de ces compétences chez le vétérinaire, offre de nouvelles perspectives quant aux apprentissages proposés dans la formation de cette profession. De même, la méconnaissance du monde agricole pour deux des vétérinaires de notre étude, correspond pour le troisième à un enjeu important de transmission dans la profession, notamment pour la situation particulière de leur exercice qu'est la visite de BSE.

L'ensemble de nos résultats, montre la complexité et la richesse de l'activité que peut fournir un vétérinaire dans le cadre d'une visite de BSE. Cependant, beaucoup de visites de BSE sont plus succinctes et nombre d'éleveurs bovins laitiers se déclarent peu satisfaits par le BSE et doutent de son utilité dans le cadre de la gestion de la santé de leur troupeau. (Duvauchelle, 2021, Bescond, 2021). La formation des vétérinaires représente une piste d'amélioration ; une autre piste porte sur une meilleure rémunération du BSE, afin d'y consacrer un temps conséquent. Il serait intéressant également, d'étudier la place de l'enseignement du BSE, de sa visite et de ses opportunités, dans la formation des éleveurs.

CONCLUSION

La visite de BSE en élevage bovin laitier biologique est un moment de rencontre privilégié entre deux professionnels. Ils sont amenés à travailler ensemble à un objectif commun : l'amélioration de la santé du troupeau, au travers de réponses à des exigences réglementaires. Cette situation est à l'origine d'une activité complexe de la part du vétérinaire. Cette étude montre qu'elle consiste à expliciter des données afin de poser un diagnostic dans l'optique de conseiller l'éleveur dans le cadre d'un dialogue avec ce dernier. Le vétérinaire travaille aussi à développer une relation de partenariat avec l'éleveur en vue d'améliorer la santé du troupeau sur le long terme et en assurant le développement stratégique de sa propre activité. Notre étude montre également que la visite de BSE est pour le vétérinaire l'occasion d'apprendre auprès de de l'éleveur sur l'actualité du monde agricole proche, ce qui lui permet de jouer ensuite d'assurer des échanges d'expériences indirect au sein de sa clientèle. Enfin, le dialogue avec l'éleveur est aussi susceptible de faire naître chez ce dernier une activité autoréflexive pouvant influencer ses pratiques. La description de l'ensemble des activités du vétérinaire au cours de la visite de BSE, non seulement réinterroge la formation vétérinaire sur ce point mais montre aussi la contribution potentielle de ce professionnel à faire du BSE un outil intéressant pour l'éleveur dans la gestion de la santé de son troupeau sur le long terme.

Ce travail a été réalisé dans le cadre du projet exploratoire ENTAIL financé par le Métaprogramme Metabio de INRAE en 2021-2022.

Bescond, C. 2021. Thèse d'exercice vétérinaire. Oniris - Ecole nationale vétérinaire, agroalimentaire et de l'alimentation.124 p.

Bonafé, A. 2014. Thèse d'exercice vétérinaire. Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort. 135p

Briand, P., Dupuy, C., Vienne, P., & Barbin, C. 2015. Rapport
CGAAER.54p
Duval J., Bareille, N., Fourichon, C., Madouasse, A., & Vaarst M. 2017. Preventive Veterinary Medicine, 146, 16-26.
Duvauchelle Waché, A., Manoli, C., Dufay-Lefort, A.-C., & Poissonnet, A. 2021. SPACE 2021, Rennes.
Falzon, P., Cerf, M. 2005. *Situations de service : travailler dans l'interaction,* 41-59, Presse Universitaire de France, France.
JORF. 2007. Journal Officiel de la République Française.
Jorro, A. 2007. Les dossiers des sciences de l'éducation, 18, 713.
Lorino, P. 2009. Activites, 06(1).
Pastré, P. 2007. *Recherche & formation*, *56*, 81-93.
Ramat, E., Gouttenoire, L., & Girard, N. 2021. 9° Colloque Santé, L'expérience patients et professionnels : nouveaux regards sur l'innovation en santé, Marseille, France **Svensson, C., Forsberg, L., Emanuelson, U., Reyher K., Bard, A., Betnér, S., von Bromssen, C., & Wickström, H. 2020**. Dairy veterinarians' skills in motivational interviewing are linked to client verbal behavior Animal, 14, 10, 2167-2177.
Tirado, A. Vanhoye, B., & Poisson, F. 2019. Rapport
CGAAER.127p
Vergnaud, G. 2007. *Recherches en éducation*, *4*, 1-11

Cryptosporidiose chez les jeunes veaux en France : aspects scientifiques et pratiques du risque sanitaire

COSTA D. (1), RAZAKANDRAINIBE R. (1), PEZIER T. (2), VILLIER V. (1), LACROIX-LAMANDE S. (2), BARBEY S. (3), DENIZOT V. (4), DOZIAS D. (3), LAURENT F. (2), FAVENNEC L. (1)

(1) EA7510 ESCAPE, université de rouen normandie, 76183 rouen, france
(2) INRAE, UMR1282 infectiologie et santé publique, 37380 nouzilly, france;
(3) INRAE, UE326 domaine expérimental du pin, 61310 gouffern en auge, france;
(4) Innoval, GDS Bretagne, 35538 noyal-sur-Vilaine, france;

RESUME

Pour optimiser le rendement de production, la bonne gestion sanitaire des animaux d'élevage est essentielle. En France, suivant la race, 10 à 20% des veaux n'atteignent pas l'âge de 6 mois. Les maladies diarrhéiques infectieuses représentent les causes principales de mortalité des jeunes animaux. Parmi celles-ci, l'origine parasitaire et notamment la cryptosporidiose est bien documentée. Cependant, de nombreuses interrogations restent en suspens en France concernant la prévalence des souches parasitaires liées à la symptomatologie ou encore le mode de contamination des jeunes animaux. C'est dans ce contexte qu'a été construit une partie du projet HealthyCalf financé par APIS-GENE. Au total, des données ont été recueillies sur 836 veaux (Holstein + Charolais) sur une période de 4 ans. De nombreuses données sanitaires et épidémiologiques ont été recueillies telles que l'âge des animaux au moment des analyses microbiologiques, leur sexe, le statut infectieux de leurs mère, leur symptomatologie, la réalisation de traitements curatifs ou préventifs. Les performances de deux tests diagnostic ont été évalués pour la détection de *Cryptosporidium*. La prévalence de *Cryptosporidium* a atteint 77% chez les veaux symptomatiques en faisant de loin l'agent infectieux le plus représentée parmi ceux étudiées (*Rotavirus, E. coli, Coronavirus*). Pourtant, seulement 43% des veaux porteurs de *Cryptosporidium* sp. étaient symptomatiques. Les analyses de spéciation et de génotypage ont démontré que la contamination maternelle à *Cryptosporidium* sp. n'était pas à l'origine de la contamination de leurs veaux par le même génotype. Ainsi, la contamination de l'environnement des animaux semble l'origine la plus probable. Pratiquement, la sensibilité des tests diagnostic de terrain (Speed V-Diar 4®) est limitée même si elle est meilleure lorsque les animaux sont symptomatiques. Les approches préventives de vaccination des mères contre les virus et bactéries entériques sont d'efficacité modérées et variables. Ainsi, ce travail, représente l'étude de terrain la plus complète réalisée à ce jour sur la cryptosporidiose et dans les élevages bretons. L'impact sanitaire apparait de grande ampleur et des conclusions pratiques peuvent être tirées des résultats obtenus.

Cryptosporidiosis in young calves in France: scientific and practical aspects

COSTA D. (1), RAZAKANDRAINIBE R. (1), PEZIER T. (2), VILLIER V. (1), LACROIX-LAMANDE S. (2), BARBEY S. (3), DENIZOT V. (4), DOZIAS D. (3), LAURENT F. (2), FAVENNEC L. (1)

(1) EA7510 ESCAPE, université de rouen normandie, 76183 rouen, france
Corresponding author : damien.costa@chu-rouen.fr

SUMMARY

Health of livestock is essential to optimize production yield. In France, depending on the breed, 10 to 20% of calves do not reach the age of 6 months. Infectious diarrheal diseases are the main causes of death in young animals. Among these, cryptosporidiosis is well documented. However, many questions remain unanswered in France about the prevalence of parasitic strains linked to symptomatology or the mode of contamination of young animals. It was in this context that part of the HealthyCalf project funded by APIS-GENE was built. Data were obtained from 836 calves (Holstein + Charolais) over a period of 4 years. Numerous sanitary and epidemiological data were collected such as: the age of the animals at the time of the microbiological analyses, their sex, the infectious status of their mothers, their symptoms, the performance of curative or preventive treatments. Performances of two diagnostic tests were evaluated for the detection of *Cryptosporidium*. Prevalence of *Cryptosporidium* spp. DNA detection reached 77% in symptomatic calves, doing it the most represented infectious agent among those studied (Rotavirus, E. coli, Coronavirus). However, only 43% of calves carrying *Cryptosporidium* spp. were symptomatic. Speciation and genotyping analyzes demonstrated that maternal contamination with *Cryptosporidium* sp. was not at the origin of the contamination of their calves by the same genotype. Thus, contamination from environment seems the most probable origin. In practice, the sensitivity of field diagnostic tests (Speed V-Diar 4®) is limited even if it is better when the animals are symptomatic. Preventive approaches to vaccinating mothers against enteric viruses and bacteria are of moderate and variable effectiveness. Thus, this work represents the most complete field study carried out to date on cryptosporidiosis in Breton farms. The health impact appears to be of great magnitude and practical conclusions can be drawn from the results obtained.

INTRODUCTION

Les parasites du genre *Cryptosporidium* sont des parasites entériques cosmopolites pouvant infecter une grande variété d'hôtes. Il s'agit de l'un des entéropathogènes les plus fréquents chez les veaux de moins de 2 semaines de vie (Thompson et al., 2007). Cliniquement, cela se traduit par une diarrhée non spécifique, souvent accompagnée de déshydratation, anorexie et douleurs abdominales. La transmission se fait par voie fécale-orale par ingestion des oocystes. Les oocystes sont émis dans les selles des animaux infectés, généralement en forte quantité lors des épisodes de diarrhées (Delafosse et al., 2015). La contamination est zoonotique (ou anthroponotique) par contact direct ou indirecte avec les individus infectés (humains et animaux) ou par exposition aux aliments contaminés y compris l'eau. Le seul traitement disponible en Europe pour la cryptosporidiose chez les veaux est le lactate d'halofuginone, d'efficacité partielle, notamment sur l'excrétion parasitaire (Joachim et al., 2003). Si des analyses de facteurs de risque ont été faites au niveau internationale, les données sont discordantes et finalement les données françaises (en particulier concernant les élevages laitiers) sont rares. Le but de ce travail était d'obtenir des données françaises sur la prévalence des infections à *Cryptosporidium* spp. dans des élevages laitiers ; d'évaluer la prévalence simultanée d'autres entéropathogènes (*E. coli*, rotavirus…) ; de pouvoir évaluer les outils diagnostique disponibles pour la cryptosporidiose bovine ; d'évaluer les voies de transmission bovines et l'influence de la vaccination.

1. MATERIEL ET METHODES

Il s'agissait d'une étude prospective réalisée sur une période de 4 ans : de septembre 2017 à décembre 2021. Les élevages ont été sélectionnés selon les critères suivants : race prédominante Holstein ou Charolaise ; potentiel de 40 vêlages pendant la période d'étude ; périmètre de 50 km autour de Carhaix (contrainte délai acheminement laboratoire Labocéa de Quimper en charge des analyses). Prise de contact avec les éleveurs par courrier puis par téléphone. En cas d'accord, l'éleveur s'engageait à signaler les cas cliniques. Les cas cliniques digestifs étaient définis comme suit : veau de 0 à 15 jours d'âge avec signes cliniques digestifs d'apparition brutale (diarrhée). Dès l'inclusion d'un premier cas clinique, un questionnaire était remis à l'éleveur sur ses pratiques d'élevage (Figure 1). Les échantillons de selles étaient recueillis en pots stériles. Les entéropathogènes d'intérêt (*Cryptosporidium*, rotavirus, coronavirus, *E. coli*) ont été recherchés en utilisant le test antigénique speed V diar-4® selon recommandations fabricant. L'ADN a été extrait à partir des selles en utilisant le kit d'extraction DNA powerfecal kit pro de qiagen® selon recommandations fabricant. Puis, une PCR triplex visant à détecter *Cryptosporidium* sp., *C. parvum* et *C. hominis* a été réalisée selon (Hadfield et al., 2011) ; Les échantillons positifs ont été confirmés ou infirmés par séquençage du gène gp60 afin d'identifier les sous-types (Sulaiman et al., 2005). Les vaccins utilisés par les éleveurs étaient soit le Trivacton®, soit le Rotavec® soit le Bovigen®. Chacun ciblant à la fois le coronavirus, le rotavirus et *E. coli*.

2. RESULTATS

2.1. PREVALENCE DE CRYPTOSPORIDIUM

Chez les veaux de moins de 2 semaines de vie, la prévalence moyenne observée de la diarrhée était de 39% (Figure 2) et celle de *Cryptosporidium* spp. (détectée par PCR) de 67% (Figure 3). Chez les vaches adultes, l'ADN de *Cryptosporidium* spp. a été détecté dans 29% des cas, sans diarrhée associée. Chez les veaux symptomatiques, l'ADN de *Cryptosporidium* spp. a été détecté par PCR dans 77% des cas contre 53% des cas chez les veaux asymptomatiques. Chez les veaux porteurs de *Cryptosporidium* spp. (détecté par PCR), 43% étaient symptomatiques.

2.2. PREVALENCE DES AUTRES PATHOGENES

Chez les veaux, outre *Crytposporidium* spp. la prévalence des entéropathogènes a révélé une prépondérance d'animaux infectés à rotavirus (Tableau 1).

2.3.TEST ANTIGENIQUE VS PCR

Le test antigénique était positif à *Cryptosporidium* spp. dans 64% des cas chez les veaux symptomatiques (vs 77% pour la PCR) et dans 17% (vs 53% pour la PCR) des cas chez les veaux asymptomatiques.

2.4. DISTRIBUTION DES ESPECES

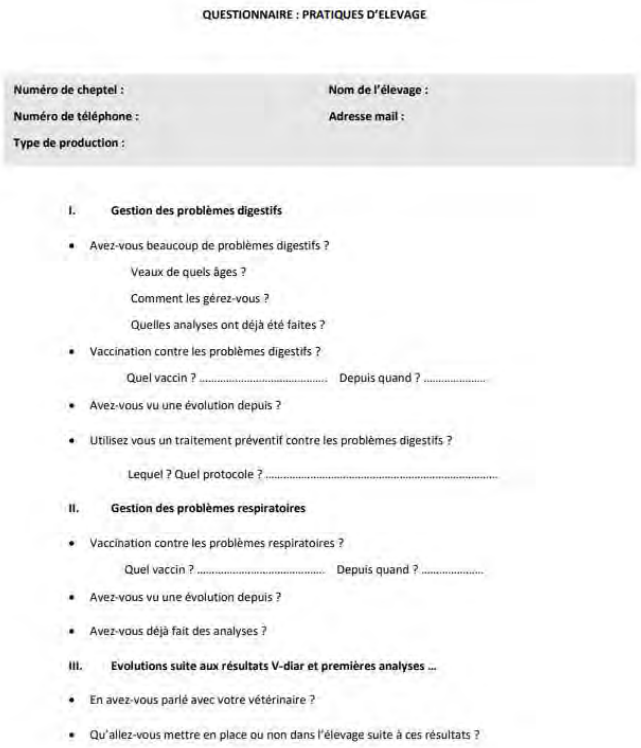
A la fois chez les vaches et les veaux, l'espèce largement majoritaire était l'espèce *C. parvum* (90% des cas). Puis, les espèces *C. bovis, C. andersoni, C. hominis, C. ryanae* et *C. meleagridis* ont été observées en faible proportion (<6%). Les analyses précises des génotypes n'ont pas révélé de contamination verticale des animaux : les sous-types divergeaient entre les veaux et leurs mères respectives.

2.5. EFFET DE LA VACCINATION

Un effet bénéfique de la vaccination a été observé sur les troubles digestifs des veaux. En effet, 20 % des veaux ont souffert de troubles digestifs si leur mère était vaccinée contre 41 % si la mère n'était pas vaccinée. De plus, le rotavirus a été détecté dans 25% des cas chez les veaux dont la mère n'était pas vaccinée contre 11% des cas quand la mère était vaccinée. Pour le coronavirus, *E. coli* F5 et *E. coli* CS31A, les prévalences étaient plus élevées (mais non significative) chez les veaux dont les mères avaient été vaccinées.

	Rotavirus	Coronavirus	E. coli F5	E. coli CS31A
Prévalence chez les veaux symptomatiques	35% (66/191)	14% (26/192)	7% (13/189)	12% (22/190)
Prévalence chez les veaux asymptomatiques	11% (36/615)	5% (16/310)	5% (15/316)	4% (13/309)

Tableau 1 Prévalence des entéropathogènes autres que *Cryptosporidium* spp. chez les veaux.



QUESTIONNAIRE : PRATIQUES D'ELEVAGE

Numéro de cheptel : Nom de l'élevage :
Numéro de téléphone : Adresse mail :
Type de production :

I. Gestion des problèmes digestifs

- Avez-vous beaucoup de problèmes digestifs ?
  Veaux de quels âges ?
  Comment les gérez-vous ?
  Quelles analyses ont déjà été faites ?
- Vaccination contre les problèmes digestifs ?
  Quel vaccin ? ..... Depuis quand ? .....
- Avez-vous vu une évolution depuis ?
- Utilisez vous un traitement préventif contre les problèmes digestifs ?
  Lequel ? Quel protocole ? .....

II. Gestion des problèmes respiratoires

- Vaccination contre les problèmes respiratoires ?
  Quel vaccin ? ..... Depuis quand ? .....
- Avez-vous vu une évolution depuis ?
- Avez-vous déjà fait des analyses ?

III. Evolutions suite aux résultats V-diar et premières analyses ...

- En avez-vous parlé avec votre vétérinaire ?
- Qu'allez-vous mettre en place ou non dans l'élevage suite à ces résultats ?

Figure 1 Questionnaire sur les pratiques d'élevage distribué aux éleveurs participants à l'étude

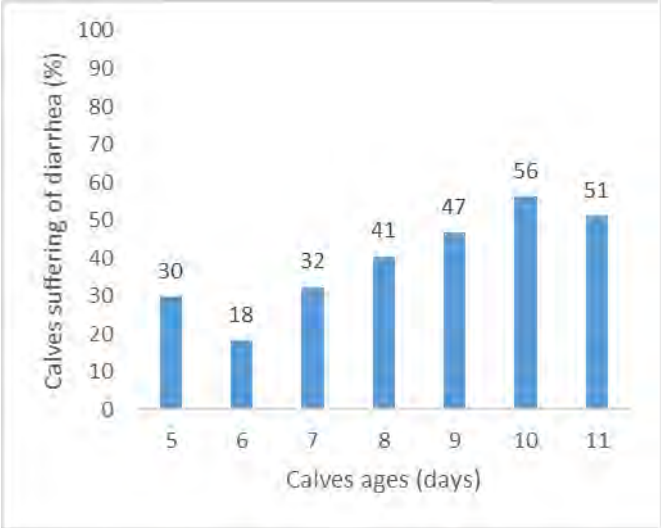


Figure 2 Prévalence de la diarrhée selon l'âge des veaux.

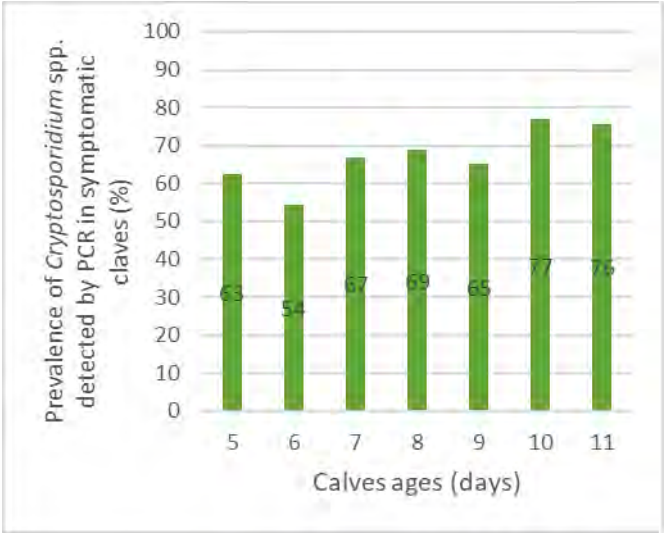


Figure 3 Prévalence de *Cryptosporidium* spp. (détecté par PCR) selon l'âge des veaux.

3. DISCUSSION

Conformément à la littérature, en terme de prévalence, la cryptosporidiose a été la première étiologie infectieuse retrouvée chez les veaux parmi celles investiguées (Brunauer et al., 2021).
De plus, les tests antigéniques ont été moins sensibles que la PCR pour la détection de *Cryptosporidium* spp. Néanmoins, les résultats sont plus rapides (15 minutes versus 2 à 3 heures) que pour la PCR. Si les limites de détection des tests antigéniques sont relativement élevées (10 000 oocystes pour *C. parvum*) (Godreau et Millemann 2008), leur performance semble acceptable chez les animaux symptomatiques. En effet, un écart de sensibilité de 13% a été observé entre détection de *Cryptosporidium* spp. par test antigénique (vs PCR) chez les veaux symptomatiques. Cela semble cohérent avec une excrétion massive des oocystes chez les animaux symptomatiques. En terme de diagnostic de terrain, le test antigénique permet donc d'avoir une réponse rapide vis-à-vis de la cryptosporidiose sans pour autant perdre grandement en sensibilité par rapport à la PCR chez les veaux symptomatiques. Contrairement aux données de la littérature laissant supposer une transmission verticale des oocystes entre veaux et mères, les résultats de ce travail ont ici infirmées cette hypothèse. Les données précédentes de la littérature se basant sur une méthodologie incomplète, soit par détection microscopique des oocystes soit par spéciation uniquement (Faubert et Litvinsky 2000). Enfin, les données sur la vaccination suggèrent un effet bénéfique sur la symptomatologie digestive et les infections à rotavirus.

CONCLUSION

Les données issues de cette étude permettent de compléter la littérature à propos des cas de cryptosporidiose bovine dans les élevages laitiers français. Il en ressort la très forte prévalence de cette infection chez les jeunes animaux ; une transmission probablement liée à la contamination de l'environnement ; une performance satisfaisante des tests antigéniques sur animaux symptomatiques pour étude de terrain et une plus-value de la vaccination sur la symptomatologie digestive des animaux.

Nous tenons à remercier tous les partenaires de ce projet et en particulier APIS-GENE pour son financement.

Brunauer, & al. (2021). *Animals*, *11*(4), 1014.
Delafosse, & al. (2015). *Preventive Veterinary Medicine*, *118*(4), 406–412.
Faubert, & al. (2000). *Journal of Parasitology*, *86*(3), 495–500.
Hadfield, & al. (2011). *Journal of Clinical Microbiology*, *49*(3), 918–924.
Joachim, & al. (2003).*Veterinary Parasitology*, *112*(4), 277–288.
Godreau* & *Millemann. (2008). *Le Point Vétérinaire n° 284 du 01/04/2008*.
Sulaiman, & al. (2005). *Journal of Clinical Microbiology*, *43*(6), 2805–2809.
Thompson, & al. (2007). *Parasitology Research*, *100*(3), 619–624.

Détecter les troubles respiratoires des jeunes bovins automatiquement et précocement à l'aide de capteurs multiparamètres

GUIADEUR M. (1), ALLAIN C. (1), ASSIE S. (2), BERTRON JJ. (1), CONCORDET D. (3), MERLE LA. (4), MOUNAIX B. (1), PHILIBERT A. (1), CHASSAN M. (3)
(1) Institut de l'Elevage, 149 rue de Bercy, 75595 PARIS Cedex 12
(2) ONIRIS, route de Gachet, CS 40706, 44037 NANTES Cedex 3
(3) ENVT, 23 chemin des Capelles, 31076 TOULOUSE Cedex 3
(4) Chambre agriculture Pays de la Loire, Ferme expérimentale des Etablières, Route du moulin Papon, 85000 LA ROCHE SUR YON

RESUME
Les bronchopneumonies infectieuses (BPI) constituent le problème sanitaire dominant des ateliers d'engraissement de jeunes bovins (JB). La précocité de la prise en charge est un facteur clé de la réussite du traitement (Ferran et al., 2011) pour limiter l'extension du processus infectieux. Le développement récent des capteurs dans le monde de l'élevage offre la possibilité de développer de nouveaux outils d'aide au diagnostic des maladies. Le projet BeefSense avait pour objectif de construire un algorithme de détection précoce et automatique des BPI à l'aide de données issues d'une combinaison de capteurs embarqués sur les animaux. Les capteurs ont permis d'enregistrer pendant les 30 premiers jours d'engraissement la température ruminale et l'activité de 104 jeunes bovins de race Charolaise (rumination, déplacement, repos). Pour un jour j, le statut clinique d'un animal donné a été modélisé à l'aide d'une régression logistique alimentée par 160 variables d'entrée issues des données des capteurs. La combinaison des variables d'entrée la plus appropriée pour construire l'algorithme a été sélectionnée en minimisant le critère $(1\text{-Se})^2+(1\text{-Sp})^2$ où Se est la sensibilité du modèle et Sp sa spécificité. Le meilleur modèle de prédiction construit dans le cadre du projet permet de détecter les BPI un jour avant l'apparition des signes cliniques observés à distance sur l'animal avec une sensibilité de 74 % et une spécificité de 74 %. La suppression des données de température ruminale comme variable d'entrée du modèle diminue la sensibilité de la détection de 2 % et la spécificité de 3 %. L'algorithme construit ne permet pas en l'état la construction d'un outil d'aide à la décision utilisable directement par un éleveur. Toutefois ces résultats sont encourageants en termes de précocité et de performance de détection. De futurs travaux seraient nécessaires pour évaluer l'intérêt économique, sanitaire et zootechnique de l'utilisation de l'algorithme combiné à différentes stratégies de prise en charge médicamenteuse des BPI en fonction de la précocité de la détection.

Early and automated detection of BRD disease in young bulls using multiparameters device

GUIADEUR M. (1), ALLAIN C. (1), ASSIE S. (2), BERTRON JJ. (1), CONCORDET D. (3), MERLE LA. (4), MOUNAIX B. (1), PHILIBERT A. (1), CHASSAN M. (3)
(1) Institut de l'Elevage, 149 rue de Bercy, 75595 PARIS Cedex 12

SUMMARY
Bovine respiratory disease (BRD) is the major health issue in fattening units. An early therapeutic management strategy is a key factor for the success of the treatment and to reduce the spread of the infectious process (Ferran et al., 2011). The recent development of precision livestock farming offers the possibility to develop new tools to diagnose deceases. BeefSense project aimed to develop an innovative automated early detection system of BRD, involving a multi-sensor approach associated with the development of detection algorithms. Sensors registered data regarding activities (rumination, movement, resting) and ruminal temperature of 104 Charolais young bulls during the first 30 days of fattening. For a d day, the clinical status of a young bull was modeled using a logistic regression based on 160 input variable acquired by sensors. The best set of explanatory variables was chosen by minimizing $(1\text{-Se})^2+(1\text{-Sp})^2$ where Se is the sensitivity and Sp the specificity of the model. The best prediction algorithm detect BRD one day before the clinical signs occurrence with 74% sensitivity and specificity. The suppression of the intraruminal temperature from input data decrease model performance: 2 % of specificity and 3 % of the sensitivity. The algorithm built in BeefSense does not allow the construction of a decision tool usable by a farmer. However, the results are encouraging regarding the specificity and the earliness of BRD detection. Futures studies should be conducted to assess the economical, sanitary and zootechnical potential of using such algorithm combine with drug treatment strategies of BRD varying with the earliness of the detection.

INTRODUCTION

Les troubles respiratoires ou bronchopneumonies infectieuses (BPI) constituent le problème sanitaire dominant des ateliers d'engraissement de jeunes bovins (JB) et résultent de multiples facteurs liés à l'hôte, aux pratiques ou aux conditions d'élevage. Les solutions thérapeutiques incluent l'utilisation d'antibiotiques notamment pour lutter contre les surinfections bactériennes. De précédentes études ont montré que la détection des BPI en élevage basée sur des signes cliniques n'est pas suffisamment sensible (White and Renter, 2009) et spécifique (Griffin, 2010) pour permettre une prise en charge thérapeutique précoce. Pourtant, la précocité de la prise en charge est un facteur clé de la réussite du traitement (Ferran et al., 2011) pour limiter le processus infectieux et ainsi réduire les rechutes et la mortalité. Une amélioration de la spécificité de la détection des BPI des JB permettrait un

usage raisonné des antibiotiques et une réduction du coût de l'engraissement des JB (Theurer et al., 2015).
Le développement récent des capteurs dans le monde de l'élevage offre la possibilité de développer de nouveaux outils d'aide au diagnostic et à la décision, notamment sur le plan des traitements des BPI. De précédents travaux ont déjà été conduits sur le lien entre des données enregistrées par des capteurs et les BPI. Timsit et al. (2011) ont évalué l'intérêt d'utiliser un bolus ruminal thermomètre et mis en évidence que 73% des épisodes d'hyperthermie pouvaient être liés aux BPI. Les bolus ont permis la mise en évidence des épisodes d'hyperthermie 12 à 36h avant l'apparition des signes cliniques des BPI. Schaefer et al. (2007) ont détecté des augmentations de la température orbitale des JB à l'aide de la thermographie infrarouge 4 à 6 jours avant l'apparition des premiers signes cliniques des BPI. Ces résultats ne peuvent cependant pas être utilisés pour prédire les BPI. En effet, les auteurs présentent des résultats de corrélations entre des paramètres mesurés par les capteurs et l'apparition de signes cliniques correspondants aux BPI mais ne comportent pas de résultats quand à une validation des modèles prédictifs sur des données indépendantes de celles qui ont servies à mesurer la corrélation. Par ailleurs, les corrélations portent sur le lien entre un seul paramètre mesuré et l'apparition des signes cliniques.
Le projet BeefSense avait pour objectif de construire un algorithme de détection précoce des BPI. L'innovation réside dans l'idée premièrement de combiner la mesure de paramètres de nature différente à l'aide de capteurs, liées au comportement et à la température des animaux, pour améliorer la précocité et la spécificité de la détection automatique des maladies respiratoires des JB, et deuxièmement d'éviter de surestimer les performances du modèle de prédiction par une méthode de validation croisée.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. ACQUISITION DES DONNEES

104 JB de race Charolaise de poids et d'âges homogènes (**Tableau 1**) ont été suivis lors du premier mois en engraissement à la Ferme expérimentale des Etablières (Vendée, France) durant les automnes 2019 et 2020. Les animaux n'ont pas fait l'objet d'un protocole vaccinal. Les animaux atteints de BPI pendant le premier mois d'engraissement ont reçu des traitements médicamenteux selon les recommandations du vétérinaire de l'élevage.

	Année 2019		**Année 2020**	
	Moyenne	ET	Moyenne	ET
Poids (kg)	312,8	34	342,4	42
Ages (jours)	228	25	248	21

Tableau 1 : Poids et âges moyens des 104 jeunes bovins à la mise en lot à l'arrivée en atelier d'engraissement en 2019 et 2020, ET : Ecart type.

Les animaux ont été équipés de podomètres activimètres (IceQube®, IceRobotics, South Queensferry, United Kingdom), de colliers activimètres (HeatTime, DairyMaster, Causeway, Ireland) et de bolus thermomètre intraruminal (San'Phone, Médria Solutions, Saint Lô, France). Pendant le premier mois d'engraissement, les capteurs ont enregistré les températures du rumen, le nombre de buvées, le nombre de pas, le temps passé couché, le nombre d'épisodes couché par tranche de 5 minutes et le temps passé à s'alimenter et à ruminer par tranche de 15 minutes.
En parallèle, chaque animal a fait l'objet d'une observation clinique quotidienne à distance par un vétérinaire selon la grille de notation figurant **tableau 2**. La température rectale de chaque animal a été enregistrée chaque semaine pendant le premier mois d'engraissement. Ces données ont été utilisées pour construire un score clinique global défini comme le produit des deux scores suivants :
- Score d'état général = somme des notations d'hyperthermie, abattement, prise de nourriture et score de remplissage du rumen. On définit l'hyperthermie par une température rectale supérieure à 39,7°C.
- Score respiratoire = somme des notations de : écoulement nasal (quantité + nature), fréquence de la toux>0, force de la toux, écoulement oculaire, fréquence respiratoire, amplitude respiratoire.

Un animal a été considéré malade un jour donné si son score clinique global était supérieur ou égal à 4. Ce seuil a été défini à dire d'expert sur la base de la distribution des notes attribuées aux JB.

Critère observé	**Score**
Score de remplissage du rumen	Rebondi=0, plat=1, creux = 2
Prise de nourriture	Normale = 0, diminuée = 1, absente = 2
Abattement	Absent = 0, léger =1, sévère=2
Ecoulement nasal : Nature Quantité	 Absent = 0, séreux = 1, muqueux = 2, Purulent =3 Absent = 0, faible = 1, modéré = 2, important = 3
Ecoulement oculaire	Absent 0, faible et séreux = 1, modéré et séreux = 2, fort et séreux = 3
Amplitude respiratoire	Normale = 0, amplifiée = 1
Fréquence respiratoire	< 40 batt/min = 0, 41-50 = 1, 51-60 = 2, 61-70 = 3, 71-80 = 4
Fréquence de la toux	Nombre de toux sur une séquence de 5 minutes d'observation
Force de la toux	Forte = 1, faible = 2

Tableau 2 Grille de notation des signes cliniques en lien avec les BPI présentés par les JB utilisée lors de l'essai.

1.2. CONSTRUCTION DU MODELE DE PREDICTION

Les 8 variables explicatives suivantes, issues des données acquises via les capteurs, ont été utilisées pour la construction du modèle mathématique :

- Température rumen moyenne
- Température rumen max
- Nombre de pas
- Temps passé couché
- Nombre d'épisodes couché
- Temps passé à s'alimenter
- Temps passé à ruminer
- Nombre de buvées (variable calculée à partir des données du bolus).

Les données en lien avec les activités et le comportement ont été sommées sur des plages de 3h en journée et 6h la nuit. Chaque variable a donc été considérée comme une ligne brisée de 6 points pour chaque animal et pour chaque jour. Nous avons ensuite considéré les valeurs normées de ces variables ainsi que la valeur de la variable divisée par sa valeur moyenne depuis le début de la période de suivi. Ainsi, 32 variables ont été implémentées dans le modèle à partir des 8 variables de départ. Enfin, pour un jour j donné, les valeurs des 32 variables de j-4 à j ont également été considérées comme variables explicatives du modèle. Pour synthétiser, pour un jour j, le statut clinique d'un animal donné a été modélisé à l'aide d'une régression logistique alimentée par 160 variables d'entrée.

Les performances des différents modèles ont été évaluées par un processus de validation croisée (leave one out) pour éviter les phénomènes de sur-apprentissage. La combinaison des variables la plus appropriée pour notre objectif a été identifiée par une méthode de recuit simulé. Le modèle final a été choisi en minimisant le critère $(1-Se)^2+(1-Sp)^2$ où Se est la sensibilité du modèle et Sp sa spécificité.

Deux jeux de variables ont été utilisés pour construire deux modèles de prédiction distincts : un premier modèle utilisant les données issues de l'ensemble des capteurs (Modèle 1) et un second modèle construit avec les données des colliers et podomètres (Modèle 2).

2. RESULTATS

2.1. MORBIDITE ET PERFORMANCES DES ANIMAUX

Les performances de croissance des animaux pendant le premier mois d'engraissement ont été équivalentes entre les deux années avec des gains moyens quotidiens de 1083g/j (+/-500g/j) en 2019 et 1054 g/j (+/- 476 g/j).
La morbidité s'élève en moyenne à 54,4% sur les deux années pendant le premier mois d'engraissement si l'on considère la définition de l'animal malade mentionnée au paragraphe 1.1..
Le pourcentage d'animaux malades a été plus important la première année que la deuxième année, avec respectivement 67,9% et 41,1% de morbidité en 2019 et 2020. Le pic de morbidité est atteint au 9ème jour d'engraissement les deux années. Le nombre d'animaux ayant reçu un traitement médicamenteux pour traiter les BPI est de 29 au total en 2019 et 2020.

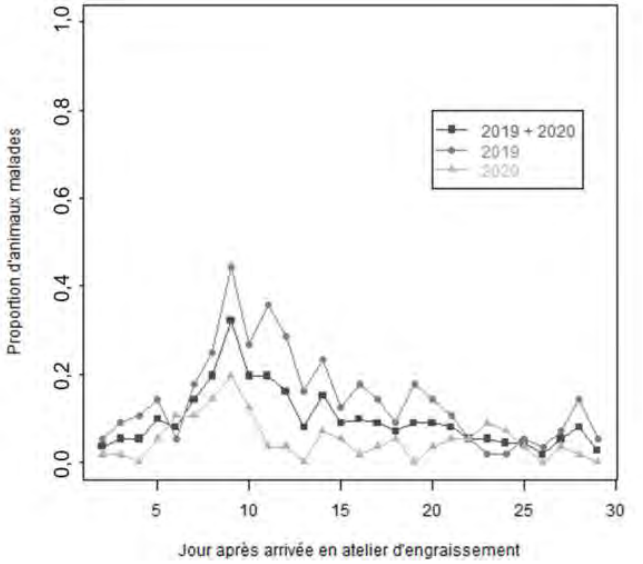


Figure 1 Evolution du taux de morbidité en 2019 et 2020 selon la définition citée au 1.1.

2.2. PERFORMANCES DES MODELES

Le meilleur modèle de prédiction, construit à partir des données enregistrées de J-3 à J-1 par l'ensemble des capteurs (modèle 1) montre une spécificité et une sensibilité égales de 74 % (**tableau 3**). Il est basé sur 41 variables explicatives.
Le meilleur modèle identifié si l'on ajoute les données du jour j gagne 2% de sensibilité et 1% de spécificité. Il est basé sur 51 variables explicatives.
Si l'on considère une prévalence moyenne observée sur les animaux des deux années lors du premier mois d'engraissement de 54,4%, le modèle 1 présente une valeur prédictive positive (VPP, probabilité que la maladie soit présente lorsque le résultat de l'algorithme est positif) moyenne de 78% et une valeur prédictive négative (VPN, probabilité que le modèle affiché sain par le modèle soit réellement sain) moyenne de 73%.

Comme présenté dans le paragraphe 1.1, nous avons observé des prévalences différentes entre les deux années d'essai. Les VPP et VPN étant des fonctions dépendantes de la prévalence, les VPP et VPN ont été recalculées par année (Tableau 4).

Année	Prévalence	VPP	VPN
2019	67,9%	86,5%	59,63%
2020	41,1%	68,0%	81,7%

Tableau 4 Valeur prédictive positive (VPP) et valeur prédictive négative (VPN) du modèle 1 basé sur l'ensemble des capteurs

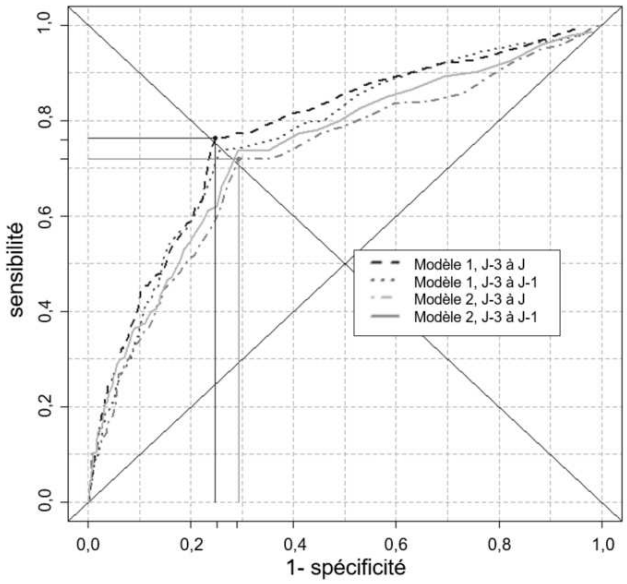


Figure 2 Courbes ROC des modèles 1 et 2 en prenant en compte les données de J-3 à J-1 ou J-3 à J

Le bolus ruminal étant un capteur difficile d'utilisation pour les éleveurs en atelier d'engraissement, un modèle sans les données de ce bolus a également été construit. Si l'on considère uniquement les données issues des colliers et podomètres activimètres, entre J-3 et J-1, on observe une sensibilité de 72 % et une spécificité de 71 % (Modèle 2, **tableau 3**). L'ajout des données du jour j à ce modèle permet de gagner 2 % de sensibilité.

3. DISCUSSION

Les résultats obtenus dans cet essai à l'aide des 3 types de capteurs sont supérieurs en termes de sensibilité et spécificité à ceux obtenus avec l'utilisation de la thermographie infrarouge orbitale par Schaefer et al. (2007) (Se : 54,1 % vs 74 %, Sp : 67,9 % vs 74 %) et à ceux obtenus avec une boucle thermomètre oriculaire par McCorkell et al. (2014) (Se : 46 % vs 74 %). Toutefois les méthodes de validation des algorithmes ne sont pas précisées dans les articles précités. Les performances des algorithmes construits dans cette étude ont été évaluées par une méthode de validation croisée leave one out ce qui permet de limiter le surapprentissage des modèles.

Modèle	Données inclues	Sensibilité	Spécificité	VPP	VPN
1	De J-3 à J	76 %	75 %	78 %	73 %
	De J-3 à J-1	74 %	74 %	77 %	70 %
2	De J-3 à J	74 %	71 %	75 %	69 %
	De J-3 à J-1	72 %	71 %	75 %	68 %

Tableau 3 Indicateurs de performance des modèles de régression logistique obtenus avec les données issues des trois capteurs (podomètre, collier, bolus, modèle 1) et sans le bolus (modèle 2) en utilisant les données de J-3 à J-1 ou J-3 à J.

Comme évoqué précédemment, la détection précoce des BPI est difficile sur la base d'un examen clinique à distance ce qui conduit à un retard de la prise en charge thérapeutique des BPI et à une extension du processus infectieux. Schaefer et al. (2007) ont mis en évidence un délai de 4 à 6 jours entre la détection des BPI par la thermographie infrarouge et la détection par examen clinique visuel. La combinaison de capteurs testée dans cet essai permet la détection des BPI un jour avant la détection visuelle basée sur la définition de l'animal malade détaillée au 1.1. Il est probable que la détection permise par ces capteurs est toutefois plus précoce et plus sensible qu'une détection à distance par un éleveur ce qui renforce l'intérêt de ce type de système pour prendre en charge plus rapidement les BPI.

Cet essai est le premier connu permettant l'utilisation combinée de paramètres de nature différente (activité et température) pour la détection automatique des BPI. L'hypothèse selon laquelle l'utilisation de paramètres de nature différente améliorerait les performances du modèle n'a pas été vérifiée puisque le gain de sensibilité est de seulement 2 % et le gain de spécificité de 3 % (comparaison des modèles 1 et 2 en utilisant les données de J-3 à J-1). Ainsi, l'apport du bolus thermomètre ruminal a été limité en termes de performance du modèle de prédiction.

Les performances des modèles construits dans cet essai ne semblent pas suffisantes pour envisager de construire un outil d'aide au diagnostic pour les éleveurs. En effet, l'algorithme retenu est le plus performant parmi une combinaison de 2^{160} algorithmes différents sur la base du critère $(1-Se)^2+(1-Sp)^2$ minimal. Cette condition conduit à la sélection de modèles dont les sensibilités et spécificités sont équivalentes. A l'avenir, et dans l'objectif de construire un algorithme qui servirait d'outil d'aide à la décision, il pourrait être intéressant de faire varier les sensibilité et spécificité de l'algorithme de détection des BPI en fonction des objectifs de l'éleveur et de la période d'engraissement. Par exemple, l'algorithme pourrait être 1/ plus sensible en tout début de période d'engraissement, ce qui permettrait une action ciblée et rapide de l'éleveur et donc potentiellement de limiter l'extension du processus infectieux dans un lot et 2/ plus spécifique en milieu voire fin du premier mois d'engraissement quand la maladie serait installée dans un lot.

CONCLUSION

Cette étude a permis de montrer qu'il est possible de détecter la présence de BPI au sein d'un lot de JB en engraissement un jour avant l'apparition des signes cliniques observés à distance en équipant les animaux de capteurs de type collier et podomètres activimètres et thermomètre ruminal. Ce résultat est prometteur pour améliorer la précocité de la prise en charge des BPI en atelier d'engraissement de JB.

L'algorithme construit ne permet pas actuellement la construction d'un outil d'aide à la décision utilisable directement par un éleveur. Pour cela, de futurs travaux seraient nécessaires d'une part pour améliorer la sensibilité de la détection en début d'engraissement et d'autre part pour évaluer l'intérêt économique, sanitaire et zootechnique de différentes stratégies de prise en charge médicamenteuse des BPI. Le diagnostic précoce et spécifique des BPI à l'aide de capteurs pourrait permettre d'envisager de nouvelles stratégies de traitement utilisant différents types de médicaments en fonction du temps et limitant l'utilisation d'antibiotiques.

L'amélioration de la sensibilité pourrait être atteinte soit en utilisant des données issues d'autres types de capteurs, comme par exemple des images vidéos soit en modifiant le critère de sélection de l'algorithme à l'aide de la méthode de recuit simulé.

Les auteurs remercient les animaliers de la Ferme expérimentale des Etablières pour l'ensemble des soins apportés aux animaux ainsi que les étudiants vétérinaires qui ont travaillé sur ce projet.

Ferran A.A., Toutain P.L., Bousquet Mélou A., 2011. Vet Microbiol. ; 148 :292-297.

Griffin D. Chengappa M.M., Kuszak J., McVey D.S., 2010. Vet Clin Food Anim; 26:381-394.

McCorkell R., Wuyne-Edwards K., Windeyer C., Schaefer A., 2014. Can Vet J; 55(7):688-690.

Quimby W.F., Sowell B.F., Bowman J.G.P., Brainine M.E., Hubbert M.E., Sherwood H.W., 2001. Can J Anim Sci; 81(3):315-320.

Schaefer, A.L., Cook N.J., Church J.S., Basarab J., Perry B., Miller C., Tong A.K.W., 2007. Res Vet Sci.; 83:376-384.

Theurer M.E., Renter D.G., White B.J., 2015. Vet Clin North Am Food Anim Pract 31, 495-508.

Timsit E., Assie S., Quiniou R., Seegers H., Bareille N., 2011. Vet J. ; 190(1):136-42.

White B.J., Renter D.G., 2009. J Vet Diagn Invest; 21:446-453.

Traitement sélectif au tarissement chez la vache laitière : des besoins des éleveurs à la conception d'une démarche d'accompagnement

LOLLIVIER V. (1,2), LEVALLOIS P. (1), DUNOYER M.A. (3), URLANDE C. (4), TOCZE C. (5), BAREILLE N. (3)

(1) Institut Agro – Institut national enseignement supérieur pour l'Agriculture, Alimentation et Environnement, 65 rue de Saint Brieuc, 35042, Rennes.
(2) INRAE – Physiologie, Environnement et Génétique pour l'Animal et les Systèmes d'Elevages (PEGASE), 16 le Clos, 35590, Saint Gilles.
(3) BIOEPAR, Oniris, INRAE, 44307 Nantes, France.
(4) EUREDEN, 29300 Mellac.
(5) TERRENA, 44155 Ancenis.

RESUME

En élevage bovin laitier, les antibiotiques sont généralement prescrits pour guérir mais aussi prévenir les infections mammaires au moment du tarissement. Aujourd'hui, le traitement antibiotique sélectif au tarissement (TST) qui consiste à adapter les pratiques en fonction de l'état sanitaire des vaches au tarissement, en réservant les antibiotiques aux vaches infectées, est recommandé pour rationaliser l'usage des antibiotiques. Notre étude a eu pour but de proposer une démarche d'accompagnement des éleveurs pour une adoption du TST, en identifiant les situations à risque où un traitement antibiotique reste requis et en accompagnant le changement de pratiques vers plus de préventif et moins de traitement. Nous avons réalisé une synthèse bibliographique pour identifier les facteurs de risque (FR) de nouvelles infections (NI) et de non-guérison, à l'échelle de la vache et de l'exploitation et recueilli l'avis de vétérinaires et conseillers en filière laitière par un questionnaire en ligne sur les niveaux de risque de ces FR. Nous avons également collecté leurs avis sur les besoins d'accompagnement pour diffuser le TST. Au final, nous avons sélectionné 19 FR de NI et avons créé 2 documents-supports : 1/ un document permettant à l'éleveur d'observer la dynamique des infections dans son troupeau et de sélectionner un traitement au tarissement selon l'état sanitaire de chaque vache, accompagné de fiches de bonnes pratiques et 2/ une grille pour le conseiller lui permettant d'identifier les FR de NI, d'évaluer le niveau de risque à l'échelle de l'exploitation et de la vache et enfin de dresser un bilan d'audit. Enfin, nous avons proposé une démarche globale d'accompagnement des éleveurs par leurs conseillers, utilisant les outils décrits ci-dessus. Cette démarche doit désormais être déclinée par les coopératives partenaires du projet, afin de l'enrichir et de l'adapter à une grande diversité de systèmes d'élevage.

Selective dry cow treatment: from farmers' needs to a support approach

LOLLIVIER V. (1,2), LEVALLOIS P. (1), DUNOYER M.A. (3), URLANDE C. (4), TOCZE C. (5), BAREILLE N. (3)

(1) Institut Agro – Institut national enseignement supérieur pour l'Agriculture, Alimentation et Environnement, 65 rue de Saint Brieuc, 35042, Rennes.
(2) INRAE – Physiologie, Environnement et Génétique pour l'Animal et les Systèmes d'Elevages (PEGASE), 16 le Clos, 35590, Saint Gilles.

SUMMARY

In dairy farming, antibiotics are generally prescribed to cure but also to prevent new mammary infections at dry-off. Today, selective dry cow treatment, which consists of adapting practices according to the health status of cows at dry-off, reserving antibiotics for infected cows, is recommended to rationalize antibiotic use. The aim of our study was to propose an approach to support farmers in adopting the selective dry cow treatment, by identifying risk situations where antibiotic treatment is still required and by supporting the change of practices towards more prevention and less treatment. We conducted a literature review to identify risk factors for mammary infections and collected the opinions of veterinarians and dairy advisors through an online questionnaire on the risk levels of these risk factors. We also collected expert opinions to identify support needs for disseminating the selective dry cow therapy. In the end, we selected 19 risk factors for mammary infections and proposed 2 documents: 1/ a document allowing the farmer to observe the dynamics of infections in his herd and to select a treatment at drying off according to the sanitary status of each cow, accompanied by good practice sheets and 2/ a sheet for the advisor to identify the risk factors, to evaluate the level of risk at the level of the farm and the cow and finally to draw up an audit report. Finally, we have proposed a global approach to support farmers by their advisors using the tools described above. This approach must now be adapted by the project's partner cooperatives to enrich it and adapt it to a wide variety of breeding systems.

INTRODUCTION

L'antibiorésistance est un enjeu international majeur, pour la santé humaine et animale (OneHealth). Ainsi, l'arrêt de l'usage préventif des antibiotiques est devenu nécessaire (Bush *et al*., 2011). Les infections intra-mammaires ou mammites constituent la première maladie en élevage bovin laitier, par leur impact économique (pertes de production, dévalorisation du lait et coûts induits pour leur gestion) et par l'usage d'antibiotiques. Ces derniers sont généralement prescrits pour guérir mais aussi prévenir les nouvelles infections mammaires (NI) au moment du tarissement. Aujourd'hui, l'état sanitaire des troupeaux laitiers s'est amélioré en France : l'usage systématique des antibiotiques au moment du tarissement n'est donc plus nécessaire. Le traitement sélectif au

tarissement (TST), qui consiste à adapter les pratiques en fonction de l'état sanitaire des vaches au tarissement pour rationaliser l'usage des antibiotiques, est vivement recommandé (plans Ecoantibio ; ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation, 2017). Dans ce cadre, l'usage des antibiotiques est réservé aux vaches infectées, la pose d'obturateurs de trayon est recommandée dans le cas de situations à risques et aucun traitement n'est préconisé dans le cas de vaches saines dans des troupeaux à faible risque de NI (Seegers et al., 2010). Malgré la communication répétée de ces messages, les éleveurs ont des réticences à abandonner le traitement systématique au tarissement (Poizat et al., 2017). L'objectif de notre étude était de **concevoir une démarche d'accompagnement des éleveurs dans la mise en place du TST, par les conseillers,** basée sur l'évaluation du niveau de risque de NI et de non-guérison, au moment du tarissement et pendant la période sèche.

1. MATERIEL ET METHODES

La conception de la démarche d'accompagnement vers la mise en place du TST s'est faite en plusieurs étapes, d'une synthèse bibliographique jusqu'à des tests de validation sur le terrain.

1.1. SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

Une revue de la bibliographie française et internationale a été réalisée afin **d'identifier les facteurs de risque (FR) de NI et de non-guérison, à l'échelle de la vache et de l'exploitation et de les hiérarchiser.** Nous avons retenu 25 références, qui présentaient des FR de NI et de non-guérison et leurs niveaux de risques associés (mesurés par un risque relatif, c'est-à-dire un facteur multiplicatif du risque de survenue d'un évènement sanitaire dans un groupe présentant un FR, par rapport à un autre ne présentant pas ce FR).

1.2. QUESTIONNAIRES EN LIGNE

Nous avons constitué un panel de 51 experts (vétérinaires et conseillers en filière laitière). Nous leur avons proposé un questionnaire individuel en ligne visant à **estimer, pour les FR retenus à l'issue de la revue bibliographique, des niveaux de risques relatifs. Afin de tendre** vers un **consensus, nous avons utilisé** une approche inspirée de la méthode Delphi qui consiste à consulter un panel de manière itérative (Dalkey et Helmer, 1963). 34 experts ont répondu au premier questionnaire. Il leur a été soumis une deuxième fois : il comportait les mêmes questions, accompagnées de la moyenne des notes que les autres membres du panel avaient données lors du premier questionnaire. L'expert pouvait ainsi préciser ses propres réponses en les modifiant ou en marquant son désaccord avec les réponses des autres experts. 33 experts ont répondu à ce deuxième questionnaire.

1.3. ATELIERS D'ECHANGE ENTRE EXPERTS

Nous avons réalisé 3 ateliers en visioconférence (4 experts par atelier), dont les objectifs étaient : 1/ obtenir le consensus pour les FR dont les avis d'experts restaient hétérogènes à l'issue du deuxième questionnaire, 2/ recueillir les avis des participants sur les traitements à réaliser en fonction des situations infectieuses et des FR présents sur l'exploitation et 3/ recueillir leurs expériences et besoins pour l'accompagnement des éleveurs vers le TST.

1.4. ELABORATION ET EVALUATION DES DOCUMENTS-SUPPORTS ET DE LA DEMARCHE D'ACCOMPAGNEMENT

Nous avons élaboré un prototype de démarche, que nous avons testé chez 4 éleveurs, afin de les améliorer et de les valider.

2. RESULTATS

2.1. FACTEURS DE RISQUE ET NIVEAUX DE RISQUE ASSOCIES

L'analyse de la bibliographie a permis de sélectionner 25 FR de NI et 14 FR de non-guérison. À la suite de l'exploitation des questionnaires visant à estimer les niveaux de risques, des discussions lors des ateliers et des tests avec les éleveurs, **nous avons finalement retenu 19 FR de NI** dans nos documents-supports d'accompagnement. Aucun FR de non-guérison n'a été retenu, les éleveurs étant déstabilisés par l'idée que des traitements au tarissement ne devraient pas être tentés si les chances de guérison sont faibles. A l'issue du deuxième questionnaire, la moyenne des risques relatifs de ces 19 FR de NI était de 1,9 (Tableaux 1 et 2).

Intervalle de risque relatif	**]1 ;1,5]**	**]1,5 ;2]**	**]2 ;3]**	**>3**
Parité 3 après le tarissement	**x**			
Parité 4 ou + après le tarissement			**x**	
NEC non conforme aux recommandations		**x**		
Niveau de production au tarissement >20 kg/jour		**x**		
La dernière lactation a duré longtemps (>355 jours)	**x**			
Durée de tarissement > supérieure à 8 semaines	**x**			
Durée de tarissement <à 5 semaines	**x**			
Occurrence d'une mammite clinique pendant la dernière lactation		**x**		
Trayons courts (>4,5 cm)	**x**			
Au moins un trayon présente une/des lésion(s)/craquelure(s)			**x**	
Extrémité du canal du trayon en hyperkératose				**x**
Pertes de lait pendant le tarissement précédent				x

Tableau 1 : Intervalles de risque relatif de nouvelle infection, attribués aux facteurs de risque liés aux caractéristiques individuelles des vaches au moment du tarissement.
NEC : note d'état corporel

Intervalle de risque relatif	]1 ;1,5]	]1,5 ;2]	]2 ;3]	>3
Pas de désinfection des trayons avant et après administration d'un traitement au moment du tarissement			**x**	
En présence d'aire paillée, température de la litière > 40°C				**x**
Aire de couchage humide ou souillée				**x**
Pas de contrôle des mouches au pâturage en été			**x**	
Apport énergétique insuffisant		**x**		
Carence en vitamine E et en en sélénium			**x**	
Déséquilibre de la balance alimentaire cations-anions		**x**		

Tableau 2 : Intervalles de risque relatif de nouvelle infection, attribués aux facteurs de risque liés à l'hygiène, au logement et à l'alimentation en période tarie.

2.2. DES DOCUMENTS-SUPPORTS DEDIES POUR L'ELEVEUR ET POUR LE CONSEILLER

Nous avons élaboré **2 documents-supports distincts à destination du conseiller et de l'éleveur** :

- Une **grille,** pour le **conseiller, reposant sur les 19 FR (à l'échelle de l'exploitation et de la vache) de NI retenus**. Cette grille vise à **identifier les FR de NI et à évaluer les niveaux de risque associés**. Ceci permet **d'identifier les bonnes pratiques et celles à améliorer**.
- Un **document pour l'éleveur, lui permettant de suivre la dynamique des infections du troupeau pendant la période sèche** et de **sélectionner un traitement adapté selon l'état sanitaire observé (antibiotiques pour guérir, obturateurs pour prévenir)**. Des conseils sous forme de fiches de bonnes pratiques pour administrer les antibiotiques et obturateurs sont également à sa disposition.

2.3. UNE DEMARCHE PEDAGOGIQUE D'ACCOMPAGNEMENT

Finalement, nous avons proposé une **démarche d'accompagnement en plusieurs étapes, progressive, basée sur des échanges continus entre éleveur et conseiller.** A chaque étape, conseiller et éleveur pourront s'appuyer sur les différents documents-supports conçus dans le cadre de cette étude. **Appliquée au départ sur quelques vaches, la démarche s'étendra au fur et à mesure à l'ensemble du troupeau, dans l'objectif d'atteindre un taux d'incidence de NI inférieur à 10%, signe d'une parfaite maîtrise du TST** (Tableau 3).

Etapes successives	Documents-supports
Discuter du traitement sélectif au tarissement et de la démarche d'accompagnement	Fiche de synthèse
Observer la dynamique des infections du troupeau pendant la période sèche	Tableau « Suivi dynamique des infections »
Identifier les facteurs de risque (exploitation, vache)	Grille d'évaluation des facteurs de risque
Dresser un bilan avec les niveaux de risque	Grille « bilan des niveaux de risques » et choix des traitements
Traitement sélectif au tarissement sur quelques vaches et choix de traitement adapté (puis sur le troupeau, si incidence de mammite en période sèche <10%)	Fiches de bonnes pratiques

Tableau 3 : Etapes de la démarche d'accompagnement et documents-supports.

3. DISCUSSION

Des grilles pour sélectionner un traitement au tarissement existent depuis plus de 10 ans en France (Roussel *et al.*, 2009). Toutefois, des craintes vis-à-vis des risques de NI pendant la période sèche et des risques économiques associés, semblent freiner les éleveurs à mettre en place la TST (Bleuse *et al.*, 2019). Une approche pédagogique est donc déterminante pour sa diffusion sur le terrain.

La démarche que nous proposons, associant éleveur et conseiller, doit convaincre les éleveurs qu'en pratiquant le TST, les NI ne sont pas plus nombreuses (Bradley *et al.*, 2015) et que les performances économiques peuvent être améliorées (Scherpenzeel *et al.*, 2018). Elle associe éleveur et conseiller et est basée sur des documents-supports.

Le document pour les éleveurs doit leur permettre de suivre la dynamique des infections de leur troupeau durant la période sèche ; ils pourront ainsi observer les résultats avant et après mise en place du TST. De leur côté, les conseillers doivent pouvoir bien identifier les situations à risque pour sécuriser l'éleveur dans sa décision de traiter ou de ne pas traiter. Nous avons donc constitué une solide base de données bibliographiques et avons recueilli l'avis d'un panel d'experts, pour déterminer les FR et le poids de chacun d'eux. Ceci a permis d'établir une grille d'évaluation du risque à partir de 19 FR. Nous avons pris la décision de n'intégrer à notre grille d'évaluation des risques uniquement les FR de NI et pas les FR de non-guérison. Outre le fait que les éleveurs ont considéré que les traitements méritaient d'être tentés quels que soient les chances de guérison, les facteurs de risque de non guérison étaient pour partie identiques aux FR de nouvelles infections. En effet, les études ont en partie confondu des vaches guéries grâce à un antibiotique intra-mammaire au moment du tarissement qui se réinfectent au cours de la période sèche avec des vaches qui ne s'étaient pas guéries. A titre d'exemple, il est difficile de comprendre pourquoi les vaches seraient plus à risques de non guérison en hiver qu'au printemps comme trouvé par Dingwel et al. (2003).

Les valeurs de risques relatifs recueillies auprès des experts sont bien supérieures aux valeurs de la bibliographie (1,9

versus 1,4 ; Dunoyer, 2020). Les risques relatifs cumulés lorsque plusieurs FR sont présents atteignent donc des valeurs élevées, largement surestimées, du fait que les risques sont multiplicatifs. Cependant, cela renforce la **valeur pédagogique de la grille qui permet de situer les FR les uns par rapport aux autres et d'établir une priorisation de leur maitrise au sein de l'élevage**.

Malheureusement, notre étude n'a pas permis **d'objectiver la plus-value de la démarche d'accompagnement** pour faire adopter le traitement au tarissement par les éleveurs. De telles études sont complexes et peu fréquentes (Le Guénic et al., 2018).

CONCLUSION

La mise en place du TST de façon durable dans les exploitations laitières repose sur la levée de freins à l'adoption du TST. Face à la complexité des situations sanitaires et des FR, la prise de décision n'est pas toujours aisée. Pour cela, le binôme éleveur-conseiller est déterminant. Désormais, éleveur et conseiller des coopératives Eureden et Terrena pourront s'appuyer sur une démarche pédagogique progressive. **Cette démarche repose sur des connaissances techniques validées, un ensemble de documents à destination de l'éleveur mais aussi du conseiller et un accompagnement régulier et continu de l'éleveur par son conseiller.** Autant d'éléments qui permettront de rassurer l'éleveur, d'instaurer une relation de confiance sur le moyen-long terme avec son conseiller et de s'engager vers une mise en place durable du TST.

Les auteurs remercient sincèrement les experts, ainsi que les éleveurs pour leur disponibilité et le temps qu'ils leur ont accordé pour répondre à leurs questions. Ils remercient également la chaire AEI (Agriculture Ecologiquement Intensive), commanditaire et financeur du projet.

Bleuse, A., Guevellou, P.A., Lonis, W., Woiltock, A. 2019. Projet d'ingénieur Agrocampus Ouest.

Bradley, A.J., De Vliegher, S. Green, M.J. Larrosa, P., Payne, B., Van de Leemput, E.S., Samson, O., Valckenier, D., Van Werven, T., Waldeck, H.W.F., White, V., Goby, L. 2015. J. Dairy Sci., 98, 6029–6047

Bush, K., Courvalin, P., Dantas, G., Davies, J., Eisenstein, B., Huovinen, P., Jacoby, G.A., Kishony, R., Kreiswirth, B.N., Kutter, E., Lerner, S.A., Levy, S., Lewis, K., Lomovskaya, O., Miller, J.H., Mobashery, S., Piddock, L.J.V., Projan, S., Thomas, C.M., Tomasz, A., Tulkens, P.M., Walsh, T.R., Watson, J.D., Witkowski, J., Witte, W., Wright, G., Yeh, P., Zgurskaya H.I. 2011. Nat. Rev. Microbiol. 9,894–896

Dalkey, N., Helmer, O. 1963. Management Science, 9, 458-467.

Dingwell, R. T., Leslie, K. E., Duffield, T. F., Schukken, Y. H., DesCoteaux, L., Keefe, G. P., Kelton, D. F., Lissemore, K. D., Shewfelt, W., Dick, P., Bagg, R., 2003. J. Dairy Sci., 86, 159–168

Dunoyer, MA. 2020. Thèse docteur vétérinaire, Oniris, 101p.

Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation. 2017. https://agriculture.gouv.fr/plan-ecoantibio-2012-2017-lutte-contre-lantibioresistance

Le Guénic, M., Frappat, B., Poizat, A., Roussel, P., Corbel, S., Lequertier, T., Vigneau, M., Neau, M., Lecaime, M., Baudais, S., Manciaux, L., Leperlier, I., Bosquet, G., Richard, C., Bareille, N., 2018. In, 24. Rencontres Recherches Ruminants (RRR), Paris, France, 2018/12/05-06.

Poizat A., Bonnet-Beaugrand F., Rault A., Fourichon C., Bareille N., 2017. Prev. Vet. Med., 146, 61-72.

Roussel P., Seegers H., Bareille N., 2009. Traitement au tarissement : Quelle stratégie privilégier ? https://idele.fr/fileadmin/medias/Documents/Plaquette_Traitement_au_tarissement-3.pdf

Scherpenzeel,C.G.M., Hogeveen, H., Maas, L., Lam, T.J.G.M. 2018. J. Dairy Sci. 101, 1530–1539

Seegers H., Billon D., Roussel P., Sérieys F., Le Guénic M., Bareille N., 2010. Nouveau Praticien Vétérinaire – Elevages et Santé, 3, 17-21.

Plantes toxiques chez les bovins dans la région de Tizi-Ouzou (Algérie)
Poisonous plants for cattle in Tizi-Ouzou area (Algeria)

DORBANE Z. (1), SAIDJ D. (2), MOUHOUS A. (1), ZIRMI-ZEMBRI N. (1), AIT ADDA M. (1), BEKHTI T. (1), KADI S.A.
(1) Faculté des Sciences Biologiques et Sciences Agronomiques. Université Mouloud MAMMERI UN1501, Tizi-Ouzou, Algérie
(2) Institut des Sciences Vétérinaires, Université Saad DAHLAB, Blida, Algérie

INTRODUCTION

L'alimentation affecte la production, la reproduction et la santé des animaux. Toutefois, l'aliment peut être dangereux pour les animaux s'il contient certaines plantes toxiques. Au pâturage, les ruminants ont une certaine capacité à les éviter (Kazi-Tani, 2014), mais elles peuvent représenter un risque lorsqu'elles sont fauchées et mélangées aux fourrages distribués. En Algérie, il existe 420 espèces végétales potentiellement dangereuses pour le bétail (Kazi-Tani, 2014). En outre, selon Mohammedi *et al*. (2014), les végétaux sont la deuxième cause d'intoxication chez les animaux (14 à 18%), après les pesticides agricoles (45 à 50). Les intoxications végétales engendrent ainsi d'importantes pertes économiques (Kazi-Tani, 2015). Les éleveurs doivent donc connaitre et être capables d'identifier les plantes toxiques rencontrées dans chaque région. Notre travail a pour objectif de répertorier les plantes toxiques chez le bovin, qui poussent dans la région de Tizi-Ouzou (Algérie).

1. MATERIEL ET METHODES

La méthodologie utilisée est une enquête effectuée du mois de juin au mois de juillet 2021, auprès de 77 éleveurs de la région de Tizi-Ouzou. Le questionnaire comporte deux rubriques ; une première qui concerne le profil socio-économique de l'éleveur (informations relatives à l'âge et sexe) et une seconde qui comporte des questions ciblées concernant les plantes toxiques rencontrées dans la région ainsi que les espèces animales affectées. Les données ont été rassemblées dans un fichier de type Excel en vue d'analyses.

2. RESULTATS

2.1. CARACTERISATION DES ELEVEURS ENQUETES

Sur les 77 personnes enquêtées, les hommes sont plus présents que les femmes avec 56 %. En ce qui concerne l'âge des enquêtées, il varie de 18 à 80 ans. Cependant, les personnes âgées de plus de 50 ans en représentent 56 %, tandis que les jeunes de moins de 30 ans n'en représentent qu'environ 8 %. 65 % des éleveurs pratiquent l'activité d'élevage et 35 % l'ont déjà pratiqué.

2.2. IDENTIFICATION DES PLANTES TOXIQUES

Au terme de notre enquête, nous avons pu répertorier 15 plantes toxiques chez les bovins, rencontrées dans la région d'étude (Tableau 1). Cependant, nos résultats ont montré également que 27 % des éleveurs enquêtés, soit plus d'1/4 de l'échantillon, ne connaissent aucune plante toxique chez les animaux.

3. DISCUSSION

Ne pas connaitre les plantes toxiques qui poussent dans la région peut représenter un danger pour les animaux. Les éleveurs enquêtés étant majoritairement âgés et expérimentés ont bien décrit les plantes concernées. La littérature scientifique rapporte la toxicité de certaines plantes répertoriées : (1), (2), (3), *(4),* et (5) par Hammiche *et al*. 2013) ; (2), (3), (5), (6) et (7) par Mohammedi *et al*. (2014),

Nom scientifique	Nom commun en français	Nom commun en berbère
Arum italicum (1)	Gouet d'Italie	Abeqquq
Nerium oleander (2)	Laurier rose	Ilili
Ferula communis (3)	Férule commune	Ufal
Bryonia dioica (4)	Bryone dioïque	Adil n wuccen
Thapsia garganica (5)	Thapsie	Adaryis
Pteridium aquilinum (6)	Fougère aigle	Ifelku
Oxalis pes-caprae L.(7)	Oxalis des Bermudes	Asemmum
Lupinus angustifolius(8)	Lupin	Ibawen n yilef
Lavande stoechas (9)	Lavande	Amezir
Chaerophyllum temulum (10)	Cerfeuil penché	Mka3ka3
Narcissus jonquilla L (11)	Jonquille	Tixlulin
Clematis flammula L. (12	Clématite	Azenzu
Dittrichia viscosa (13)	Inule visqueuse	Amagraman
Ficaria verna (14)	Ficaire	Tibiwt
Anagalis Arvensis (15)	Mouron	Tittucin n trumit

Tableau 1 : Plantes toxiques chez le bovin qui poussent dans la région de Tizi-Ouzou (Algérie) selon les enquêtés

(8) par Benkhnigue *et al*. (2014) ; (9) par Saadi et Benabdelkader (2012) ; (10) par Reduron (2013) et (11) parAlonso (2014).Pour ce qui est des autres espèces, il n'existe pas à notre connaissance des données bibliographiques les concernant.
Ainsi, à titre indicatif, 643 cas d'intoxications végétales ont été recensés en Algérie entre 1995 et 2013 et qui ont affectés plus de 3000 animaux (Mohammedi *et al*., 2014). Selon les mêmes auteurs, les espèces *Pteridium aquilinum, Ferula communis et Oxalis pes-caprae L.*ont été reconnu responsable de 10, 25 et 35 cas d'intoxication chez le bovin durant les mêmes périodes, un cas pouvant représenter jusqu'à une centaine d'animaux. Enfin, les éleveurs enquêtés ont décrit des symptômes sévères de toxicité (diarrhées aigües, vomissements répétés, asthénie), accompagnés systématiquement d'une perte de poids considérable des animaux.

CONCLUSION

Notre travail a permis de répertorier 15 plantes toxiques chez les bovins et qui poussent dans la région de Tizi-Ouzou. Un travail de vulgarisation doit se faire au profit des éleveurs sur les plantes toxiques chez les animaux pour minimiser les risques et les pertes dans les élevages.

Benkhnigue, O., Ben Akka F., Salhi, S., Fadli, M., Douira, A., ZidaneL. 2014.*J Anim Plant Sci*, *23*(1), 3539-68.
Hammiche, V., Merad, R., Azzouz, M.2013. Plantes toxiques à usage médicinal du pourtour méditerranéen. Paris : Springer. 408p.
Kazi-Tani, C. 2014. Fourrages 217, 105-114.
Kazi-Tani, C. 2015. Fourrages 222, 167-172.
Mohammedi, D., Mohammedi, S., Keck, G. 2014. Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop. 67(4), 163-171.
Reduron, J. P. 2013.*Bulletin de la Société Botanique du Centre-Ouest*, 215-226.
Saadi, L., Benabdelkader, T. 2012. *2nd African Congress on Biology & Health, Ferhat Abbas University,Setif1*, Vol. 11, p. 144.

Contamination par la zéaralénone de l'ensilage de maïs en France et ses implications potentielles sur la santé ruminale et l'induction de l'inflammation

Zearalenone contamination in French maize silage and its potential short-term implications on ruminal health and inflammation

ARTAVIA I. (1), HARTINGER T. (2), FAAS J. (1), MUELLER A. (1), ROUXEL L. (3), ZEBELI Q. (2).
(1) DSM Austria, Erber Campus 1, 3131 Getzersdorf, Autriche
(2) Institute of Animal Nutrition, University of Veterinary Medicine, Veterinärplatz 1, 1210, Vienne, Autriche
(3) DSM Nutritional Products France, 71 bd National, 92250 La Garenne-Colombes, France

INTRODUCTION

La zéaralénone (ZEN) est une mycotoxine produite principalement par les champignons de type *Fusarium* que l'on trouve couramment dans l'ensilage de maïs. Elle est bien connue pour sa capacité à se lier aux récepteurs d'œstrogènes, provoquant des troubles de la reproduction. La ZEN a aussi des effets antimicrobiens et inflammatoires.
Pour comprendre l'impact potentiel de la contamination constatée en France et dans d'autres parties du monde, les effets à court terme d'une exposition à la ZEN sur les vaches laitières ont été étudiés.

1. MATERIEL ET METHODES

Pour mesurer la contamination des ensilages de maïs en ZEN, 175 échantillons ont été prélevés en ferme, sur la moitié Nord de la France, et analysés par HPLC et LC-MS/MS, de sept. 2021 à mai 2022.
En parallèle, à l'Université Vétérinaire de Vienne, pour évaluer l'impact de la ZEN, 6 vaches Holstein canulées au rumen ont d'abord reçu un régime de base contenant 40 % de céréales (base matière sèche) et 200 g de farine de blé pendant 2 jours (Phase Témoin). Puis les animaux ont été exposés à 5 mg/j de ZEN pendant 2 jours, la contamination se faisant avant l'alimentation du matin (T0) via une culture fongique dans la farine de blé (Phase ZEN). L'objectif était d'atteindre une concentration à un niveau moyen de toxicité pour la ZEN chez les vaches laitières, soit 500 ppb par kg de MS. Le pH du rumen a été mesuré en continu toutes les 15 min dans le sac ventral du rumen à l'aide d'enregistreurs de données équipés de capteurs de pH. La température corporelle a été enregistrée chaque jour 0 h, 3 h et 10 h après l'alimentation du matin (mesure par voie rectale).
Les données ont été analysées via le logiciel SAS 9.4. La normalité des variables a d'abord été vérifiée à l'aide du test de Shapiro-Wilk, avant une ANOVA multi-variée (**p≤0,05).

2. RESULTATS

2.1. CONTAMINATION PAR LA ZÉARALÉNONE DANS L'ENSILAGE DE MAÏS - RECOLTE 2021

Les résultats indiquent que 89 % des 175 échantillons étudiés sont contaminés par la ZEN (Tableau 1), et toujours en co-contamination avec une autre mycotoxine. La ZEN a été mesurée à une concentration moyenne de 169 µg/kg, avec une concentration maximale mesurée de 1354 µg/kg (base matière sèche (MS)).

Paramètres	ZEN
Nombre d'échantillons analysés	175
% d'échantillons contaminés	89
Moyenne des positifs (ppb)	169
Médiane des positifs (ppb)	94
Maximum (ppb)	1354

Tableau 1 Contamination en zéaralénone des 175 échantillons d'ensilage de maïs analysés (base MS)

2.2. IMPACTS SUR LA SANTÉ D'UNE EXPOSITION À COURT TERME À LA ZÉARALÉNONE

2.2.1. pH ruminal

La figure 1 illustre les valeurs moyennes du pH ruminal mesuré une fois/heure après l'alimentation du matin. L'exposition à la ZEN a fait baisser le pH moyen horaire du rumen à plusieurs moments.

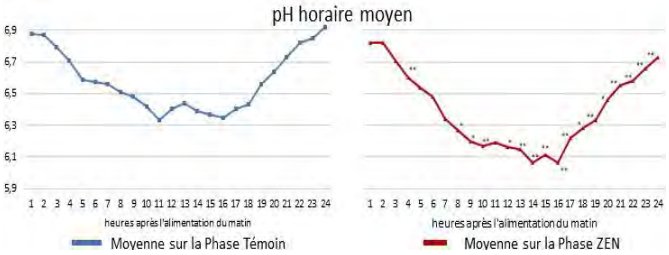


Figure 1 Evolution du pH horaire moyen dans le rumen – Phase Témoin vs Phase ZEN (**p ≤ 0,05 - * p ≤ 0,1)

2.2.2. Température rectale

Après 10 h, 4 des 6 animaux dépassent le seuil de fièvre légère (38,8 °C) durant la phase ZEN (Figure 2).

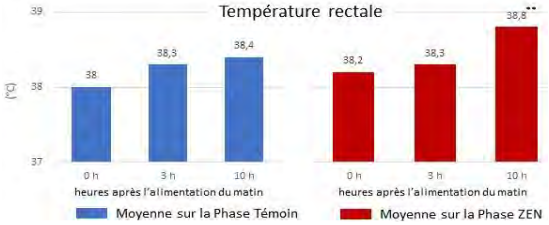


Figure 2 Température rectale (**p ≤ 0,05)

3. DISCUSSION ET CONCLUSION

La prévalence de ZEN sur la moitié nord de la France est très élevée (9 contaminés / 10 échantillons testés). La contamination moyenne observée est proche de la concentration pouvant déjà provoquer une perturbation endocrinienne (200 ppb) et qui pourrait induire des kystes ovariens (Mahmoud *et al.*, 2013). Cette étude est la première à montrer que l'exposition à la ZEN, sur une courte durée et à un niveau moyen contamination a des impacts négatifs sur l'environnement ruminal (diminution constante du pH du rumen) et augmente la température des animaux. Dans l'ensemble, les animaux ont montré des signes de dégradation de leur santé ruminale (pH) et immunitaire (°C) dès 2 jours d'exposition au régime avec ZEN. L'ensilage de maïs 2021 sur la moitié nord de la France est contaminé par la ZEN avec une concentration moyenne significative.
Les niveaux de contamination retrouvés dans ces ensilages de maïs peuvent aggraver l'acidose du rumen, réduire l'activité microbienne et induire des réponses inflammatoires plus fortes, même lors d'expositions de courte durée.

Mahmoud M. et Leil A., 2013. Assiut Vet Med J, 59 (138), 203-213.

Ingestion de sol par des poulains et des génisses en pâturage mixte ou monospécifique
Soil ingestion by horses and heifers at mixed or monospecific grazing

COLLAS C. (1), BRIOT L. (2), FLEURANCE G. (3)(4), DOZIAS D. (5), LAUNAY F. (5), FEIDT C. (1), JURJANZ S. (1)
(1) Université de Lorraine, INRAE, URAFPA, 54000 Nancy
(2) IFCE, Pôle DIR, Plateau technique du Pin, 61310 Exmes
(3) IFCE, Pôle DIR, 49400 Saumur
(4) INRAE, UMRH, 63122 Saint-Genès-Champanelle
(5) INRAE, UEP, doi : 10.15454/1.5483257052131956E12, 61310 Le Pin-au-Haras

INTRODUCTION

Les animaux au pâturage peuvent ingérer des particules de sol qui peuvent s'accumuler et endommager le tube digestif, réduisant la digestibilité du régime et l'absorption des nutriments, voire provoquant des coliques de sable chez les chevaux. L'ingestion de sol expose également les animaux à des contaminants environnementaux tels que des éléments traces métalliques ou des polluants organiques (Rychen *et al.,* 2013). Cela peut entraîner des pathologies (listériose), la non-conformité lors des contrôles antidopage chez les chevaux (arsenic) ou le dépassement des seuils autorisés (cadmium, plomb, dioxines) dans les denrées alimentaires. L'ingestion de sol peut affecter la santé et les performances des animaux et engendrer un risque pour la santé humaine. L'ingestion de sol des bovins n'a jamais été étudiée en pâturage mixte et celle des chevaux est très peu décrite.

1. MATERIEL ET METHODES

Le dispositif expérimental a consisté en 3 groupes : équins (E ; 6 poulains), bovins (B ; 12 génisses), mixte (M ; 3 poulains et 6 génisses), conduits en pâturage continu à même chargement sur 3 parcelles du printemps à l'automne 2019 et 2020 sur l'Unité Expérimentale du Pin. Les poulains (Selle Français et Anglo-Arabes, 509 kg de poids vif) et les génisses (Charolaises, 484 kg de poids vif) étaient âgés respectivement de 2 et 1 ans. La surface de pâturage initiale de 3 ha par groupe a été étendue à 6 ha à partir de juillet. Chaque mois, la hauteur d'herbe et le poids des animaux ont été mesurés, et les ingestions journalières de sol (en % de l'ingéré total) ont été évaluées individuellement à partir de la digestibilité du régime et des teneurs en titane (marqueur du sol, dosages par le SARM, CRPG-CNRS) des différents échantillons prélevés (fèces, herbe, sol). Les données ont été analysées par des modèles mixtes avec l'espèce animale, la mixité, la période les interactions en effets fixes, et l'individu en effet aléatoire. Les corrélations des ingestions de sol avec les précipitations, hauteurs d'herbe et gains de poids des animaux ont été évaluées pour chaque année.

2. RESULTATS

Les deux années ont montré des interactions significatives entre période × espèce animale et période × mixité (P<0,01 ; Figure 1). En 2019, l'ingestion de sol des bovins B (8 %, 0,52 kg MS) était globalement la plus élevée, les plus faibles étant celles des chevaux E et M (2,5 %, 0,26 kg MS). Les bovins M ont réalisé des ingestions de sol (5,6 %, 0,36 kg MS) proches de celles des bovins B au printemps et en automne mais plus faibles et proches de celles des chevaux en été. En 2020, les ingestions de sol des bovins ont été plus élevées que celles des chevaux (5,1 vs 2,4 %, 0,33 vs 0,25 kg MS), quel que soit le mode de conduite. Les bovins B sont les seuls animaux à avoir perdu du poids en fin de saison de pâturage 2019. Ceci a pu résulter d'une limitation de la disponibilité en herbe les ayant incités à brouter plus près du sol (ingestion de sol de 16,6 %, 1,08 kg MS, en novembre 2019). La hauteur d'herbe était en moyenne plus courte sur la parcelle du lot B comparativement aux lots E et M en 2019 (7,5 vs 9,6 cm) et au lot E en 2020 (8,5 vs 9,6 cm, P<0,05). Les ingestions de sol étaient négativement corrélées avec les hauteurs d'herbe pour les deux années et positivement corrélées avec les précipitations en 2019 (P<0,001).

3. DISCUSSION

Les différences observées entre équins et bovins pourraient s'expliquer en partie par le mode de préhension de l'herbe. Les études chez les bovins rapportent des ingestions de sol de 1 à 9 % de l'ingéré selon les conditions, avec un lien entre l'ingestion de sol et la hauteur d'herbe ou l'humidité de la surface du sol (Collas *et al.,* 2019). Chez les équins, une unique étude a montré des ingestions de sol de 3,8 à 4,5 % de l'ingéré, avec les plus forts niveaux pour l'offre d'herbe la plus faible (Jurjanz *et al.,* 2021).

CONCLUSION

En caractérisant l'ingestion de sol des équins et bovins, ce projet a permis d'obtenir des repères pour l'évaluation du risque selon la sensibilité de l'espèce cible, et d'établir des recommandations pratiques pour les éleveurs. Adapter la conduite du pâturage selon les conditions météorologiques et la disponibilité en herbe permet de limiter l'ingestion de sol et de garantir la bonne santé des animaux et la sécurité sanitaire des produits.

Cette étude a mobilisé le dispositif expérimental du projet PaturBovEquin financé par le Conseil Scientifique de la filière équine, le Fonds Eperon, la Région Normandie, le FEADER, l'IFCE et INRAE. Les auteurs remercient l'ensemble des personnels techniques du Pin (IFCE et INRAE) et P. Hartmeyer (Université de Lorraine, URAFPA) pour leur participation aux mesures, prélèvements et traitement d'échantillons.

Collas C., et al. 2019. Sci. Tot. Env., 668, 161-170
Jurjanz J., et al. 2021. Animals, 11(7), 2109
Rychen G., et al. 2013. Environ. Sci. Pollut. Res. Int., 21, 6440-6447

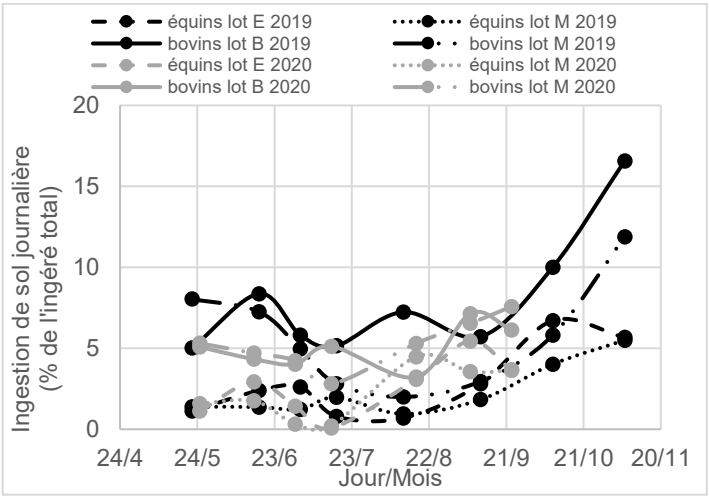


Figure 1 : Ingestions de sol journalières par les poulains et les génisses en 2019 et 2020

Identification de facteurs pouvant sécuriser la pratique d'un tarissement sans antibiotique des vaches laitières à partir de l'analyse d'une base de données bretonne issue du contrôle de performance.

Identification of factors that can secure the practice of drying off without antibiotics for dairy cows with the analysis of a Breton database from performance monitoring.

POUCHARD L. (1), SAILLARD Y. (1), JATTIOT M. (1)
(1) INNOVAL, rue Éric Tabarly 35538 NOYAL-SUR-VILAINE

INTRODUCTION

Le traitement sélectif au tarissement vise à réduire l'usage des antibiotiques. Afin de choisir les vaches susceptibles de ne pas recevoir d'antibiotique, des critères «IDELE» ont été proposés : <100 000 cellules/ml de lait pour les primipares au dernier contrôle, <150°000 cell/ml pour les multipares, et absence de mammites sur les 4 derniers mois (Roussel et al., 2009). L'étude présentée vise à mieux caractériser l'évolution des concentrations cellulaires des vaches <300°000 cell/ml en fonction de leurs niveaux cellulaires avant tarissement ou d'autres facteurs connus.

1. MATERIEL ET METHODES

L'analyse est effectuée à partir d'une base de données de 107 178 vaches de race Prim'Holstein ayant eu des tarissements sur une période de 2,5 ans (09/16 à 02/19 ; 2 350 élevages) sur 3 départements bretons (22, 29, 56). Les données de contrôle de performances (production, cellules), mammites et index génétiques ont été collectés.
Trois typologies exclusives de vaches ont été définies avant tarissement : **typologie 1** (<100 000 cell/ml aux 3 derniers contrôles), **typologie 2** (reste des VL au dernier contrôle <100 000 cell/ml sur primipares ou <150 000 cell/ml sur multipares), **typologie 3** (reste des VL <300 000 cell/ml au dernier contrôle). Les vaches répondant aux critères cellulaires IDELE sont la somme des typologies 1 et 2.
Des modèles d'analyse de variance (ANOVA de type III) ont été effectués avec le logiciel R. En fonction des typologies, la variable réponse choisie «Log cellules (1er contrôle après vêlage)» a été mise en relation avec l'ensemble des facteurs de risque connus «vache» et «élevage».

2. RESULTATS ET DISCUSSION

2.1. INDICATEURS DES EVOLUTIONS CELLULAIRES

Tableau 1.
Le tarissement permet une amélioration du % de VL<300 000 cell/ml de près de 8 points entre le dernier contrôle avant tarissement (76,4%) et le premier après veâlge (84,3%). L'indice de nouvelles contaminations (13,5% avec le seuil 300 000 cell/ml ; calculé ici à partir des données individuelles de l'ensemble des vaches) reste proche de celui présenté dans l'analyse de Roussel et Ballot 2014 (14,3%, moyenne d'élevages).

Critère	Moyenne
% vaches<300 000 cell/ml avant tarissement	76,4%
% vaches<300 000 cell/ml après vêlage	84,3%
Indice Nouvelles Contaminations (seuil 300)	13,5%

Tableau 1 : Evolutions cellulaires autour du tarissement

2.2. TARIR SANS ANTIBIOTIQUE ?

2.2.1. Proportion de vaches éligibles

45,2% des vaches répondent aux critères IDELE (incluant le critère «absence de mammite clinique sur les 4 mois avant tarissement»), avec 54,3% parmi les primipares et 40,1% parmi les multipares.
En excluant le critère «mammites cliniques» dont les remontées par les éleveurs restent variables, on obtient respectivement 46,8%, 55,5% et 41,8%. Ces résultats sont supérieurs à ceux précédemment obtenus par Manciaux et Saillard en 2016 (respectivement 39,0%, 48,7%, 33,3%).

2.2.2. Evolutions cellulaires selon la typologie des vaches avant tarissement. *Figure 1*

Le tarissement est d'autant plus améliorateur (log cellules) que la situation cellulaire avant tarissement est dégradée.
Parmi les vaches répondant aux critères cellulaires IDELE, **les vaches avec 3 contrôles <100 000 cell/ml avant tarissement (typologie 1) ont un indice de nouvelles contaminations significativement meilleur.** L'analyse de Saillard et al. 2018 (51 élevages avec traitement sélectif) témoignait aussi de cela.

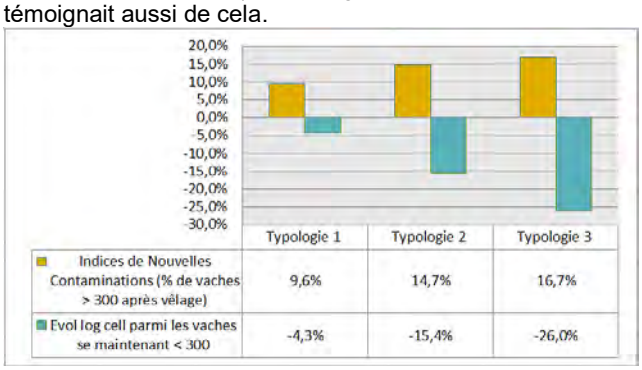


Figure 1 : Evolutions leucocytaires avant/après tarissement en fonction des typologies de vaches

L'utilisation ou non d'un antibiotique au tarissement n'est pas connu dans cette base de données ; néanmoins il est probable que les vaches les plus saines aient reçu au mieux moins de traitements ; ceci ne contredit donc pas les résultats, et renforcerait les conclusions de cette analyse.

2.2.3. Analyse des facteurs de risque

L'analyse statistique de la dégradation du niveau cellulaire effectuée séparément pour chaque typologie 1-2-3, fait ressortir les facteurs de risque significatifs, communs, suivants : **facteurs à l'échelle de l'élevage reflétant un risque infectieux** (% vaches >300 000 cell/ml élevé avant tarissement, % de nouvelles contaminations élevé), **facteurs liés aux caractéristiques propres de la vache non modifiables à court terme** (rang de lactation élevé, index «cellules» bas, production individuelle > 9 000 kg) et **facteurs sur lesquels l'éleveur peut avoir une action dans la conduite de son tarissement** (durée <40 jours ; saison : été moins à risque).
Néanmoins, il n'est pas possible **de dégager un modèle prédictif statistiquement fiable sur l'évolution cellulaire après vêlage**, lié à l'impact d'autres facteurs, probablement individuels, ici non connus.

CONCLUSION

Sur cette base de données bretonne, **près de 50% des vaches sont éligibles** à la pratique d'un tarissement sans antibiotique à partir des critères IDELE.
Parmi celles-ci, les **vaches avec 3 contrôles <100 000 cell/ml avant tarissement** présentent significativement moins de nouvelles contaminations. Elles peuvent ainsi constituer des candidates préférentielles pour sécuriser l'éleveur. La pratique du tarissement sans antibiotique peut être mise en avant avec plus de sécurité dans les **élevages où la situation en santé mammaire est déjà saine.**

Roussel P., Ballot N., 2014. Renc. Rech. Rum. (21) 309-312
Roussel P., Seegers H., Bareille N., 2009. Plaquette IDELE-INRA
Manciaux L., Saillard Y., 2016. congrès IDF Mastitis, Nantes
Saillard Y., Lichou J., Manciaux L., 2018. Renc. Rech. Rum. (24) 481

Prévalence et facteurs de risque des mammites subcliniques des vaches laitières dans la région de Chlef, Algérie

Prevalence and risk factors of subclinical mastitis of dairy cows in the region of Chlef, Algeria

BEKARA M.E.A. (1), DJEBBAR A. (1), SEBAIHIA M. (1)
(1) Laboratoire de Biologie Moléculaire, Génomique et Bioinformatique, Université Hassiba Benbouali, Chlef 02000, Algérie

INTRODUCTION

Les mammites subcliniques sont des infections qui circulent à bas bruit dans les élevages laitiers. Cependant, elles ont un impact négatif qui pourrait être très important sur la production laitière et sur le bilan économique des exploitations (Romero *et al*., 2018). L'objectif de cette étude était de déterminer la prévalence des mammites subcliniques, ainsi que les facteurs de risque associés, dans les élevages de bovins laitiers de la région de Chlef.

1. MATERIEL ET METHODES

Dans ce travail, une enquête transversale a été réalisée au cours du premier semestre de l'année 2021. Au total, 110 vaches en lactation qui ne présentaient aucun signe clinique d'une mammite ont été sélectionnées aléatoirement à partir de 21 élevages de bovins laitiers dans la région de Chlef, située à 200 km de l'ouest de la capitale Alger.
Les données sur les pratiques et l'environnement d'élevage (taille d'élevage, tarissement, système d'élevage, antécédents des mammites et présence de litière) ainsi que sur les caractéristiques des vaches (race, rang de lactation, niveau de production laitière et score d'hygiène de la mamelle de Ruegg (2003)) ont été récoltées à l'aide d'un questionnaire. Le test CMT a été utilisé pour dépister la présence d'une mammite subclinique. Nous avons considéré une vache comme étant «positive» si elle avait au moins un quartier positif (un score de CMT supérieur ou égale à 1).
L'analyse statistique des facteurs de risque des mammites subcliniques a été réalisée à l'aide d'un modèle de régression logistique multivariée. La sélection des variables dans le modèle final a été effectuée en utilisant la procédure de sélection pas à pas ascendante et le Critère d'Information d'Akaike (AIC).

2. RESULTATS

2.1. PREVALENCE ANIMALE DES MAMMITES SUBCLINIQUES

Dans cette étude, la prévalence estimée des mammites subcliniques des vaches laitières dans la région de Chlef est 49,1% (Intervalle de confiance à 95% [IC à 95%] : 39,7% - 58,4%).

2.2. FACTEURS DE RISQUE DES MAMMITES SUBCLINIQUES

Le tableau 1 présente les résultats du modèle final de régression logistique. Nous observons que les vaches avec un score d'hygiène des mamelles supérieur à 2 « mamelles trop sales » ont un risque d'avoir des mammites subcliniques significativement plus élevé par rapport aux vaches avec un score d'hygiène 1 « mamelle moins sales » (OR = 22,8 ; IC à 95% : 5,7 – 46,9 ; *P-value* < 0,001). Au niveau de l'impact des pratiques d'élevage, les résultats de notre enquête ont montré que les troupeaux avec des antécédents des mammites, au moins un cas de mammite clinique au cours de la dernière campagne laitière, ont plus de risque d'avoir un nouvel épisode de mammites subcliniques par rapport aux élevages sans antécédents (OR = 3,32 ; IC à 95% : 1,01 – 11,6 ; *P-value* = 0,006). De même, l'absence d'une litière propre augmente significativement le risque des mammites subcliniques dans l'élevage (OR = 3,92 ; IC à 95% : 1,02 – 20,11 ; *P-value* = 0,03).

Variable	Classes	Odds Ratio (OR)	Intervalle de confiance à 95%
Score d'hygiène de la mamelle	1	Référence	-
	2	0,85	0,03 – 9,1
	3 et 4	22,8	5,7 – 46,9
Antécédents des mammites	Non	Référence	-
	Oui	3,32	1,01 – 11,6
Présence de litière	Oui	Référence	-
	Non	3,92	1,02 – 20,11

Tableau 1 OR et intervalle de confiance à 95% du modèle final de régression logistique

3. DISCUSSION

L'originalité de la présente étude consiste dans l'estimation pour la première fois de la prévalence, ainsi que des facteurs de risque, des mammites subcliniques dans les élevages laitiers de la région de Chlef. Cependant, nous constatons que cette prévalence était plus élevée par rapport à celle qui a été estimée (25%) par Saidi *et al* (2010) pour la région Centre de l'Algérie. Cette variabilité inter-régionale de la prévalence pourrait être attribuée, en partie, à la subjectivité de la lecture des résultats du test de CMT.
En matière de l'impact de l'hygiène de la mamelle et de la litière sur les mammites, nous observons que nos résultats sont en concordances avec l'étude de Schreiner et Ruegg, (2003) qui a rapporté que les animaux avec des mamelles sales ont 1,5 fois plus de risque d'avoir des mammites par rapport aux vaches avec des mamelles moins sales. En effet, la mauvaise hygiène de la mamelle et l'absence d'une litière propre sont des indicateurs sur les mauvaises conditions environnementales de l'élevage qui constituent les principales sources d'exposition aux agents pathogènes responsables des mammites environnementales (Schreiner et Ruegg, 2003).
De même, l'impact significatif des antécédents des mammites dans l'élevage, que nous l'avons estimé par le modèle de régression logistique, est en concordance avec l'étude de Bareille *et al* (2003) qui a montré que les vaches appartenant aux troupeaux avec des antécédents élevés des mammites ont plus de risque d'avoir des mammites par rapport aux vaches qui sont élevées dans des exploitations avec des antécédents plus ou moins faibles (OR = 2,15 ; IC à 95% : 1,60 – 2,88).

CONCLUSION

Les résultats de notre étude suggèrent que les pratiques d'élevage et l'hygiène de l'environnement des vaches sont les principales causes des cas de mammites dans la région de Chlef. Par conséquent, une sensibilisation des éleveurs sur les bonnes pratiques d'élevage permettrait de réduire la prévalence des mammites subcliniques dans cette région.

Bareille, N., Djabri, B., Beaudeau, F., Seegers, H. 2003. Renc. Rech. Rum., 10, 285-288
Romero, J., Benavides, E., Meza, C. 2018. Front. Vet. Sci., 5,1-11
Ruegg, P.L. 2003. J. Dairy. Sci., 86 (E. Suppl.): 1–9
Saidi, R., Khelef, D., Kaidi, R. 2010. REMVET., 63, 57-61
Schreiner, D.A., Ruegg, P.L. 2003. J. Dairy. Res., 86, 3460-3465

Evaluation terrain des modèles multiparamétriques prédictifs de l'ARSA chez la vache laitière

On farm evaluation of multi-parametric models to predict SARA in dairy cow

COPPA M. (1), VILLOT C. (2, 3), MARTIN C. (3), SILBERBERG M. (3).
(1) Chercheur Independent, Univ. Clermont Auvergne-Rhône-Alpes, INRAE, VetAgro Sup, UMR 1213 Herbivores, F-63122 S.Genès Champanelle, Fr.
(2) Lallemand SAS, F-31702 Blagnac, France.
(3) Univ. Clermont Auvergne-Rhône-Alpes, INRAE, VetAgro Sup, UMR 1213 Herbivores, F-63122 S. Genès Champanelle, Fr.

INTRODUCTION

L'acidose ruminale subaiguë (ARSA) est une des pathologies les plus répandues dans les élevages laitiers à forte production. Il n'existe pas de signe clinique évident pour sa détection, donc des modèles de prédiction basés sur des indicateurs périphériques au rumen et non invasifs ont été développés en station de recherches expérimentale (Villot *et al.*, 2020). L'objectif de la présente recherche était d'éprouver sur le terrain ces modèles multiparamétriques pour détecter l'ARSA chez la vache laitière.

1. MATERIELS ET METHODES

Quinze fermes commerciales laitières avec des pratiques plus ou moins à risque d'observer des animaux en ARSA ont été sélectionnées à priori. Dans chaque ferme, 4 vaches primipares de race Holstein en début de lactation (135±7 jours ; 27,5±2,3 kg/j de lait) ont été sélectionnées en fonction du rapport TB/TP (range : 1,15±0,25) comme étant plus ou moins à risque d'acidose. La cinétique du pH normalisé (NpH) a été analysée grâce à la l'introduction de bolus ruminaux (eCow, Exeter, UK) sur une période de 7 jours dès la mise en place du bolus et les indicateurs de pH relatif (NpH ; Villot *et al.,* 2018) ont été utilisés pour classer les vaches en ARSA ou en non-ARSA (temps NpH<-0,3 : 96±129.5 min; range NpH : 0,59±0,195; NpH écart type :0,18±0,072). En parallèle, des échantillons de lait, de sang, de fèces et d'urine ont été prélevés pour l'analyse de tous les indicateurs inclus dans les modèles développés par Villot *et al. (*2020). Dans un 1er temps, une validation externe de ces modèles a été réalisée sur les données terrain. Dans un second temps, l'ensemble des données issues des animaux ont été utilisées pour construire de nouveaux modèles (avec les mêmes indicateurs, et le même nombre de variables) par analyse discriminante linéaire en incluant une validation croisée « leave-one-out ».

2. RESULTATS

2.1. VALIDATION EXTERNE SUR DONNEES TERRAIN

Lors de la validation externe en condition terrain, les sensibilités (taux de vrais positifs) et spécificités (taux de vrais négatifs) des modèles précédemment développés étaient largement inférieures (< 50 % pour la plupart des modèles) (Tableau 1) à celles annoncées par Villot *et al*. (2020).

2.1. RECONSTRUCTIONS DE NOUVEAUX MODELES PLUS PERTINENTS

Les sensibilités des nouveaux modèles (Tableau 1) étaient inférieures à celles des modèles de Villot *et al*. (2020), mais supérieures à celles de leur validation externe. Le modèle incluant le cholestérol sanguin et les acides gras n-6 du lait avait les performances les plus élevées (70, 90), tandis que le modèle basé sur la taille des particules des fèces et le pH des urines avaient les performances les plus faibles (66, 53).

3. DISCUSSION

Les faibles performances obtenues lors de la validation externe en condition terrain des modèles développés par Villot *et al* (2020) pourraient être dues à une faible homogénéité entre les données terrain par rapport à et celles acquises en station expérimentale et utilisées pour la construction des modèles. L'inclusion des données terrain pour recalibrer les modèles a permis d'homogénéiser les données, et de confirmer la fiabilité des indicateurs périphériques identifiés par Villot et al (2020) pour la détection de l'ARSA en ferme.

CONCLUSION

Les modèles multiparamétriques basés sur des indicateurs non invasifs et périphériques au rumen pour détecter l'ARSA chez les vaches laitières semblent prometteurs pour une détection sur le terrain.

Nous remercions les société Lallemand, Terrena et Valorex pour avoir mis à disposition les fermes commerciales.

Villot C Meunier B., Bodin J., Martin C., Silberberg M. 2018. Animal, 12, 481-490
Villot C., Martin C., Bodin J., Durand D., Graulet B., Ferlay A., Mialon M.M., Trevisi E., Silberberg M., 2020. Animal 14, 388-398

Variables du modèle						Validation externe sur données terrain		Données terrain + situation contrôlée, Validation croisée	
Matrice	Var 1	Matrice	Var 2	Matrice	Var 3	Sensibilité	Spécificité	Sensibilité	Spécificité
Sang	Cholestérol	Lait	n-6 AG			29	92	70	90
Sang	HCO_3	Lait	Urée,			52	74	73	78
Sang	HCO_3	Lait	TB/TP			62	56	70	80
Sang	BOH	Lait	Urée			15	100	77	63
Sang	BOH	Sang	Glucose	Urine	pH	5	100	66	53
Lait	Urée	Urine	pH			43	71	74	80
Comportement	Buvées	Fèces	pH	Lait	Urée	100	0	72	72
Comportement	Buvées	Fèces	pH	Lait	AGS	10	100	60	62
Fèces	pH	Sang	BOH			10	100	66	71
Fèces	pH	Lait	Urée			27	84	74	78
Lait	C18:1 tr10/tr11	Fèces	pH			41	84	63	89
Lait	TB/TP	Fèces	pH			50	80	63	89
Fèces	Tamis, 5+2mm	Urine	pH			75	18	63	57

Tableau 1. Performances des modèles de Villot et al. (2020) en validation externe sur des données terrain et des nouveaux modèles discriminant construits avec l'ensemble des données : terrain + expérimentation en situation contrôlée ; HCO3 : bicarbonate, BOH, β-hydroxybutyrate ; AGS : acides gras saturées.

Itinéraires de soins de troupeaux laitiers du Grand Ouest : quelles articulations entre organisation du collectif de travail et pratiques de gestion intégrée de la santé animale ? *Itineraries of care for dairy herds in the Grand Ouest region: what links between the organization of the work group and integrated animal health management practices.*

GOTTI V. (1) (2) ; MANOLI C. (1) ; DEDIEU B. (2)

(1) URSE, Ecole Supérieure d'Agricultures, Université de Bretagne-Loire, 55 rue Rabelais, F-49007 Angers, France.

(2) UMR SELMET, INRAE, Institut Agro, Montpellier, France

INTRODUCTION

Un des leviers pour accompagner les systèmes d'élevage dans la transition agroécologique est la gestion intégrée de la santé animale : moins d'intrants médicamenteux, plus d'approche préventive de la santé en intégrant des changements de conduite d'élevage permettant de réduire l'occurrence de troubles de la santé. En élevage laitier, cette transition s'inscrit dans un autre mouvement d'agrandissement des troupeaux et de diversification du collectif de travail (associés de GAEC, exploitants avec salariés, exploitant seul permanent…) (Hostiou et al., 2021). Les impératifs de changement des pratiques de santé ont ainsi des répercussions sur le fonctionnement de ce collectif, depuis la conception commune de la place de la prévention dans la gestion de la santé et la définition des protocoles sanitaires à mettre en place, jusqu'à la circulation de l'information entre les personnes, et la répartition de la mise en œuvre des soins dans le temps, étudiés à travers le prisme du travail (Dedieu et al., 2010). Notre objectif est de comprendre comment s'articulent, dans les exploitations laitières, la répartition de tâches, connaissances et compétences de chacun des travailleurs.

1. MATERIEL ET METHODE

Nous proposons de synthétiser l'information recueillie via la notion d'itinéraire de soin, laquelle inclut la chaîne de prise de décision adapté des travaux d'ergonomie de l'activités (Chabaud & Dumazeau, 2009). Les itinéraires de soin ont été construits après entretiens avec les travailleurs de l'exploitation laitière. Ces entretiens semi-directifs ont été effectués dans dix élevages choisis pour la diversité de ces derniers sur des critères de composition du collectif, de taille du troupeau, de recours à la robotisation ou non, d'utilisation du pâturage ou non. Les entretiens ont été faits avec chacune des personnes travaillant sur l'atelier laitier soit 22 travailleurs et travailleuses sur la période mars-juin 2021. L'entretien avait pour objectif de (i) comprendre le rôle de chacun dans l'atelier, (ii) comprendre qui a les compétences soin, (iii) qui prend la décision d'intervenir ou de faire intervenir une tierce personne. Les entretiens autour des problèmes sanitaires ont été ciblées sur deux cortèges de maladies identifiées comme des préoccupations majeures de nos éleveurs enquêtés.

2. RESULTATS

L'itinéraire de soin est articulé par la chaîne décrite dans la figure 1. S'il y a échec de ce premier protocole (soin en première intention) alors la chaîne continuera sur un 2nd itinéraire. Les personnes « ressources », avec les compétences et formations à la santé, ne sont pas automatiquement celles qui interviennent sur les animaux. Le rôle des robots et capteurs en élevage apparaît dans l'aide à l'observation, à la détection des problèmes sanitaires voire au diagnostic, mais le travailleur en capacité de lire ces informations ne néglige pas son propre « œil de l'éleveur »

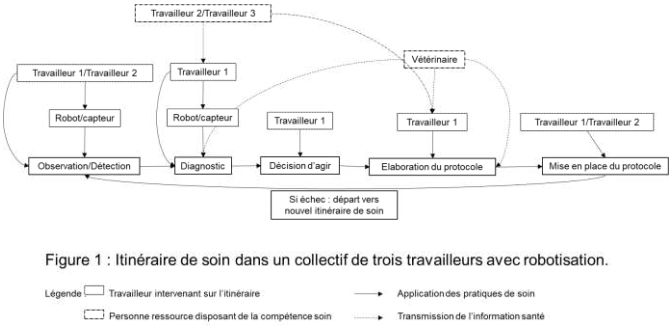


Figure 1 : Itinéraire de soin dans un collectif de trois travailleurs avec robotisation.

pour observer directement ses animaux. Enfin, le rôle du vétérinaire est ici représenté à deux endroits de cette chaîne : l'aide au diagnostic (souvent via appel téléphonique) ou à l'élaboration du protocole de soin à mettre en place. Pour cette partie, il ne peut être appelé que lors du soin en seconde attention, une chaîne complète se sera donc déroulée avant son intervention. Cet itinéraire de soin est également modulable en fonction des compétences et du niveau de formation de chacun, et du recours au service de remplacement.

3. DISCUSSION ET CONCLUSION

Ce travail permet de pousser notre compréhension des interactions entre organisation des travailleurs et gestion sanitaire des animaux en élevage laitier. Le fait d'enquêter dix exploitations n'a pas pour but d'être exhaustif mais cela nous permet de comprendre, dans dix systèmes aux collectifs de travail très différents, comment les pratiques sanitaires sont appliquées dans un système d'élevage laitier. Nous avons ici travaillé avec deux cortèges de maladies. Ces itinéraires de soin sont donc liés à ces cortèges de maladies et ne peuvent être repris pour d'autres types de maladies. Nous avons également amélioré nos connaissances sur la prise de décision, le recours aux personnes ressources et la répartition des tâches dans les pratiques liées au soin des animaux laitiers. La prise en compte du niveau de compétences, le statut des travailleurs de l'exploitation (salariés, apprentis, associés, composition ou non) et le recours au service de remplacement ouvrent également des axes d'analyse sur la transmission et la mémoire de l'information sanitaire dans le collectif. Ces axes seront étudiés dans la suite de ce projet de thèse.

Nous remercions les éleveurs ayant participés aux enquêtes. Le travail présenté fait partie d'un projet de thèse financé par l'Ecole Supérieure d'Agricultures (ESA) d'Angers, le département ACT de l'INRAE et le financement de l'innovation du Conseil régional des Pays de la Loire.

Chabaud, C., Dumazeau, C. 2009. SELF, 44, 3-27
Dedieu, B., Cournut, S., Madelrieux, S. 2010. Cah. Agric., 19, 312-315
Gotti, V., Manoli, C., Dedieu, B. 2021. EAAP, 72, 466
Hostiou, N., Chauvat, S., Cournut, S. 2015. (EDP Sciences), 125-143

Quels liens font les éleveurs entre la santé animale et les prairies ?

What links do farmers make between animal health and grasslands?

DI BLASI A. (1,2), MICHAUD A. (2), PLANTUREUX S., (3), PETIT, T.(4) ; COUVREUR, S.(4), MANOLI C. (4)
(1) University of Padova, Department DAFNAE, Legnaro, Padova, Italy.
(2) Université Clermont Auvergne, INRAE, VetAgro Sup, UMR 1213 Herbivores, 63122 Saint-Genès-Champanelle, France.
(3) ENSAIA, 2 av de la forêt de Haye, F-54500 Vandoeuvre, France
(4) URSE, Ecole Supérieure d'Agricultures, Université de Bretagne-Loire, 55 rue Rabelais, F-49007 Angers, France

INTRODUCTION

Parmi les nombreux services rendus par les prairies, leur rôle dans la santé des animaux est encore très mal évalué. Pour certaines espèces végétales présentes spontanément dans les prairies semi-naturelles, ou semées, un potentiel santé est cependant cité dans la littérature : propriétés anti parasitaires (plantes à tanins), anti-oxydantes et anti-inflammatoires (Farruggia et al., 2008). Cependant, les effets sur la santé des troupeaux en situation réelle, ainsi que les usages par les éleveurs, sont encore peu connus. Le projet CASDAR PRAIDIV (2021-2024), qui vise à la caractérisation de la valeur santé des prairies, a mis en œuvre des enquêtes exploratoires pour caractériser ces liens du point de vue des éleveurs. En effet, pour développer le conseil sur le service santé des prairies, connaître les représentations des éleveurs semble important. Les entretiens avaient pour objectif de qualifier les systèmes de production, connaitre les pratiques et perceptions des éleveurs concernant les prairies, la santé animale. Nous présentons ici les résultats concernant la perception qu'ont les éleveurs de la santé animale, et le lien qu'ils établissent avec leurs prairies.

1.MATERIELS ET METHODE

Des enquêtes en ferme ont été réalisées dans trois zones (Grand Ouest, Franche-Comté, Auvergne Rhône Alpes) auprès d'éleveurs de 103 élevages de Ruminants (bovins, ovins et caprins). Les éleveurs ont été identifiés via des réseaux d'éleveurs, en ciblant des élevages avec une part importante de prairies dans la SAU et qui s'intéressent au lien entre la santé des animaux et les prairies. Une diversité de systèmes fourragers a été recherchée car l'objectif était de recenser une diversité des usages/ rôles des prairies pour la santé. Les enquêtes ont été menées en 2021-22 par 3 groupes d'étudiants ingénieurs de 3 écoles d'agronomie sur la base d'un questionnaire commun. Les entretiens étaient basés sur des questions fermées et ouvertes. Les données qualitatives ont été analysées en regroupant les informations sous formes de mots clés et en classant les fermes selon les mots clés identifiés pour chaque variable. Trois questions ont été analysées pour savoir si les agriculteurs font un lien entre les prairies et la santé animale (quel est, selon eux, le lien théorique entre les prairies et la santé animale, quel est le lien dans la pratique et comment ils décrivent ce lien).

2.RESULTATS

2.1 QU'EST-CE QU'UN ANIMAL EN BONNE SANTE POUR LES ELEVEURS ?

Pour les éleveurs, la santé de leurs animaux peut se définir selon 8 catégories : état général normal (activités normales de l'animal, c'est à dire, qui marche bien, se couche normalement, exerce son comportement naturel et sans maladie), animal autonome (« on n'a pas besoin de s'en préoccuper » ou « on ne le voit pas »), animal productif (peut se reproduire et être productif), longévité, comportement vif (vif, heureux), bel animal (poil brillant, joli poil, bon état corporel), comportement alimentaire normal (« qui mange bien », « bonne rumination », « présence d'appétit »), et vision globale (« c'est un tout »). Pour les éleveurs un animal en bonne santé se caractérise essentiellement par un animal avec un état général normal (55 éleveurs) et un bel animal (44 éleveurs). Mais globalement les éleveurs citent plusieurs catégories pour décrire la santé d'un animal. Si 26 éleveurs décrivent la santé d'un animal via une seule catégorie dont 8 citent « un état général normal », 44 d'entre eux mobilisent deux catégories (la catégorie majoritaire étant État général normal et Animal productif (10 éleveurs)) et 22 éleveurs trois catégories (la catégorie majoritaire étant comportement alimentaire normal, bel animal et état général normal). 10 éleveurs combinent 4 catégories pour décrire la santé d'un animal (pour 5 d'entre eux la catégorie est conditions générales normales, comportement alimentaire normal, animaux beaux et productifs).

2.2 EST-CE QUE LES ELEVEURS FONT UN LIEN ENTRE LA SANTE DE LEURS ANIMAUX ET LEUR PRAIRIES ?

4 catégories d'agriculteurs ont pu être identifiées : ceux qui font un lien fort entre les prairies et la santé animale (54 éleveurs), ceux qui peuvent expliquer le lien en théorie et noter un lien en pratique mais ne peuvent pas le décrire et ont donc été identifiés comme établissant un lien moyen (11 éleveurs) et ceux qui pourraient expliquer le lien en théorie mais ne reconnaissent pas de lien dans la pratique et ont donc été identifiés comme établissant un lien faible (22 éleveurs). En revanche, 13 éleveurs n'ont pas identifié de lien. Parmi les éleveurs qui établissent un lien fort, seuls 4 d'entre eux ont utilisé 4 des catégories identifiées précédemment pour décrire un animal en bonne santé (résultat 2.1), tandis que la majorité d'entre eux (26) n'ont utilisé que 2 catégories, la combinaison la plus courante (7 agriculteurs) étant celle d'un animal productif et d'un état général normal.

3. DISCUSSION ET CONCLUSION

L'échantillon de 103 élevages enquêtés, même s'il ne prétend pas à représenter statistiquement les élevages des régions concernées, présente une diversité des situations (taille d'exploitation, formations des éleveurs …) suffisante pour capter une bonne diversité des perceptions. Les enquêtes ont montré que la question des liens entre prairies et santé animale, même si elle est récente et encore marginale, intéresse fortement la plupart des éleveurs qui sont en demande de références en la matière. Il apparait que la manière dont les éleveurs perçoivent la « bonne santé » d'un animal varie fortement selon les éleveurs. Cependant, une majorité des éleveurs interrogés s'accorde à faire un lien entre la prairie et la santé animale. Ce lien n'est parfois pas expliqué, parfois attribué à une qualité particulière des prairies, dont sa composition floristique, et parfois lié au rôle alimentaire de de la prairie.

Nous remercions les étudiants des trois écoles ENSAIA, VetAgro Sup et ESA qui ont participé à la collecte des données, mais aussi les éleveurs qui ont participé aux travaux. Ce travail a été financé par le Ministère en charge de l'Agriculture dans le cadre du projet Casdar PRAIDIV.

Farruggia et al., 2008. INRAE Prod.. Anim., 21, 181-200.

La dermatite digitale chez les jeunes bovins à l'engraissement
Digital dermatitis in fattening units

DUVAUCHELLE WACHE A. (1), PETITPREZ M. (2), DOD IOAN E. (3), POLLENNE M. (4), DELACROIX M. (5), GUIBIER C. (6)
(1) Institut de l'Elevage, 42 rue Georges Morel, CS 60057, 49071 Beaucouzé Cedex
(2) Groupement de Défense Sanitaire Picardie, Site de l'Aisne, CS 10685, 02007 Barenton-Bugny Cedex
(3) Pédicure bovin, Clinique Vétérinaire Eurolia, 54 route de St Quentin, 80400 Ham
(4) Vétérinaire, 19 route du Viaduc 14570 Le Vey
(5) Vétérinaire Formateur parage, MDformation 42130 Marcoux
(6) Chambre d'agriculture de l'Aisne, 1 rue René Blondelle, 02007 LAON Cedex

INTRODUCTION

La dermatite digitale (DD) est une lésion podale ulcérative des bovins principalement causée par des Tréponèmes et favorisée par plusieurs facteurs (Evans *et al*., 2016). Très répandue en élevages bovins laitiers (≈35% des vaches atteintes en France (Decers, 2019)), elle est de plus en plus fréquemment rapportée en filière allaitante (Pollenne, 2020 ; Relun, 2017) dans laquelle elle reste méconnue. En 2018, une quinzaine d'éleveurs engraisseurs de jeunes bovins (JB) allaitants de l'Aisne ont signalé une importante augmentation du nombre d'animaux sévèrement boiteux. Suite à la découverte de lésions de DD dans l'un de ces élevages, la Chambre d'Agriculture de l'Aisne a mis en place un projet multi-partenarial co-financé par l'Europe et la région Hauts-de-France dont le 1e objectif est de décrire la maladie et d'émettre des hypothèses sur les facteurs de risque favorisant son développement en ateliers d'engraissement de JB allaitants.

1. MATERIEL ET METHODES

L'objectif était d'inclure 4 ateliers à priori sains et 4 à priori atteints, selon l'historique connu de l'élevage sur l'année précédente. Dans chaque élevage, 1 à 3 lots de 11 à 27 JB ont été suivis, dans lesquels les 4 pieds des JB ont été observés par un pareur professionnel en début, au milieu et à la fin de l'engraissement. L'ensemble des lésions podales visibles sans parage ont été enregistrées et les lésions de DD ont été décrites. Lorsqu'aucun cas n'était identifié dans les lots suivis, la présence éventuelle d'animaux boiteux dans d'autres cases était vérifiée, et, le cas échéant, les pieds étaient observés. Lors de chaque visite, la température de la litière a été relevée dans les cases suivies et des données sur les conditions et pratiques d'élevages ont été récoltées via des questionnaires remplis avec les éleveurs. Des analyses statistiques descriptives, une analyse des correspondances multiples (ACM) et une classification ascendante hiérarchique (CAH) ont ensuite été effectuées.

2. RESULTATS

2.1. DES PREVALENCES INTRA-LOTS TRES VARIEES

Sur les 8 élevages inclus, 7 hébergeaient des animaux atteints par la DD (pour un élevage, l'animal atteint a été diagnostiqué dans un lot non suivi). Un total de 14 lots a été inclus dont 9 hébergeaient des animaux atteints. A la 1e visite, 271 animaux ont été observés, dont 47 ont été perdus de vue au cours du suivi (ex : abattage précoce). Au cours de l'engraissement, une différence importante de prévalence de DD intra-lot entre les élevages et les lots a été observée (cf figure 1).

2.2. LES HYPOTHESES DE FACTEURS DE RISQUE

L'ACM et la CAH à l'échelle du lot ont permis de dégager des groupes typologiques caractérisant les lots atteints et sains. Ainsi, le groupe contenant les lots sains était caractérisé par le fait que (i) les animaux étaient mis sur une litière propre, changeait au préalable, (ii) la densité des animaux âgés de plus de 12 mois était respectée (GIE, 2009), (iii) la température de la litière était inférieure à 40°C, (iv) le nombre de naisseurs composant les lots était inférieur ou égal à 5. D'autres facteurs à risque ne sont pas ressortis mais nécessitent d'être pris en compte pour prévenir la diffusion de la maladie : ex : la présence de l'infirmerie dans le bâtiment d'engraissement, le raclage d'aires d'exercice qui communiquent entre les cases, l'humidité dans les cases...

2.3. DESCRIPTION DES LESIONS

Au total, 257 lésions de DD ont été décrites dont 49% étaient situées sur les antérieurs. La face dorsale était la localisation privilégiée (41%), puis l'espace interdigital (23%) ou la face plantaire (21%). Les ergots étaient atteints dans 11% des cas. En considérant uniquement les lésions localisées en face dorsale ou plantaire (N=159) : les lésions sur les antérieurs étaient significativement plus souvent situées sur la face dorsale par rapport aux postérieurs (Khi², p<0,05).

3. DISCUSSION ET CONCLUSION

Alors que le panaris est à ce jour quasiment la seule lésion podale suspectée lorsque les JB boitent (Pollenne, 2020), ces résultats confirment que la dermatite digitale est également une lésion présente dans les ateliers d'engraissement, parfois dans des proportions très importantes. La meilleure façon de l'identifier et de la prendre en charge est de lever les pieds des animaux, pratique rarement utilisée dans la filière. Il est également indispensable de prévenir sa diffusion via la maîtrise des facteurs de risque. Plusieurs de ceux identifiés dans l'étude sont en accord avec d'autres études (Relun et *al.*, 2017 ; Cortes *et al.*, 2021) mais ils nécessitent d'être confirmés et complétés par des recherches effectuées dans un plus grand nombre et une plus grande diversité d'élevages. En complément, des moyens de maîtrise via l'utilisation d'un pédiluve et/ou d'un traitement de la litière sont envisageables et à tester. Il est dorénavant indispensable de sensibiliser la filière sur la présence de la DD en ateliers d'engraissement de JB et de trouver des moyens de lutte adaptés.

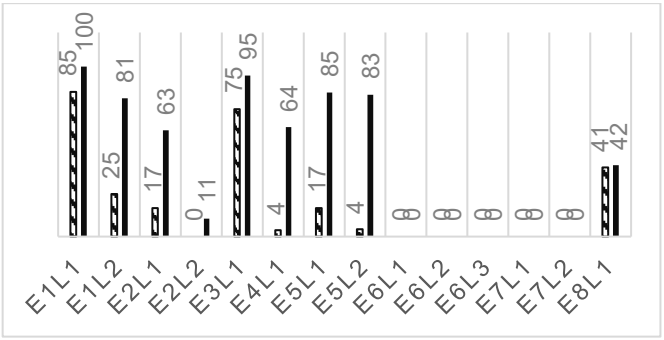


Figure 1: Prévalence DD intra lot (%) : E1-8 =élevages, L1-3 = lots. Hachuré = mi engraissement; noir = fin d'engraissement.

Cortes J.A., *et al*., 2021. Transl. Anim. Sci. 5, 1–9.
Decers, T., 2019. In Proceeding of Journée technique sur les boiteries des bovins, Paris, France, 13–14.
Evans, N.J., *et al*., 2016. Vet. J. 211, 3–13.
GIE élevage et Chambre d'Agriculture des Pays de La Loire, 2009. Bâtiments pour JB en Pays de La Loire. 4.
Pollenne, M., 2020. Thèse vétérinaire – Oniris.
Relun, A. *et al*., 2017. In Proceeding of the 19th International Symposium and 11th Conference Lameness in Ruminants, Munich, Germany, 159-160.

Utilisation d'huile essentielle de lavande vraie en début d'engraissement des jeunes bovins : quel impact sur le comportement, la fréquence et la gravité des troubles respiratoires ?

The use of real lavender essential oil at the beginning of the young bulls fattening period: what impacts on behavior, respiratory diseases incidence and severity?

VANBERGUE E. (1)*, GUIADEUR M. (1)*, MOUNAIX B. (1), MASSELIN-SILVIN S. (1), NOPPE J. (1), JOUET L. (2), MERLE L.A. (3) GUEDON S. (4), ASSIE S. (5)
(1) Institut de l'élevage, 149 rue de Bercy, 75012 Paris
(2) SNGTV, 5 rue Mouffle, 75011 Paris
(3) Ferme expérimentale des Etablières, 85000 La Roche sur Yon
(4) TERRENA BOVINS – La Blanchardière – Mésanger – BP 20199 – 44155 ANCENIS CEDEX
(5) INRAE UMR BioEpAR, ONIRIS, Site Chantrerie, 44307 NANTES Cedex

INTRODUCTION

Les troubles respiratoires (**TR**) des jeunes bovins (**JB**) sont la cause principale de l'utilisation des antibiotiques en ateliers d'engraissement spécialisés (Assie et al., 2009). Ils touchent en moyenne entre 20 à 30% des JB et sont observés dans le mois qui suit leur arrivée. Ils sont en partie la conséquence de la baisse d'efficacité du système immunitaire due à l'ensemble des stress rencontrés lors de la transition naisseur/engraisseur (Timsit et al., 2011). Dans un contexte de raisonnement de l'utilisation des antibiotiques, de *One Health*, *One Welfare* et de bonne gestion des ressources, l'utilisation d'huile essentielle de lavande vraie (**HEL)** au regard de ses propriétés anxiolytiques, pourrait présenter un intérêt pour accompagner la transition naisseur/engraisseur (Poutaraud et al., 2017) et atténuer les réactions consécutives à la perception des évènements stressants. L'objectif de l'étude présentée est d'évaluer l'intérêt de l'utilisation d'HEL pour réduire le stress ressenti par les JB, l'incidence et la gravité des TR et améliorer les performances des élevages.

1. MATERIEL ET METHODES

Un essai a été mis en place dans 4 ateliers d'engraissement, dont la ferme expérimentale des Etablières, de manière à comparer des cases de JB exposés à l'HEL (**HE**) à des cases de JB non exposés (**TEM**). Les cases HE et TEM étaient homogènes sur les critères de poids moyen, âge, nombre d'élevages de provenance et distances moyennes parcourues avant la mise en lot. L'HEL a été administrée aux JB par voie percutanée au centre de tri puis par voie respiratoire, pendant la semaine suivant leur arrivée en atelier d'engraissement, via une corde naturelle imbibée, accessible aux JB, enroulée au-dessus de la table d'alimentation. Deux cent vingt-deux JB de race Charolaise ont ainsi été suivis jusqu'à l'abattage. Des observations comportementales et des observations individuelles de signes cliniques en lien avec les TR ont été réalisées. Les traitements médicamenteux ont été enregistrés. Les performances zootechniques ont été évaluées par pesées à J0, J30 et à l'abattage. Les données ont été analysées par des modèles linéaires mixtes.

2. RESULTATS

2.1. PAS D'EFFET DE L'HEL SUR LE COMPORTEMENT DES JB

Aucune différence des comportements agonistiques, non agonistiques, autocentrés, sexuels, stéréotypiques et vocalisations n'a été mise en évidence entre les deux lots.

2.1. PAS D'EFFET DE L'HEL SUR LES TR

Le pourcentage de JB traités pour des TR avec un traitement antibiotique a varié entre 15 et 60% selon les élevages.
Aucune différence significative entre JB HE et TEM n'a été observée concernant la morbidité, la gravité des TR et le nombre de traitements antibiotiques administrés.

2.3. PAS D'IMPACT DE L'HEL SUR LES PERFORMANCES

2.3.1 Le premier mois d'engraissement

A l'entrée en atelier d'engraissement, les JB pesaient 354 (+/-31) kg pour un âge moyen de 9,1 (+/-1,2) mois. Pendant le premier mois, le GMQ était de 443 (+/-77) g pour les lots TEM et de 638 (+/-79) g pour les lots HE. Aucune de ces différences n'est significative au seuil de risque alpha=5% (Tableau 1).

	Lot TEM	Lot HE	p-value
Poids $_{J0}$, kg	354	354	0,989
Poids $_{J30}$, kg	367	372	0,544
GMQ $_{J30-J0}$, g	443	638	0,102

Tableau 1 : Performances des jeunes bovins le premier mois d'engraissement

2.3.2 Sur l'ensemble de la période d'engraissement

Les JB ont été abattus à 755 (+/- 15) kg. Le GMQ moyen sur la période d'engraissement était de 1500 (+/- 125) g/j pour une durée d'engraissement moyenne de 271 (+/-35) j. Aucune différence n'a été mise en évidence entre les JB HE et les JB TEM.

3. DISCUSSION

Les observations du comportement des JB n'ont pas permis de mettre en évidence de différence entre les lots. Cependant, les opérateurs ont décrit les JB du lot HE plus calmes au moment des manipulations. Ce ressenti mériterait d'être objectivé par des tests comportementaux tels que le test de réactivité à la pesée. Par ailleurs, chez l'humain, l'HEL est indiquée dans le cas de stress chronique ou de stress d'anticipation, et n'est pas préconisée dans les cas de stress aigus tels que ceux vécus par les JB (Bradley et al., 2009). De fait, l'incidence et la gravité des TR n'a pas été différente entre les lots. L'utilisation d'autres HE anxiolytiques combinées avec des HE aux propriétés antiinfectieuses et antiinflammatoires pourrait être étudiée pour réduire le stress aigu et les TR. Enfin, l'HEL a montré un impact non significatif mais important sur le GMQ_{J0-J30} qui mériterait d'être investigué. Les effets de l'HEL étant peu persistants au-delà de la période d'administration, peu d'impact sur le GMQ total était attendu en l'absence d'effet sur les TR.

CONCLUSION

Dans les conditions de notre essai et au regard des indicateurs mesurés, nous pouvons conclure que l'utilisation de l'HEL n'est pas efficace pour réduire le stress des JB au moment de la transition naisseur/engraisseur, ni pour la prévention des maladies respiratoires en début d'engraissement. Plus généralement, force est de constater que les outils utilisés pour réduire l'incidence des TR doivent l'être en cohérence avec d'autres démarches. A cause du caractère multifactoriel des TR bovins, une approche globale de la problématique est recommandée pour une prévention efficace.

Les auteurs remercient les éleveurs ayant participé à l'essai. Cet essai a été financé dans le cadre du plan Ecoantibio 2.

Assié S., Bareille N., 2009. Prev. Vet. Med., 91, 218-225
Bradley B.F.,Brown S.L., 2009. Hum. Psy. Clin. Exp. 24, 319–330.
Poutaraud A., Michelot-Antalik A., 2017. Env. Chem. Let. 1-6.
Timsit E., Assié S., 2011. J anim Sci, 89: 4272-4280

Qualité des produits

La qualité des aliments d'origine animale : enseignements d'une expertise scientifique collective

PRACHE S. (1), ADAMIEC C. (2), ASTRUC T. (3), BAEZA E. (4), BOUILLOT P.E. (5), CLINQUART A. (6), FEIDT C. (7), FOURAT E. (2), GAUTRON J. (4), GIRARD A., (8), GUILLIER L. (9), KESSE-GUYOT E. (10), LEBRET B. (11), LEFEVRE F. (8), LE PERCHEC S. (12), MARTIN B. (1), MIRADE P.S. (3), PIERRE F. (13), RAULET M. (14), REMOND D. (15), SANS P. (16), SOUCHON I. (17), DONNARS C. (14), SANTE-LHOUTELLIER V. (3)

(1) INRAE Université Clermont Auvergne Vetagro Sup, UMR1213 Herbivores, 63122 St-Genès-Champanelle, France
(2) MoISA, Université Montpellier, IRD, CIRAD, CIHEAM-IAMM, INRAE, Institut Agro, Montpellier, France
(3) INRAE, QuaPA, 63122 St-Genès-Champanelle, France
(4) INRAE, Université de Tours, BOA, 37380 Nouzilly, France
(5) Centre de documentation et de recherches européennes (CRDE), Université de Pau et des pays de l'Adour, Campus de la Nive, Bayonne, France
(6) Université de Liège, FARAH, Faculté de Médecine Vétérinaire, 4000 Liège, Belgique
(7) Université Lorraine, Usc340, UR AFPA, INRAE, 2, avenue Foret de Haye, TSA 40602, 54518 Vandoeuvre-les-Nancy, France
(8) INRAE, LPGP, 35000 Rennes, France
(9) Anses, Risk assessment department, 94701 Maisons-Alfort, France
(10) Sorbonne Paris Nord University, Inserm, Inrae, Cnam, Nutritional Epidemiology Research Team (EREN), Epidemiology and Statistics Research Center–University of Paris (CRESS), 93017 Bobigny, France
(11) PEGASE, INRAE, Institut Agro, 35590 St-Gilles, France
(12) INRAE, DIPSO, 35042 Rennes, France
(13) Toxalim, Research Centre in Food Toxicology, Toulouse University, INRAE UMR 1331, ENVT, INP-Purpan, UPS, 31300 Toulouse, France
(14) DEPE, INRAE, 147, rue de l'Université, 75338 Paris Cedex 07, France
(15) Université Clermont Auvergne, INRAE, UNH, 63000 Clermont-Ferrand, France
(16) Université de Toulouse, INRAE, UR PSAE, ENVT, 31076 Toulouse, France
(17) INRAE, Avignon Université, SQPOV, 84000 Avignon, France

RESUME - Cette synthèse dresse un bilan critique de l'état des connaissances sur la qualité des aliments d'origine animale selon les conditions de production de l'animal et de transformation des produits, y compris les attentes et comportements des consommateurs et les effets de la consommation des aliments sur la santé humaine. La qualité a été déclinée selon sept dimensions : sanitaire, commerciale, organoleptique, nutritionnelle, technologique, d'usage et d'image. Cette dernière recouvre les dimensions éthiques, culturelles et environnementales associées à l'origine de l'aliment et à la manière dont il a été élaboré. Ce cadre permet de mettre en évidence les priorités accordées à ces différentes dimensions et d'identifier les antagonismes et synergies potentiels entre elles. Nous faisons un constat de priorité accordée aux dimensions commerciales de la qualité, notamment pour les produits standards. Cette priorité a fortement orienté la sélection génétique des animaux et les pratiques d'élevage dans toutes les filières. Elle a permis des gains quantitatifs considérables, mais souvent au détriment d'autres dimensions de la qualité. Des exemples emblématiques sont le poulet de chair standard, pour lequel la sélection sur la vitesse de croissance et le rendement en filet ont eu des conséquences délétères sur les propriétés organoleptiques, nutritionnelles et d'image, et le devenir des mâles dans la filière poules pondeuses ; et certaines filières laitières, qui ont fortement spécialisé leurs animaux. La qualité peut se construire mais aussi s'altérer tout au long de la chaîne alimentaire. Nous soulignons les facteurs et les périodes critiques, comme les pratiques d'élevage, notamment l'alimentation des animaux, les phases de pré-abattage et d'abattage, les pratiques de transformation et de formulation des aliments. Nous pointons certains facteurs qui créent des antagonismes entre différentes dimensions de la qualité, comme la castration des porcs mâles, la substitution des aliments d'origine marine par des aliments d'origine végétale chez les poissons, et l'utilisation des nitrites dans la transformation de la viande. Les recherches s'orientent vers les possibles compromis entre ces effets positifs et négatifs et/ou vers des solutions pour dépasser ces antagonismes. Il y a aussi des aliments qui valorisent des synergies entre différentes dimensions de la qualité et entre les phases de production et de transformation, notamment les indications géographiques. Les études d'épidémiologie nutritionnelle montrent des associations entre la consommation d'aliments d'origine animale et l'augmentation ou la diminution du risque de maladies chroniques ; elles ont permis de formuler des recommandations en matière de santé publique. Cependant, elles ne prennent pas encore en compte les conditions de production et de transformation, et nous pointons le besoin d'une meilleure connexion entre les communautés scientifiques à l'échelle de l'élevage, de la transformation, de la nutrition humaine et de l'épidémiologie pour combler cette lacune. Les besoins de recherche et les pistes d'action publique sont discutés.

Quality of animal-source foods: lessons from a collective scientific expertise

PRACHE S. (1), ADAMIEC C. (2), ASTRUC T. (3), BAEZA-CAMPONE E.(4), BOUILLOT P.E. (5), CLINQUART A. (6), FEIDT C. (7), FOURAT E. (2), GAUTRON J. (4), GIRARD (8), GUILLIER L. (9), KESSE-GUYOT E. (10), LEBRET B. (11), LEFEVRE F. (8), LE PERCHEC S. (12), MARTIN B. (1), MIRADE P.S. (3), PIERRE F. (13), RAULET M. (14), REMOND D. (15), SANS P. (16), SOUCHON I. (17), SANTE-LHOUTELLIER V. (3)

(1) INRAE Université Clermont Auvergne Vetagro Sup, UMR1213 Herbivores, 63122 St-Genès-Champanelle, France

SUMMARY - This article critically reviews the state of knowledge on the quality of animal-source foods according to animal production and food processing conditions, including consumer expectations-behaviours and the effects of consumption of animal-source foods on human health. Quality has been defined through seven core attributes: safety, commercial, sensory, nutritional, technological, convenience, and image. Image covers ethical, cultural and

environmental dimensions associated with the origin of the food and the way it is produced and processed. This framework enables to highlight the priorities given to the different quality attributes. It also helps to identify potential antagonisms and synergies among quality attributes, between production and processing stages, and among stakeholders. Primacy is essentially given to commercial quality attributes, especially for standard-commodity animal-source foods. This primacy has strongly influenced genetic selection and farming practices in all livestock commodity chains and enabled substantial quantitative gains, although at the expense of other quality traits. Focal issues are the destructuration of chicken muscle that compromises sensory, nutritional and image quality attributes, and the fate of males in the egg and dairy sectors, which have heavily specialized their animals. Quality can be gained but can also be lost throughout the farm-to-fork continuum. Our review highlights critical factors and periods throughout animal production and food processing routes, such as on-farm practices, notably animal feeding, pre-slaughter and slaughter phases, food processing techniques, and food formulation. It also reveals on-farm and processing factors that create antagonisms among quality attributes, such as the castration of male pigs, the substitution of marine-source feed by plant-based feed in fish, and the use of sodium nitrite in meat processing. These antagonisms require scientific data to identify trade-offs among quality attributes and/or solutions to help overcome these tensions. There are also food products that value synergies between quality attributes and between production and processing phases, particularly Geographical Indications. Human epidemiological studies have found associations between consumption of animal-source foods and increased or decreased risk for chronic non-communicable diseases. These associations have informed public health recommendations. However, they have not yet considered animal production and food processing conditions. A concerted and collaborative effort is needed from scientists working in animal science, food process engineering, consumer science, human nutrition and epidemiology in order to address this research gap. Avenues for research and main options for policy action are discussed.

INTRODUCTION

La consommation d'aliments d'origine animale par habitant est élevée en Europe. Elle est questionnée sur le plan de l'environnement, de la santé humaine et de l'éthique, avec des préoccupations sociétales envers le bien-être des animaux (BEA). L'OMS et la FAO recommandent de réduire la part des produits animaux dans l'alimentation humaine. Santé Publique France a également récemment modifié ses recommandations quant à la consommation de viande rouge et de charcuterie et recommandé de rééquilibrer les sources de protéines végétales et animales dans l'alimentation, alors que le régime alimentaire moyen en Europe occidentale contient 65-70 % de protéines animales. Ces questions s'adressent à un secteur où coexistent différents modèles de production/transformation, les conditions d'élevage des animaux et les procédés de transformation des aliments étant très divers, avec des effets majeurs sur la qualité des aliments. Cette synthèse analyse la manière dont la qualité des aliments d'origine animale est construite et modulée par les pratiques d'élevage et les procédés de transformation. Elle résume les principaux enseignements d'une expertise scientifique collective (Prache et al., 2020a), réalisée par INRAE à la demande du ministère de l'Agriculture et l'Alimentation et de FranceAgriMer. Elle considère les différentes dimensions de la qualité d'un aliment, c'est-à-dire l'ensemble des propriétés et caractéristiques qui lui confèrent l'aptitude à satisfaire les besoins d'un utilisateur, ainsi que ses effets sur la santé humaine. La qualité y a été analysée à travers sept dimensions : sanitaire, commerciale, organoleptique, nutritionnelle, technologique, d'usage et d'image (Figure 1). Ce cadre permet de mettre en évidence les priorités que les différents acteurs accordent à ces différentes dimensions et d'identifier les potentiels antagonismes et synergies entre elles. Cette expertise a été centrée sur les principaux produits issus d'animaux élevés en Europe : viandes de monogastriques (porcs et volailles), de ruminants (bovins, ovins), chair des poissons d'élevage, lait (de vache, de chèvre et de brebis), œufs de poule et les produits transformés qui en sont issus, qu'ils soient 'standards' ou sous signes officiels d'identification
de la qualité et de l'origine (SIQO).
Les procédés de transformation ont pour but de stabiliser les aliments d'un point de vue sanitaire, d'augmenter la durée de conservation, de valoriser les morceaux les moins nobles et/ou les moins demandés, de diversifier l'offre et/ou de proposer des aliments prêts à consommer, faciles à cuisiner et à conserver.

Le salage, la cuisson, le séchage, le fumage et la fermentation sont les procédés les plus fréquemment utilisés, ils utilisent généralement du sel et des additifs alimentaires, dont le nombre a fortement augmenté depuis l'industrialisation et l'intensification de la transformation agro-alimentaire.

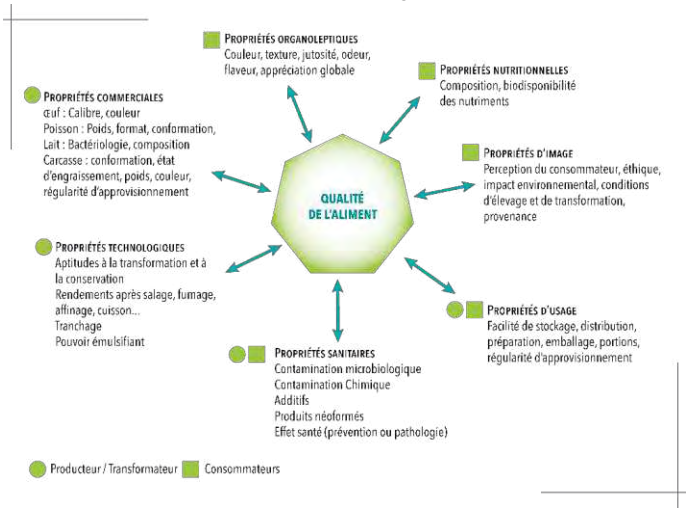


Figure 1. Les 7 dimensions de la qualité des aliments d'origine animale

Cette expertise s'est également attachée à comprendre les comportements des consommateurs. Le statut d'omnivore des humains leur confère à la fois une grande liberté d'adaptation à différents biotopes, mais les expose également à des risques de contamination, ce qui les contraint à consommer des aliments reconnus culturellement. Les consommateurs oscillent donc entre plaisir et anxiété pour élaborer leurs choix alimentaires, et les régimes alimentaires sont profondément ancrés culturellement (Danezis et al., 2016). L'authentification des conditions d'élevage et de transformation est une voie de réassurance des consommateurs. Les demandes des consommateurs et l'engagement de certaines filières dans des mentions valorisantes, la complexité de la chaîne d'élaboration des aliments et les risques de fraude renforcent l'importance de ces questions (Danezis et al., 2016). Cette synthèse présente aussi les besoins de recherche et des pistes d'action publique. Elle a fait l'objet d'une publication antérieure en anglais (Prache et al., 2022a) que nous avons résumée ici.

1. EVOLUTION DES HABITUDES ALIMENTAIRES ET DES ATTENTES SOCIETALES EN EUROPE

En Europe, la consommation de viandes, de produits laitiers, d'œufs et de poissons stagne ou baisse, sauf pour la viande de volaille (Prache et al., 2022a ; Figure 2). Elle a chuté de plus de 40 % pour les viandes bovines et ovines ces 30 dernières années, au profit de la viande de volailles, dont la consommation a augmenté de 60 % sur la même période. La viande porcine est la principale viande consommée (35 kg équivalent carcasse/personne/an).

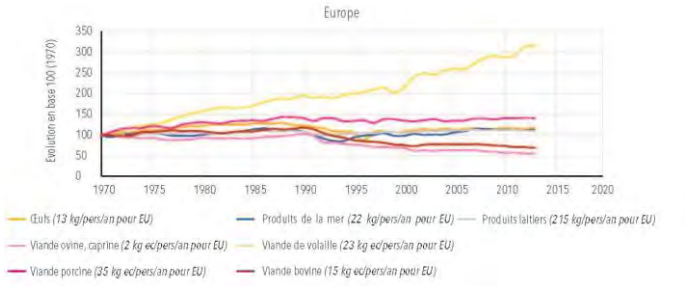


Figure 2. Evolution de la consommation d'aliments d'origine animale en Europe entre 1970 et 2013, en kg/personne/an (base 100 = 1970).

En France, les tendances de consommation montrent deux évolutions concomitantes. La demande augmente pour les aliments « prêts à l'emploi » (plats préparés, à emporter…), et aussi pour les aliments issus de l'agriculture biologique (AB), et au-delà pour les aliments bénéficiant d'un SIQO. La part des achats alimentaires en AB a ainsi doublé entre 2015 et 2020 en France (passant de 3,2 % à 6,6 %) ; elle a cependant connu un pallier entre 2020 et 2021, particulièrement dans la grande distribution et pour les produits laitiers (Agence Bio, 2022). Ces deux tendances concernent l'ensemble des filières animales, mais à des degrés divers. En France, l'évolution des comportements de consommation entre 2007 et 2015 montre ainsi une augmentation de 40 % de la consommation de plats préparés à base de viande et de poisson et de 53 % des aliments contenant des "ingrédients" de viande et de poisson (pizzas, quiches, sandwichs) (Pointereau, 2019). Pour la viande de poulet, la part des achats de produits prêts à consommer à base de poulet (nuggets, panés…) a doublé en 20 ans et représente aujourd'hui 31 % de la viande de poulet consommée, alors que la part des achats de poulets entiers a été divisée par plus de 2 (de 52 % à 24 %) (Baéza et al., 2022). Parallèlement, la demande croissante de produits sous SIQO et/ou vendus en circuits courts, constitue une voie de réassurance. Ces produits sont en effet porteurs de crédibilité et de fiabilité concernant l'origine et les conditions de production et de transformation, malgré leur prix généralement supérieur à celui des produits standards. On observe également, à l'échelle européenne, une évolution vers plus d'aliments d'origine végétale et moins d'aliments d'origine animale, dynamique portée à la fois par les mouvements autour du végétarisme, du véganisme et du bien-être animal (Lund et al., 2016) et par les discours autour d'une alimentation plus durable (FranceAgriMer, 2019 et 2021). S'il n'existe pas de définition précise des régimes dits "flexitariens" (FranceAgriMer, 2019 et 2021), leur couverture médiatique est le signe d'une transition alimentaire vers des régimes plus végétalisés Ces évolutions rapides invitent à mieux anticiper les besoins et motivations des consommateurs et à instruire des solutions appropriées, voire de rupture, dans les pratiques d'élevage et les procédés de transformation des aliments. Par exemple, les débats autour de la consommation d'aliments d'origine animale sont à l'origine d'études sur des sources de protéines alternatives et leur acceptabilité sociale (protéines végétales ou alternatives plus radicales). Des recherches prospectives sur la "viande" de culture ou sur les aliments à base d'insectes montrent i) que la viande issue d'animaux d'élevage demeure profondément inscrite dans nos habitudes alimentaires et que ii) les nouveaux aliments doivent soit ressembler à de la viande, soit s'éloigner d'une origine animale. Manger ou non de la viande est un marqueur social. Dans les classes de statut socio-économique supérieur, la valeur de la viande a été modifiée par des questions d'éthique, d'impacts environnementaux et de santé, ces consommateurs choisissant de consommer moins de viande et de meilleure qualité. En revanche, les classes de statut socio-économique inférieur mangent plus de viande grâce à une gamme d'aliments bon marché mais de moindre qualité nutritionnelle. A noter que la taxation de la viande, parfois proposée pour en réduire la consommation et les impacts environnementaux, toucherait donc plus ces classes de population (Springmann et al., 2018). Des recherches sont nécessaires pour comprendre les leviers et les freins aux pratiques de substitution entre aliments dans différentes classes de population, les facteurs déclenchants de cette adoption au niveau individuel, et les modalités de transition d'un régime alimentaire à un autre.

2. LES DIMENSIONS DE LA QUALITE ET LES METHODES POUR LES EVALUER

Les **propriétés sanitaires** d'un aliment sont relatives aux dangers associés à sa consommation. Elles sont des prérequis du fait du caractère périssable des aliments d'origine animale, et elles font l'objet d'une réglementation précise (Guillier et al., 2016). Quel que soit le type d'aliment, les opérateurs qui le produisent, le transforment et le distribuent sont légalement responsables en matière de sécurité sanitaire ; il leur revient d'analyser et de maîtriser les risques en mettant en place des mesures de contrôle. Si la composition des produits bruts est bien documentée, les connaissances sur les composés qui se forment au cours des processus de transformation (composés néoformés) et l'évaluation des risques associés sont limitées.

Les **caractéristiques commerciales** sont à la base du paiement aux éleveurs et intéressent particulièrement les professionnels des filières animales. Elles dépendent du type de produit. Pour le lait, au-delà du volume livré, elles sont basées sur des critères sanitaires et de composition. Pour les autres produits animaux, elles reposent sur des critères de poids et d'aspect, voire d'homogénéité du lot. Actuellement en Europe, les carcasses de bovins, d'ovins et de porcins sont évaluées à partir de leur poids et de leur classement selon le système EUROP fondé sur la conformation et l'état d'engraissement (pour les bovins et les ovins) et la teneur en viande maigre pour les porcs. D'autres systèmes de classement sont utilisés pour la viande bovine aux États-Unis, au Japon et en Australie, qui intègrent des critères de qualité de la viande (couleur, persillé). Le « Meat Standards Australia » (MSA), notamment, prédit la qualité en bouche pour chaque combinaison muscle-méthode de cuisson, à partir d'une douzaine de paramètres, la plupart mesurés à l'abattoir, et il indexe le paiement aux éleveurs sur ce résultat de qualité en bouche (Bonny et al., 2018).

Les **propriétés organoleptiques** correspondent aux caractéristiques perçues par les sens : la couleur, la texture (tendreté et jutosité), l'odeur et la flaveur. Elles intéressent particulièrement les consommateurs et affectent l'acte d'achat (et de réachat). Leur évaluation se heurte à des difficultés méthodologiques, avec i) un débat sur l'utilisation de jurys entraînés ou de consommateurs "naïfs", dont les résultats ne sont pas toujours concordants (Hocquette et al., 2020), ii) la complexité des déterminants de la texture, de l'odeur et de la flaveur qui peut rendre fragile l'utilisation d'indicateurs (Aberle et al., 2012), iii) le manque de méthodes prédictives robustes utilisables sur une chaîne d'abattage (Berri et al., 2019). La variabilité des préférences entre pays/régions et entre consommateurs, liée à des habitudes alimentaires ou culturelles (Font-i-Furnols et al., 2014), questionne aussi l'extrapolation des résultats d'une zone géographique à une autre.

Les **propriétés nutritionnelles** d'un aliment sont évaluées sur la base de sa composition en nutriments (protéines, lipides, glucides, vitamines, minéraux) et de sa capacité à couvrir les besoins nutritionnels de l'homme. De même que les vitamines et minéraux, certains acides aminés constitutifs des protéines et certains acides gras (AG) de la fraction lipidique (acide linoléique (LA), acide alpha-linolénique (ALA) et acide docosahexaénoïque (DHA)) sont considérés comme indispensables, car ils ne peuvent être synthétisés par le corps humain, ou en quantité insuffisante, et doivent donc être apportés par l'alimentation. Pour les protéines, des scores de qualité nutritionnelle ont ainsi été développés à partir de leur capacité à couvrir l'ensemble des besoins en acides aminés indispensables. Certains nutriments, s'ils sont ingérés en excès, peuvent avoir des effets néfastes sur la santé, comme les acides gras saturés (AGS) athérogènes, pour lesquels une limite supérieure a été fixée. Les aliments qui sont riches en nutriments indispensables comparativement à leur apport calorique, et contenant des quantités modérées de nutriments à limiter (AGS, sodium, sucres) favorisent un bon état de santé. Des indicateurs nutritionnels, comme le Nutri-Score ont ainsi été développés en France pour classer les aliments en fonction de l'équilibre de leur composition en nutriments bénéfiques ou à limiter. La biodisponibilité des nutriments est également un facteur important, ainsi que l'effet de la matrice alimentaire.

Les **propriétés technologiques** reflètent l'aptitude de la matière première à la transformation (rendement après salage, fumage, affinage, cuisson, par ex.) et à la conservation, en lien avec sa composition (sensibilité à l'oxydation et au développement de microorganismes) et les modalités de conservation (durée, température, conditionnement, type d'emballage). Les critères et indicateurs d'évaluation varient selon le type d'aliment et le type de transformation (fromage au lait cru *vs* lait UHT, jambon cuit *vs* saucisson, par ex.). Certains indicateurs physico-chimiques permettent de prédire ces propriétés (pH de la viande, par ex., Aberle et al., 2012), mais ceci reste difficile (Berri et al., 2019).

Les **propriétés d'usage** renvoient à la facilité de consommer l'aliment (économie de temps et d'efforts). Elles sont appréciées par le biais d'enquêtes. Cependant, même si ces propriétés prennent de l'importance avec le développement des produits transformés « prêts à manger », les méthodes d'évaluation sont encore peu formalisées.

Les **propriétés d'image** recouvrent les dimensions éthiques, culturelles et environnementales associées à l'origine de l'aliment et à ses conditions de production et de transformation. Elles jouent un rôle important dans la perception du produit et sont particulièrement valorisées dans les produits sous SIQO. Elles peuvent interagir fortement avec les autres dimensions de la qualité, les consommateurs pouvant percevoir un écart de qualité lorsqu'ils sont informés de l'origine du produit et des conditions de production et de transformation, alors qu'ils ne verraient sinon pas nécessairement de différences. Cette dimension prend beaucoup d'importance dans la décision d'achat (Aboah et Lees, 2020). De nombreux facteurs peuvent jouer un rôle et, logiquement, de nombreuses méthodes, critères et indicateurs ont été développés pour les évaluer. Les aspects environnementaux recouvrent plusieurs aspects (émissions polluantes, utilisation de ressources, biodiversité). On considère généralement que les impacts environnementaux sont plus importants dans les aliments d'origine animale que dans ceux d'origine végétale, et qu'ils varient beaucoup d'un système d'élevage à l'autre. Cependant, le classement des systèmes d'élevage dépend largement du type d'impact et de la métrique choisie. Ainsi, des études récentes proposent de modifier l'unité fonctionnelle (actuellement la masse ou le volume de produit) sur laquelle reposent les indicateurs environnementaux pour tenir compte de la valeur nutritionnelle du produit, comme la teneur en AGPI n-3 (McAuliffe et al., 2018). En outre, Van der Werf et al. (2020) soulignent que l'ACV, la méthode la plus utilisée aujourd'hui pour évaluer les impacts environnementaux, ne tient pas compte d'aspects essentiels comme la perte de biodiversité, la dégradation des sols et les impacts des pesticides, ni des services écosystémiques rendus par certains systèmes d'élevage. Pour ce qui concerne le BEA, des recherches ont permis de développer des référentiels pour l'évaluer dans les différentes filières d'élevage. Ainsi, l'intégration d'indicateurs de nature différente, leur agrégation, et la métrique sous-jacente sont actuellement un front de science d'autant plus important que les pouvoirs publics cherchent à mieux informer les consommateurs sur les empreintes environnementale et sociétale des aliments.

Des résultats récents issus de consultations de groupes d'acteurs dans 4 pays européens montrent que les propriétés d'image (origine, système d'élevage, bien-être animal, etc.) sont particulièrement importantes pour les consommateurs de produits laitiers et de viande bovine et de volaille (Sturaro et al., 2022). Une autre étude centrée sur les produits laitiers montre que les autres acteurs de la filière bovine laitière en France (producteurs, entreprises laitières, distribution) ont des attentes plus diversifiées quant aux propriétés organoleptiques, technologiques, sanitaires, nutritionnelles et d'image (Albert et al., 2022).

Il existe une grande diversité de méthodes pour évaluer la qualité intrinsèque des aliments. Nombre d'entre elles nécessitent d'effectuer des prélèvements destructifs qui ne peuvent être réalisés que tardivement dans la chaîne d'élaboration, et d'utiliser des analyses longues et onéreuses. Les scientifiques travaillent au développement d'outils moins invasifs pour caractériser et prédire la qualité des aliments (ou de la matière première pour la transformation). Ces développements pourraient permettre de mieux gérer la variabilité de la qualité, en permettant d'orienter l'aliment vers différents segments de marché et la matière première vers les procédés de transformation les plus adaptés, ainsi qu'authentifier les conditions d'élaboration de l'aliment. À l'instar des analyses rapides utilisées pour le paiement du lait à la qualité, le développement et le déploiement *on line* de méthodes spectrales (SPIR) et d'analyse d'image pourraient permettre d'élargir les dimensions de qualité évaluées pour les viandes et les poissons, comme la teneur en lipides, le persillé, le profil en AG ou la capacité de rétention d'eau (Mourot et al., 2014 ; Berri et al., 2019 ; Meunier et al., 2021). Des recherches s'intéressent aussi à caractériser le potentiel de qualité du vivant de l'animal (Boudon et al., 2020) ou à détecter précocement les défauts pour orienter les viandes de moindre qualité vers des filières de transformation appropriées, voire réajuster les pratiques d'élevage. Un marqueur sanguin est ainsi en cours de développement pour détecter les porcs susceptibles de produire une viande déstructurée (Théron et al., 2020). Différentes démarches sont ainsi menées pour développer des outils prédictifs basés sur plusieurs types de marqueurs, biologiques (génomiques ou phénotypiques) (Picard et al., 2015), physiques (méthodes spectroscopiques), ou pour développer des bases de données reliant les propriétés organoleptiques de la viande avec certaines caractéristiques de l'animal, de la carcasse et de la viande en interaction avec les modalités de transformation (cuisson) (Bonny et al., 2018).

3. CONSTRUCTION OU ALTERATION DE LA QUALITE AU COURS DE L'ELABORATION DE L'ALIMENT

De nombreux facteurs influencent chacune des dimensions de la qualité, et un facteur donné peut jouer sur plusieurs d'entre elles (Tableau 1). Compte tenu de la multiplicité des facteurs, des combinaisons entre eux et de leurs interactions potentielles, on peut dire que "la qualité s'élabore" tout au long

de la production et de la transformation. Ces facteurs agissent aux différentes étapes : depuis les caractéristiques des animaux, les conditions d'élevage, de transport, d'abattage, de transformation, de conservation, de commercialisation, jusqu'à la préparation des aliments et leur consommation. La qualité s'élabore ainsi depuis les étapes amont à la ferme (parfois même avant la naissance de l'animal) jusqu'à la consommation, et elle peut être améliorée ou altérée à toutes les étapes. La littérature est abondante, mais il y aurait besoin de méta-analyses pour gagner en robustesse dans l'évaluation des effets des facteurs déterminants. Certaines étapes sont cruciales ; elles peuvent présenter un risque d'altération ou au contraire une opportunité d'amélioration ou de correction de la qualité.

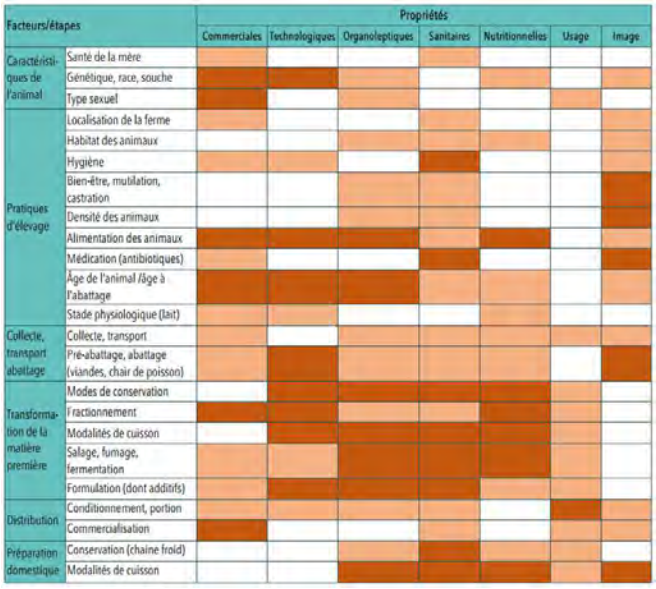


Tableau 1. Facteurs intervenant sur les différentes dimensions de la qualité des aliments d'origine animale. Le tableau indique les possibles sources de variation. Certaines lignes concernent uniquement certains produits (abattage : viandes et chair de poisson). Couleur foncée : facteur de variation majeur ; couleur claire : facteur de variation modéré, couleur blanche : n'est pas un facteur de variation.

Les **propriétés sanitaires** d'un aliment dépendent de facteurs d'élevage (milieu de vie et alimentation), de facteurs liés à la transformation (procédés de transformation et de conditionnement, formulation) et de facteurs liés aux pratiques de consommation (conservation et préparation culinaire), qui peuvent être sources de contamination de l'animal, de ses produits et, au final de l'aliment. Les viandes, les œufs et les préparations à base de viande ou d'œufs crues ou peu cuites, et les produits de la pêche totalisent 70 % des toxiinfections alimentaires collectives provoquées par des pathogènes officiellement déclarées sur la période 2006-2015 en France (Anses, 2018). Quant aux polluants chimiques, les aliments d'origine animale sont les plus forts contributeurs en polluants organiques persistants (POP) comme les dioxines, les furanes et les polychlorobiphényles (PCB) dans l'alimentation humaine. L'utilisation des antibiotiques pose la double question des résidus dans les aliments et de l'antibiorésistance. Le non-respect des règles de leur utilisation peut conduire à la présence de résidus dans les aliments au-delà de la limite maximale de résidus fixée réglementairement, mais les plans de contrôle officiels montrent que les non-conformités sont rares. Peu de travaux de recherche fournissent cependant des données sur les résidus médicamenteux ou d'autres contaminants chimiques dans les aliments d'origine animale. L'effet de la transformation sur les risques chimiques est également encore peu documenté, et l'échelle domestique, bien que potentiellement concernée, a rarement été étudiée. On connaît peu également la toxicité et le niveau d'exposition aux composés néoformés lors de la cuisson et du fumage, de même que l'effet cocktail des interactions entre contaminants chimiques (Meurillon et al., 2018). Cet effet cocktail est pointé du doigt dans les risques liés à la migration de molécules depuis les matériaux d'emballage en contact avec les aliments, de même que pour les additifs utilisés dans la formulation des aliments.

Les pratiques d'élevage sont particulièrement importantes pour certaines dimensions de la qualité, notamment l'image. Les travaux montrent, qu'en moyenne, les consommateurs ont une attitude positive à l'égard des systèmes d'élevage plus respectueux du BEA, avec un accès des animaux à l'extérieur et un espace suffisant, et qu'ils sont prêts à payer un prix plus élevé pour les produits issus de ces systèmes (Janssen et al., 2016). Les pratiques d'élevage influencent également les propriétés sanitaires. Les élevages en bâtiments où la densité est élevée sont plus exposés aux maladies contagieuses, à la pollution ambiante et aux contaminants chimiques éventuellement présents dans les rations. Les élevages avec accès au plein air sont plus exposés aux parasites et aux contaminants environnementaux (Dervilly-Pinel et al., 2017 ; Pussemier et al., 2004), ce qui justifierait de réaliser un diagnostic de l'environnement avant l'installation d'un élevage.

L'alimentation des animaux est un facteur déterminant de la qualité des aliments d'origine animale, notamment du fait de son rôle dans la teneur en lipides et la qualité des AG déposés, qui modulent les propriétés nutritionnelles et organoleptiques des aliments. Le régime alimentaire occidental est très déficitaire en AGPI n-3, à la fois en leur précurseur, l'ALA et en ses dérivés à longue chaîne (LC), cette insuffisance contribuant à nombre de maladies chroniques. Un intérêt particulier est donc porté à cette famille d'AG par les filières animales, près de 60% des AGPI n-3 dans notre alimentation étant apportés par les produits animaux. Le lien entre les AG ingérés et ceux qui sont déposés dans les tissus est particulièrement fort pour les monogastriques et les poissons, moins pour les ruminants en raison des transformations de certains AG dans le rumen. Les AG sécrétés dans le lait sont également modulés par la synthèse *de novo* mammaire. La chair des poissons gras est très riche en AGPI n-3 LC, en lien avec l'origine marine classique de leur alimentation. L'herbe verte est riche en AGPI n-3 et en antioxydants et permet d'obtenir naturellement des produits plus riches en AGPI n-3 et en antioxydants, à la fois pour les ruminants (Berthelot et Gruffat, 2018 ; Martin et al., 2019 ; Davis et al., 2022), le porc (Lebret et Čandek-Potokar, 2022a) et les œufs (Mugnai et al., 2014). La viande bovine produite à l'herbe présente ainsi des teneurs environ deux fois plus élevés en AGPI n-3, des teneurs réduites (-21 %) en acide palmitique (proathérogène) et des teneurs plus élevées en CLA (Berthelot et Gruffat, 2018 ; Davis et al., 2022) que la viande issue d'animaux nourris avec des régimes riches en concentrés ; la finition en bâtiments diminue ces bénéfices et peut même les éliminer complètement (Ponnampalam et al., 2006). Ces avantages sur les propriétés nutritionnelles s'accompagnent d'avantages quant aux propriétés organoleptiques (flaveur plus intense, produits plus typés) et d'image (accès des animaux au plein air et alimentation à l'herbe). Ces propriétés sont souvent valorisées dans des SIQO qui s'engagent sur l'alimentation à l'herbe des animaux, ce qui conduit à des travaux cherchant à l'authentifier sur le produit final (Prache et al., 2020b). Ces synergies sont encore accrues avec des prairies diversifiées et/ou de montagne (Martin et al., 2019). Des mentions "produit à l'herbe" existent dans plusieurs pays (Salami et al., 2019 ; Davis et al., 2022). La teneur en AGPI n-3 des produits peut également être augmentée par l'apport alimentaire d'ingrédients riches en AGPI n-3, comme les graines de lin (pour les ruminants et les monogastriques) ou la farine de poissons d'origine marine (pour les poissons). Cependant, comme cet ajout peut avoir des effets négatifs sur les propriétés organoleptiques (rancissement) et d'usage (durée de conservation), il doit être limité et associé à des antioxydants ; des études s'intéressent ainsi à l'utilisation des

antioxydants d'origine végétale (phyto-micronutriments, par ex.) pour protéger les AG insaturés de la peroxydation (Salami et al., 2019). Les animaux d'élevage valorisent depuis longtemps des co-produits de l'agriculture et de l'industrie agroalimentaire, ce qui permet de limiter la compétition "feed-food". Cette valorisation se développe et se diversifie. L'utilisation de coproduits végétaux riches en composés bioactifs (vitamines, AG insaturés, composés phénoliques, tannins et flavonoïdes) peut présenter un intérêt pour la qualité de la viande et des produits carnés tout en réduisant les émissions de méthane entérique et d'azote (Salami et al., 2019), mais leurs effets sont encore peu documentés. Un point de vigilance concerne les dimensions sanitaires, car des végétaux contaminés peuvent transférer des agents pathogènes et des contaminants à leurs coproduits. La disponibilité de ces coproduits peut également être un point limitant. De manière générale, l'ajout de nouveaux ingrédients dans les aliments pour animaux (dérivés d'insectes, par ex.) nécessitera d'évaluer les possibles impacts sur les différentes dimensions de la qualité des produits issus des animaux qui les consomment.

Les phases de **pré-abattage et d'abattage** sont à risque pour la qualité des viandes et de la chair de poisson. Des conditions inadéquates de chargement, de transport et/ou d'abattage génèrent un stress qui peut compromettre les dimensions organoleptiques (tendreté, couleur) et technologiques (rendement à la cuisson) du produit (Terlouw et al., 2021). Le BEA, en particulier pendant le transport et à l'abattoir, influence aussi la qualité d'image. Des pratiques d'éviscération non conformes peuvent compromettre la qualité sanitaire. L'abattage à la ferme évite le transport des animaux et vise à préserver leur bien-être ; il peut aussi faciliter la commercialisation des produits carnés en circuits courts. Cependant, peu de travaux ont été identifiés dans la littérature scientifique (Eriksen et al., 2013). Les abattoirs mobiles et autres modules d'abattage doivent répondre aux mêmes exigences règlementaires d'hygiène et de protection animale que les abattoirs fixes. Des projets scientifiques démarrent en France en vue d'évaluer i) la faisabilité technique et la viabilité économique de ce mode d'abattage, en particulier dans les zones d'élevage dépourvues d'abattoirs conventionnels, et ii) sa perception par les acteurs de la filière et les consommateurs. Néanmoins, des travaux supplémentaires devront être entrepris pour bien identifier et caractériser les risques en termes d'hygiène des procédés et de BEA. Bien que la gestion des sous-produits, des déchets et des effluents issus de l'abattage soit déjà prévue dans la perspective de l'abattage alternatif, une attention particulière devra être apportée au respect des règles d'hygiène et sécurité et à la protection de l'environnement.

Pour la viande, la **cuisson** est une phase clé. Elle est essentielle pour contrôler les risques microbiologiques, pour augmenter la digestibilité des protéines, ainsi que pour la flaveur et la texture. L'effet de la température de cuisson sur la vitesse de digestion suit une courbe en cloche avec un maximum pour une température à cœur de 70-75°C (Bax et al., 2012). Cependant, la cuisson à des températures excessives peut dégrader les propriétés organoleptiques et nutritionnelles, voire compromettre les propriétés sanitaires du fait de composés néoformés (hydrocarbures aromatiques et amines aromatiques hétérocycliques, tous deux cancérigènes) (Kondjoyan et al., 2016).

L'industrialisation des procédés de transformation a entraîné une standardisation de la matière première fournie à l'industrie. Les procédés industriels de cuisson, salage, fumage, fermentation, etc., sont la plupart du temps issus de techniques traditionnelles. L'industrialisation a permis, dans certains secteurs (produits laitiers, œufs), le fractionnement/cracking de la matière première en ingrédients qui peuvent être ensuite assemblés dans une vaste gamme de formulations pour accroître l'offre alimentaire. L'ajout d'additifs permet de moduler certaines dimensions de la qualité : renforcer le goût (exhausteurs de goût, comme le sel et le sucre), rectifier les défauts (arômes) ou allonger et sécuriser la conservation (ex : sels nitrités). Cependant, cette orientation a poussé à standardiser la matière première et à réduire la biodiversité des animaux d'élevage et la diversité des pratiques d'élevage.

Par ailleurs, la diversité des produits transformés amène à s'interroger sur la manière de les classer. Il y a actuellement plusieurs systèmes de classement développés en parallèle. Le Nutri-Score classe les aliments transformés selon leur composition nutritionnelle. Le système Nova met en exergue les aliments ultra-transformés (Monteiro et al., 2018) dont la formulation contient des ingrédients ou additifs typiques de la transformation industrielle, selon un classement qui ne fait pas consensus (Braesco et al., 2022). Ces classements ne sont d'ailleurs pas toujours cohérents entre eux, ils utilisent des critères différents (Prache et al., 2020a, 2022a). Ceci souligne le besoin de développer des méthodes de classement des aliments qui soient robustes et reproductibles, et qui intègrent des critères liés à la transformation. Certains systèmes sont déjà utilisés pour orienter le choix des consommateurs, par notamment des applications sur smartphones.

Concernant les outils d**'authentification,** l'accent est surtout mis sur l'authentification des pratiques d'élevage et de l'origine, plus que sur les conditions de transformation et de conservation des aliments. Les méthodes de contrôle de la non-adultération de l'espèce animale sont déjà opérationnelles. Cependant, beaucoup de travaux en sont encore au stade de la 'preuve de concept', car ils s'appuient sur des situations contrastées afin de tester les méthodes et les améliorer. Il est maintenant nécessaire de tester la fiabilité de ces méthodes dans des conditions moins contrastées et de développer des bases de données plus importantes pour passer au stade opérationnel.

4. DES ANTAGONISMES ET DES SYNERGIES

L'un des enseignements de cette expertise est le constat de **primauté accordée aux dimensions commerciales de la qualité**, notamment pour les produits standard. Ce sont par exemple les caractéristiques des carcasses qui dictent le prix payé aux éleveurs producteurs de viande. Cette priorité a fortement orienté la sélection génétique et les pratiques d'élevage et a accru la spécialisation des animaux. Elle a permis des gains considérables de teneur en maigre des carcasses de porc (Lebret et Čandek-Potokar, 2022a), du poids du filet chez le poulet de chair (Baéza et al., 2022) et du poids de la carcasse des vaches de réforme. Cependant, ces dimensions "quantitatives" ne préjugent pas d'autres dimensions importantes de la qualité, telles que les dimensions organoleptiques et nutritionnelles. Bonny et al. (2016) ont ainsi montré qu'il n'y avait pas de lien entre les caractéristiques commerciales des carcasses bovines et la qualité organoleptique de la viande. Ces gains "quantitatifs" ont même parfois été obtenus au détriment d'autres dimensions de la qualité. Un exemple emblématique est le poulet de chair standard, où la sélection sur le rendement en filet a eu des conséquences délétères sur les dimensions nutritionnelles, organoleptiques et technologiques d'une majorité de filets ; les animaux ont également des difficultés à se mouvoir et présentent une forte prévalence de myopathies (Baéza et al., 2022). La déstructuration des tissus musculaires oblige à valoriser cette viande à défauts dans des plats préparés (Baéza et al., 2022). Des problèmes de déstructuration du tissu musculaire sont aussi observés chez le porc, sources de gaspillages et de pertes économiques importantes lors du tranchage (Theron et al., 2019). Pour la viande bovine également, la sélection des races à viande sur le développement musculaire et l'efficacité alimentaire a conduit à une diminution du persillé, de la flaveur et de la jutosité (Bonny et al., 2018). Par ailleurs, cette orientation vers des animaux plus tardifs rend plus difficile l'adoption des

pratiques plus agroécologiques, comme la finition à l'herbe, pourtant favorable aux dimensions nutritionnelles et d'image de la viande (Berthelot et Gruffat, 2018 ; Davis et al., 2022). Enfin, la spécialisation des animaux peut conduire à des impasses, en excluant ou en dévalorisant une partie des animaux, comme les poussins mâles dans la filière poules pondeuses (Gautron et al., 2021) et une partie des chevreaux et veaux mâles dans certaines filières laitières (Prache et al., 2022a). Un problème éthique majeur est l'élimination des poussins mâles à la naissance ; la pression sociétale a incité la France et l'Allemagne à l'interdire (en 2022). Dans la filière caprine, une partie des chevreaux mâles ne trouve pas non plus de débouchés dans la chaîne alimentaire humaine.
Des recherches s'intéressent à faire évoluer cette orientation en intégrant mieux d'autres dimensions de la qualité dans le paiement aux éleveurs et l'information aux consommateurs. On peut citer la méthode MSA, développée en Australie pour prédire la qualité en bouche de la viande bovine (et payer les éleveurs en fonction), et actuellement testée en Europe (Bonny et al., 2018). Par ailleurs, il y a besoin d'instruire des solutions permettant de maintenir tous les animaux dans la chaîne alimentaire. Il peut s'agir, par exemple, de revenir à une certaine mixité dans les fonctions productives de l'animal, offrant un bon compromis entre la production de viande et d'œufs (utilisation de lignées à double finalité dans la filière œufs, Gautron et al., 2021) ou de lait et de viande (race ovine Lacaune, par exemple), du croisement de races ou de souches, et du développement de mentions valorisantes et/ou de circuits courts. Enfin, des méthodes de sexage *in ovo*, utilisant l'analyse spectrale ou la mesure d'hormones et de métabolites dans l'œuf ont été développées ou sont en cours de développement auprès des couvoirs (Gautron et al., 2021).

D'autres antagonismes (et aussi de possibles synergies) entre les différentes dimensions de la qualité et entre étapes d'élaboration de l'aliment ont été identifiés. Une pratique d'élevage peut ainsi avoir des effets positifs sur certaines dimensions de la qualité, mais négatifs sur d'autres.
Ne pas castrer les porcelets mâles est favorable à l'image (BEA, moindres rejets azotés) et aux caractéristiques commerciales (teneur plus élevée en viande maigre, coûts de production plus faibles), mais peut être défavorable aux dimensions organoleptiques (risque d'odeurs indésirables dues à la présence d'androsténone et/ou de scatol dans les tissus gras) et à certains critères d'image (plus grande agressivité des mâles entiers) (Lebret et Candek-Potokar, 2022a). Les moyens d'action pour réduire le risque d'odeurs associées à l'androsténone sont la sélection génétique et la réduction du poids et de l'âge à l'abattage. Les conditions d'élevage (hygiène des sols, ventilation, température, alimentation) constituent, quant à elles, des leviers efficaces pour réduire la teneur en scatol. Cependant, ces leviers ne suffisent pas pour garantir l'absence de risque. Les recherches s'orientent vers la détection des défauts sur la chaîne d'abattage afin d'orienter la viande vers la transformation la plus appropriée et la sélection génétique pour réduire la teneur en androsténone sans compromettre les autres caractères de production ou de reproduction (Lebret et Candek-Potokar, 2022a).
Pour la viande ovine, l'élevage à l'herbe est favorable aux dimensions nutritionnelles et d'image, mais peut être défavorable à certaines dimensions organoleptiques (risque de flaveurs indésirables, couleur plus sombre) et commerciales (risque d'état d'engraissement insuffisant) (Prache et al., 2022b). Ces antagonismes sont encore plus marqués en agriculture biologique (Prache et al., 2022c). Un compromis peut être trouvé en terminant l'engraissement de l'agneau en bergerie pendant une courte durée, car le scatol a une faible persistance dans les tissus et une courte durée d'alimentation avec des concentrés ne dégrade pas trop le profil en AG de la viande (Eiras et al., 2022), ou en complémentant les agneaux d'herbe avec des céréales. L'utilisation de compléments riches en tannins condensés est, elle, une solution gagnant-gagnant pour les dimensions nutritionnelles et organoleptiques (Prache et al., 2022). Une autre possibilité serait de mieux sensibiliser les consommateurs aux caractéristiques de la viande d'agneau d'herbe.

En aquaculture, l'alimentation des poissons est habituellement d'origine marine, mais repose de plus en plus sur des ingrédients d'origine végétale. Cette substitution favorise les dimensions d'image (moindre impact sur une ressource sauvage) et sanitaires (moins de risque de contaminations liées aux farines et huiles de poissons), mais elle dégrade les propriétés nutritionnelles (diminution des teneurs de la chair en AGPI n-3 LC) et commerciales (baisse du rendement de découpe en lien avec une adiposité accrue) (Le Boucher et al., 2013). Le profil en AG peut être restauré par un retour à une alimentation d'origine marine en finition avant l'abattage.
Certaines productions mettent à profit des synergies entre différentes dimensions de la qualité et entre étapes d'élaboration. Le jambon sec en est un bon exemple, sa qualité dépendant fortement à la fois de la qualité de la matière première et des conditions et de la durée de la transformation (salage, séchage, maturation) (Lebret et Čandek-Potokar, 2022b). L'élevage extensif, avec des races ou lignées spécifiques incluant la consommation de ressources locales, permet d'optimiser les propriétés de la matière première : forte accrétion lipidique, couleur plus sombre, arômes typés. Ces jambons sont alors plus gras (gras intramusculaire et de couverture), et mieux adaptés au séchage, ils ont donc des propriétés technologiques renforcées, et en même temps sont dotés de propriétés organoleptiques très spécifiques. Ces synergies sont encore plus fortes avec des races locales et des animaux plus âgés (Pugliese et Sirtori, 2012). A noter que dans les systèmes extensifs, la consommation par les porcs de ressources naturelles riches à la fois en AGPI n-3 et en antioxydants permet d'enrichir naturellement la viande en AGPI n-3 sans oxydation excessive, et ainsi d'éviter de possibles antagonismes dans les propriétés nutritionnelles (Lebret et Čandek-Potokar, 2022b). D'autres produits, comme le fromage, montrent de fortes interactions entre les étapes de production et de transformation, des conditions de transformation plus douces (absence de standardisation et de traitements thermiques) permettant aux propriétés organoleptiques du fromage de mieux refléter les conditions de production du lait. Par exemple, l'effet de l'alimentation des animaux sur la flaveur du fromage est plus important lorsque celui-ci est fabriqué avec du lait cru qu'avec du lait pasteurisé (Fretin et al., 2016) et un temps d'affinage plus long accentue les effets des conditions de production du lait (Coppa et al., 2011).

L'existence d'antagonismes conduit à la recherche de solutions pour aider à les gérer. Ces solutions peuvent consister à trouver des compromis entre les effets positifs et négatifs. Les approches multicritères sont des outils prometteurs pour gérer ces antagonismes et trouver des compromis ; elles sont cependant émergentes. L'analyse multicritère a pour objectif d'aider un décideur à prendre une décision dans un environnement multidimensionnel en se basant sur un processus de décision déterminant la meilleure solution ou le meilleur compromis, selon des préférences prédéfinies. Le rôle du décideur est primordial, car les résultats dépendront des pondérations et des compensations appliquées aux différents critères, ainsi qu'aux allocations réalisées et aux unités fonctionnelles choisies. Certaines études ont évalué conjointement la qualité des produits et les performances environnementales des systèmes d'élevage dont ils sont issus (Botreau et al., 2018). D'autres s'intéressent plus particulièrement à la transformation (procédés, en particulier la cuisson, l'emballage et la conservation) ou à la chaîne du froid (Madoumier et al., 2020 ; Raffray et al., 2015 ; Rocchi et al., 2019). Ces analyses multicritères ont cependant encore du mal à couvrir l'ensemble des dimensions de la

qualité, ainsi que le continuum d'opérations depuis la production jusqu'à la consommation. Des progrès sont attendus dans les prochaines années, puisque des programmes européens récemment démarrés visent à caractériser simultanément les différentes dimensions de la qualité de produits animaux (lait et produits laitiers, viande bovine et de volaille) issus de la diversité des systèmes d'élevage européens et de coconstruire avec les différents acteurs des outils d'évaluation multicritère de ces produits.

5. LES SIQO : CONSTRUCTION DE LA QUALITE PAR LEURS ENGAGEMENTS

Les SIQO sont des vecteurs de réassurance. Ils permettent aux filières d'opérer une montée en gamme, d'en capter la valeur ajoutée, et aux territoires correspondants d'intégrer les externalités positives liées à ces produits. Les cinq SIQO en Europe sont : AB (Agriculture Biologique), AOP (Appellation d'Origine Protégée), IGP (Indication Géographique Protégée), STG (Spécialité Traditionnelle Garantie), reconnus en Europe et le LR (Label Rouge), qui est une spécificité française.
Les SIQO sont encadrés par des cahiers des charges indiquant leurs engagements et ils sont régulièrement contrôlés. Les dimensions d'image sont partagées par tous, les SIQO conférant aux produits certifiés crédibilité et fiabilité. Bien que toutes les dimensions de la qualité soient au final concernées, chaque SIQO développe cependant des liens privilégiés avec certaines. L'AB s'engage surtout sur les dimensions sanitaires en promouvant des « procédés qui ne nuisent pas à l'environnement et à la santé humaine ». Les AOP, IGP, STG mettent en avant des dimensions organoleptiques liées à la typicité et à la spécificité des produits, ainsi qu'à leur origine géographique (à différents degrés). Le LR est associé dans sa définition règlementaire à "un niveau de qualité supérieure".
L'analyse des engagements pris dans les cahiers des charges LR Gros Bovins (Raulet et al., 2022 ; Tableau 2) a permis de formaliser comment ces engagements sont liés aux différentes dimensions de la qualité et comment ce SIQO construit la qualité. Il mobilise des facteurs majeurs d'octroi de la qualité (notamment dans ses dimensions organoleptiques et d'image) aux différentes étapes de la chaîne d'élaboration, depuis les conditions d'élevage jusqu'à la maturation de la viande. En outre, des tris successifs sont effectués sur les animaux, les carcasses et les viandes qui peuvent être labellisés.

Etapes d'élaboration du produit	Critère	Produit courant	Engagement LR	Propriétés organoleptiques de la viande
Type d'animal	Race	-	Race à viande Voire 1 ou quelques races	Couleur, jutosité, tendreté, flaveur
	Type sexuel	-	Pas de mâles non castrés	Tendreté
	Age à l'abattage	-	Mâle : > 30 mois Femelle : 28-120 mois voire plus restrictif	Tendreté, couleur
Elevage	Pâturage	-	> 5 mois/an voire > 8 mois/an	Couleur
Pré-abattage	Bien-être	-	Max 24 h entre enlèvement et abattage	Couleur, tendreté
Carcasse	Conformation	Toutes classes de développement musculaire (E-U-R-O-P)	E-U-R (développement musculaire important) voire E-U ou U-R	Peu de lien avec jutosité et flaveur
	Engraissement	1 à 5	2 à 4	Tendreté, jutosité, flaveur
	pH ultime	-	≤ 5,8	Couleur, jutosité
Viande	Maturation	3 à 5j en moyenne	Viandes à griller/rôtir : > 10j voire > 14j	Tendreté, flaveur

Tableau 2. Renforcement des propriétés organoleptiques de la viande par les principaux engagements du cahier des charges Label Rouge Gros Bovins tout au long de la chaîne d'élaboration (vert : engagements sur le troupeau, orange : tri sur les caractéristiques de l'animal, de la carcasse et de la viande).

Pour les produits issus de l'AB, on constate une grande hétérogénéité dans les résultats des études comparant la qualité des produits issus de l'AB *vs* de l'agriculture conventionnelle, liée à la grande variabilité des pratiques d'élevage, à la fois en AB et en agriculture conventionnelle. Deux méta-analyses, l'une sur le lait de vache, l'autre sur les viandes, montrent que les produits AB présentent des propriétés nutritionnelles supérieures (teneur supérieure en AGPI, notamment en AGPI n-3), résultat lié aux différences dans l'alimentation des animaux (Srednicka-Tober et al., 2016 a et b ; Davis et al., 2022 ; Gaudaré et al., 2022). L'AB réduit également les risques de résidus de médicaments, de pesticides et d'antibiorésistance. Toutefois, l'accès au plein air et la durée d'élevage généralement plus longue augmentent l'exposition des animaux aux contaminants environnementaux et donc le risque de leur bioaccumulation dans les produits (Dervilly-Pinel et al., 2017). L'effet de l'AB sur les dimensions d'image varie selon l'espèce animale, le critère considéré (BEA, émissions polluantes, utilisation de ressources, biodiversité) et l'unité fonctionnelle employée. Enfin, les produits AB présentent généralement une qualité plus variable, ce qui peut s'expliquer par une moindre sélection génétique (volailles), une moindre utilisation d'intrants et/ou une plus grande variabilité des conditions d'élevage (ruminants et monogastriques). Les conséquences de cette plus grande variabilité pour les consommateurs et la transformation n'ont pas été abordées jusqu'à présent dans la littérature scientifique et constituent une piste de recherche à développer. Une synthèse récente détaille ces enseignements sur la qualité des produits d'origine animale issus de l'AB (Prache et al., 2022c)

6. EFFETS SUR LA SANTE HUMAINE

6.1. Participation à la couverture des besoins

L'intérêt nutritionnel des produits animaux repose sur leur teneur en protéines de haute valeur nutritionnelle et sur un apport en AG et en minéraux et vitamines spécifiques. La spécificité des produits animaux dans notre alimentation est d'être les pourvoyeurs majoritaires en AGPI n-3 LC et en vitamine B12, et de fournir tous les acides aminés indispensables ainsi que des micronutriments facilement assimilables. Une proportion élevée d'AGPI n-3, comme dans la chair des poissons gras ou dans les produits issus d'animaux nourris avec des végétaux riches en AGPI n-3 (herbe ou certains oléagineux), est bénéfique pour la santé. Au contraire, les effets délétères de certains AGS conduisent à recommander de maintenir l'apport quotidien en AGS totaux à moins de 12 % de l'apport énergétique total. La vitamine B12, qui joue un rôle crucial dans le développement du fœtus et les fonctions cognitives, est spécifiquement fournie par les aliments d'origine animale. Sans la consommation de ces produits, il faut recourir à des compléments alimentaires. Les protéines d'origine animale ont une teneur élevée et un profil en acides aminés indispensables bien équilibré par rapport aux besoins humains, ce qui les rend bien adaptées à des segments de population spécifiques comme les séniors, les enfants ou les sportifs. Les minéraux (fer, calcium, zinc) d'origine animale sont plus facilement disponibles que ceux d'origine végétale ; il s'agit donc d'outils de prévention des carences, notamment pour les femmes enceintes, les jeunes enfants et les personnes âgées. Des études épidémiologiques montrent que les végétariens ne présentent pas plus de problèmes de santé que les non-végétariens, même si les teneurs en micronutriments de leurs réserves corporelles sont plus faibles. Cependant, les végétaliens présentent une prévalence plus élevée de carences en certains nutriments, notamment en vitamines D et B12, en fer, en iode, en calcium et en zinc (Lemale et al., 2019 ; Sakkas et al., 2020).

6.2. Incidence sur les maladies chroniques

Les études d'épidémiologie nutritionnelle permettent d'établir des associations entre la consommation d'aliments d'origine animale et l'augmentation ou la diminution du risque de certaines maladies chroniques, comme le diabète, l'obésité, les cancers, les maladies cardio-vasculaires (MCV) et neuro-dégénératives (MAMA : maladie d'Alzheimer et maladies apparentées). Ces associations sont qualifiées par le niveau de preuve associé aux résultats. Des méta-analyses (Schwingshackl et al., 2017a et b ; WCRF et al., 2018a et b) montrent que la consommation de certains aliments peut avoir des effets positifs sur la santé, ou des effets négatifs s'ils sont consommés en excès. La consommation de poissons est ainsi

associée à une diminution du risque de mortalité prématurée et du risque de MCV et de MAMA, celle des produits laitiers à une diminution du risque de cancer colorectal (Tableau 3), avec un niveau de preuve probable. A l'inverse, une consommation élevée de charcuterie et de viande rouge est associée à des risques accrus. Une augmentation de 50 g/jour de la consommation de charcuterie est associée à une augmentation du risque de mortalité prématurée et du risque de cancer colorectal de 23 % et 16 % avec un niveau de preuve convaincant (Schwingshackl et al., 2017b ; WCRF et al., 2018a) (Tableau 3). Une augmentation de 100 g/jour de la consommation de viande rouge est associée à une augmentation de 10 % du risque de mortalité prématurée et de 12 % du risque de cancer colorectal, avec un niveau de preuve probable (Schwingshackl et al., 2017b ; WCRF et al., 2018a).

Groupe de produits	Cancer	MCV	MAMA
Charcuterie			
Viande de boucherie hors volaille			
Viande de volaille			
Œufs			
Poisson			
Produits laitiers			

Légende

Augmentation du risque – Niveau de preuve convaincant

Augmentation du risque – Niveau de preuve probable

Diminution du risque – Niveau de preuve probable

Tableau 3. Niveau de preuve des associations entre la consommation de groupes de produits animaux et les maladies chroniques (MCV : maladies cardiovasculaires ; MAMA : maladie d'Alzheimer et maladies apparentées). Cellules en blanc : niveau de preuve peu probable.

Ceci a conduit à recommander des plafonds de consommation (150 g et 500 g/semaine pour la charcuterie et la viande rouge). Les chiffres de la consommation en France s'établissent à 53 g/jour pour la viande rouge et 35 g/jour pour la charcuterie (Prache et al., 2020a). Le message de réduction de consommation s'adresse aux deux tiers des français dépassant le niveau de consommation recommandé pour la charcuterie et aux 28 % qui dépassent celui recommandé pour la viande rouge.

Même dans les pays où la consommation moyenne de protéines d'origine animale est supérieure aux besoins, certains segments de la population, en particulier les personnes âgées, peuvent avoir un apport inférieur à leurs besoins. A noter également que les régimes végétariens ou végétaliens sont généralement associés à un risque plus élevé de fractures osseuses (Tong et al., 2020), de sarcopénie (Marcos-Pardo et al., 2021) et d'anémie (Papier et al., 2021), point d'attention particulier dans un contexte du vieillissement de la population.

Les nitrites et nitrates, additifs utilisés pour la conservation et la couleur des charcuteries, sont suspectés d'être associés à un risque accru de cancer colorectal. En effet, des données expérimentales sur un modèle animal de carcinogénèse colorectale démontrent que produire une charcuterie sans nitrites limite le risque de carcinogénèse au stade prénéoplasique (Santarelli et al., 2010). Une étude épidémiologique très récente sur la cohorte Nutrinet-Santé a permis de mettre en évidence que les additifs nitrates et nitrites étaient également positivement associés aux risques de cancer du sein et de la prostate, respectivement (Chazelas et al., 2022). Sur cette base, l'Anses a émis un avis le 12 juillet 2022 concluant à : i) l'existence d'une association positive entre l'exposition aux nitrates et/ou aux nitrites *via* la charcuterie et le risque de cancer colorectal, ii) la nécessité de limiter l'exposition alimentaire aux nitrates et nitrites *via* la charcuterie (Anses, 2022). Les scientifiques travaillent sur plusieurs pistes pour réduire l'exposition de la population *via* la reformulation des produits charcutiers. L'objectif des projets en cours est d'évaluer l'impact de la réduction, du retrait et de la substitution de ces additifs. La finalité est d'évaluer si ces pistes présentent un avantage pour la santé des consommateurs et de vérifier leurs effets sur le risque microbiologique et la qualité des produits charcutiers.

Les études épidémiologiques sont menées à l'échelle de groupes de produits et ne prennent pas en compte la grande variabilité de leur composition liée à la variabilité des conditions de production et de transformation. Les catégories "charcuterie" et "viande rouge" englobent ainsi une grande diversité de produits ayant des compositions variées et ayant subi des procédés de transformation divers. Il y a donc besoin de mieux comprendre les liens entre santé et conditions de production et de transformation des aliments. Par ailleurs, sur la base des associations établies entre la consommation d'aliments dits 'ultra-transformés' et la santé humaine (Srour et Touvier, 2020), le PNNS recommande de réduire la consommation de ce type d'aliments. Cependant, la qualification d'ultra-transformation restant assez empirique et débattue, il apparait nécessaire de mieux caractériser les degrés de transformation et de formulation (composition) des aliments afin de mieux comprendre les mécanismes sous-jacents et de faire évoluer les procédés de transformation en conséquence. L'expertise souligne ainsi le besoin d'une meilleure connexion entre les communautés scientifiques à l'échelle de l'élevage, de la transformation, de la nutrition humaine et de l'épidémiologie pour mieux qualifier les liens entre les pratiques d'élevage et de transformation et les effets sur la santé. Des recherches sont également nécessaires pour comprendre les leviers et les freins aux pratiques de substitution entre aliments, selon les populations, ainsi que les voies de transition d'un régime alimentaire vers un autre.

CONCLUSION

La qualité des aliments d'origine animale peut être construite mais aussi altérée à toutes les étapes de la ferme à l'assiette. Cette synthèse souligne la primauté accordée aux dimensions commerciales de la qualité, notamment pour les produits standards, ce qui peut avoir des effets collatéraux négatifs pour d'autres dimensions de la qualité. Cette priorité, qui se traduit notamment dans les critères de paiement aux éleveurs, a logiquement fortement orienté la sélection génétique et les pratiques d'élevage. Des études s'intéressent à faire évoluer cette orientation en intégrant mieux d'autres dimensions de la qualité dans une approche plus globale. Cependant, comme ces évolutions se heurtent aux normes et jeux d'acteurs en cours, elles nécessitent une action publique en direction des normes et de l'organisation collective des filières. Il y a aussi besoin d'instruire des solutions permettant de mieux valoriser les animaux ne rentrant pas dans les 'canons' de la qualité commerciale, ainsi que d'accompagner les acteurs dans les évolutions correspondantes. Un autre enseignement de cette synthèse est le 'gap' entre les études épidémiologiques et les études à l'échelle de l'aliment. La prise en compte de l'effet des pratiques d'élevage et de transformation des aliments sur la santé humaine nécessite un effort collectif des communautés scientifiques travaillant à l'échelle de l'élevage, de la transformation des aliments, des comportements des consommateurs, de la nutrition humaine et de l'épidémiologie.

Les évolutions rapides des comportements alimentaires et des attentes sociétales, parfois difficiles à cerner avec précision, invitent à mieux anticiper les besoins et les motivations des consommateurs, et à instruire des solutions, parfois de rupture, dans les pratiques d'élevage et les procédés de transformation des aliments. Les consommateurs ont des exigences accrues quant aux conditions de production des animaux et de transformation des aliments, qui

s'accompagnent d'un besoin de réassurance et de transparence. L'authentification des conditions de production, de transformation et de l'origine font l'objet de beaucoup de travaux, mais les méthodes sont encore au stade de la preuve de concept et elles nécessitent de gagner en généricité et en robustesse pour pouvoir être transférées aux opérateurs. Par ailleurs, certains craignent que la profusion d'informations sur les étiquettes ne limite leur intérêt. Enfin, l'augmentation de la consommation d'aliments « prêts à consommer » se fait au détriment des savoir-faire culinaires. Pour contrecarrer cette évolution et recréer de l'autonomie dans les choix alimentaires, l'éducation est essentielle. Le manque de littérature sur les pratiques culinaires et de consommation à domicile sont à ce titre éloquents. Cette étape finale est pourtant déterminante pour la qualité des aliments qui seront consommés.

Aberle E.D., Forrest J.C., Gerrard D.E., Mills E.W., 2012. Properties of fresh meat. In: Principles of meat science – fifth edition. Aberle E.D., Forrest J.C., Gerrard D.E., Mills E.W. (Eds). Kendall Hunt Publishing, Dubuque, IA, USA, pp131-140.

Aboah J., Lees N., 2020. Consumers use of quality cues for meat purchase: Research trends and future pathways. Meat Sci. 166, 108142.

Agence Bio, 2022. Les chiffres 2021 du secteur bio, 13 pp.

Albert F., Bedoin F., Couzy C., Martin B., Laithier C., 2022. Evaluation des attentes de groupes multi-acteurs sur la qualité et l'authentification du lait et des produits laitiers. Renc. Rech. Ruminants, *in press*.

Anses, 2018. Attribution des sources des maladies infectieuses d'origine alimentaire. Partie 2 : Analyse des données épidémiologiques. Ed. Anses, Paris, France.

Anses, 2022. Evaluation des risques liés à la consommation de nitrates et nitrites. Saisine 2020-SA-0106. Maisons-Alfort : Anses, 275 pp.

Baéza E., Guillier L., Petracci M., 2022. Review: Production factors affecting poultry carcass and meat quality attributes. Anim. 16, 100331.

Bax M.L., Aubry L., Ferreira L., Daudin J.D., Gatellier P., Remond D., Sante-Lhoutellier V., 2012. Cooking temperature is a key determinant of *in vitro* protein digestion rate: investigation and underlying mechanisms. J. Agric. Food Chem. 60, 2569-2576.

Berri C., Picard B., Lebret B., Andueza D., Lefèvre F., Le Bihan-Duval E., Beauclercq S., Chartrin P., Vautier A., Legrand I., Hocquette J.F., 2019. Review. Predicting the quality of meat: myth or reality? Foods 8, 436.

Berthelot V., Gruffat D., 2018. Fatty acid composition of muscle. In: INRA Feeding System for ruminants. Sauvant D., Delaby L., Nozière P. (Eds). Wageningen Academic Publishers, Wageningen, The Netherlands, pp. 193-202.

Bonny S.P.F., Pethick D.W., Legrand I., Wierzbicki J., Allen P., Farmer L.J., Polkinghorne R.J., Hocquette J.F., Gardner G.E., 2016. European conformation and fat scores have no relationship with eating quality. Anim. 10, 996-1006.

Bonny S.P.F., Hocquette J.F., Pethick D.W., Legrand I., Wierzbicki J., Allen P., Farmer L.J., Polkinghorne R.J., Gardner G.E., 2018. Review: the variability of the eating quality of beef can be reduced by predicting consumer satisfaction. Anim. 12, 2434-2442.

Botreau R., Beauchet S., Laurent C., Hulin S., Hérisset R., Thiollet-Scholtus M., Kanyarushoki C., Boucault P., Renaud-Gentié C., Jourjon F., 2018. Une méthode pour évaluer conjointement performance environnementale et qualité globale des produits-Application aux filières vin et lait. Innov. Agron. 63, 23-42.

Boudon S., Ounaissi D., Viala D., Monteils V., Picard B., Cassar-Malek I., 2020. Label free shotgun proteomics for the identification of protein biomarkers for beef tenderness in muscle and plasma of heifers. J. Proteom. 217, 103685.

Braesco V., Souchon I., Sauvant P., Haurogné T., Maillot M., Féart C., Darmon N., 2022. Ultra-processed foods: how functional is the NOVA system? Eur. J. Clin. Nutr. 76, 1245-1253.

Chazelas E., Pierre F., Druesne-Pecollo N., Essedik Y., Szabo de Edelenyi F., Agaësse C., De Sa A., Lutchia R., Gigandet S., Srour B., Debras C.H., Huybrechts I., Julia C., Kesse-Guyot E., Allès B., Galan P., Hercberg S., Deschasaux-Tanguy M., Touvier M. 2022. Nitrites and nitrates from additives and natural sources and cancer risk: results from the NutriNet-Santé cohort. Int. J. Epidemiol. doi: 10.1093/ije/dyac046.

Coppa M., Verdier-Metz I., Ferlay A., Pradel P., Didienne R., Farruggia A., Montel M.C., Martin B., 2011. Effect of different grazing systems on upland pastures compared with hay diet on cheese sensory properties evaluated at different ripening times. International Dairy J. 21, 815-822.

Danezis G.P., Tsagkaris A.S., Camin F., Brusic V., Georgiou C.A., 2016. Food authentication; Techniques, trends and emerging approaches. Trends in Analytical Chem. 85, 123-132.

Davis H., Magistrali A., Butler G., Stergiadis S., 2022. Nutritional benefits from fatty acids in organic and grass-fed beef. Foods 11, 646.**Dervilly-Pinel G., Guerin T., Minvielle B., Travel A., Normand J., Bourin M., Royer E., Dubreil E., Mompelat S., Hommet F., Nicolas M., Hort V., Inthavong C., Saint-Hilaire M., Chafey C., Parinet J., Cariou R., Marchand P., Le Bizec B., Verdon E., Engel E., 2017**. Micropollutants and chemical residues in organic and conventional meat. Food Chem. 232, 218-228.

Eiras C.E., Prunier A., Meteau K., Nunes do Prado I., Prache S., 2022. Is a short concentrate-finishing period in lambs raised on alfalfa pasture effective at reducing fat indoles contents and lightening meat colour? Anim. 16, 100610.

Eriksen M.S., Rodbotten R., Grondahl A.M., Friedstad M., Andersen I.L., Mejdell C.M., 2013. Mobile abattoirs versus conventional slaughterhouse-Impacts on stress parameters and meat quality characteristics in Norwegian lambs. Appl. Anim. Behav. Sci. 149, 21-29.

Font-i-Furnols M., Guerrero L., 2014. Consumer preference, behavior and perception about meat and meat products: An overview. Meat Sci. 98, 361-371.

FranceAgriMer, 2019. Combien de végétariens en Europe? Synthèse des résultats à partir de l'étude 'Panorama de la consommation végétarienne en Europe' réalisée par le Crédoc pour FranceAgriMer et l'OCHA en 2018, 34 pp.

FranceAgriMer, 2021.Végétariens et flexitariens en France en 2021. Enquête Ifop pour FranceAgriMer. Rapport complet de l'étude, 151 pp.

Fretin M., Ferlay A., Verdier-Metz I., Fournier F., Montel M.C., Farruggia A., Delbes C., Martin B., 2017. The effects of low-input grazing systems and milk pasteurisation on the chemical composition, microbial communities, and sensory properties of uncooked pressed cheeses. International Dairy J. 64, 56-67.

Gaudaré U., Pellerin S., Benoit M., Durand G., Dumont B., Barbieri P., Nesme T., 2022. Comparing productivity and feed-use efficiency between organic and conventional animals. Environ. Res. Lett. 16, 024012.

Gautron J., Réhault-Godbert S., Van de Braak T.G.H., Dunn I.C., 2021. Review: what are the challenges facing the table egg industry in the next decades and what can be done to address them? Anim. 15, 100282.

Guillier L., Duret S., Hoang H. M., Flick D., Nguyen-Thé C., Laguerre O., 2016. Linking food waste prevention, energy consumption and microbial food safety: the next challenge of food policy? Curr. Opin. in Food Sci. 12, 30-35.

Hocquette J.F., Ellies-Oury M.P., Legrand I., Pethick D., Gardner G., Wierzbicki J., Polkinghorne R., 2020. Research in beef tenderness and palatability in the era of big data. Meat and Muscle Biol. 4, 1-13.

Janssen M., Rodiger M., Hamm U., 2016. Labels for animal husbandy systems meet consumer preferences: results from a méta-analysis of consumer studies. J. Agric. and Environmental Eth. 29, 1071-1100.

Kondjoyan A., Chevolleau S., Portanguen S., Molina J., Ikonic P., Clerjon S., Debrauwer L., 2016. Relation between crust development and heterocyclic aromatic amine formation when air-roasting a meat cylinder. Food Chem. 213, 641-646.
Le Boucher R., Dupont-Nivet M., Laureau S., Labbe L., Geurden I., Medale F., Chatain B., Vandeputte M., Quillet E., 2013. Selective breeding and shift to plant-based diets in fish farming. INRA Prod. Anim. 26, 317-326.
Lebret B., Čandek-Potokar M., 2022a. Review: Pork quality attributes from farm to fork. Part I. Carcass and fresh meat. Anim. 16, 100402.
Lebret B., Čandek-Potokar M., 2022b. Review: Pork quality attributes from farm to fork. Part II. Processed pork products. Anim. 16, 100383.
Lemale J., Mas E., Jung C., Bellaiche M., Tounian P., 2019. Vegan diet in children and adolescents. Recommandations from the French-speaking pediatric hepatology gastroenterology and nutrition group. Archives de Pédiatrie 26, 442-450.
Lund T.B., McKeegan D.E.F., Cribbin C., Sandøe P., 2016. Animal Ethics Profiling of Vegetarians, Vegans and Meat-Eaters. Anthrozoös 29, 89-106.
Madoumier M., Azzaro-Pantel C., Gésan-Guiziou G., 2020. Including cleaning and production phases in the eco-design of a milk evaporation process. Food and Bioproducts Process. 123, 427-436.
Marcos-Pardo P.J., Gonzalez-Galvez N., Lopez-Vivancos A., Espeso-Garcia A., Martinez-Aranda L.M., Gea-Garcia G.M., Orquin-Castrillon F.J., Carbonell-Baeza A., Jimenez-Garcia J.D., Velazquez-Diaz D., Cadenas-Sanchez C., Isidori E., Fossati C., Pigozzi F., Rum L., Norton C., Tierney A., Abelkalns I., Klempere-Sipjagina A., Porozovs J., Hannola H., Niemisalo N., Hokka L., Jimenez-Pavon D., Vaquero-Cristobal R., 2020. Sarcopenia, diet, physical activity and obesity in European middle-aged and older adults: the LifeAge Study. Nutrients 13, 8.
Martin B., Graulet B., Uijttewaal A., Ferlay A., Coppa M., Rémond D., 2019. Contribution of dairy products to dietary intake and the influence of dairy cow forage. Fourrages 239, 193-202.
McAuliffe G.A., Takahashi T., Lee M.R.F., 2018. Framework for life cycle assessment of livestock production systems to account for the nutritional quality of final products. Food and Energy Secur. 7, e00143.
Meunier B., Normand J., Albouy-Kissi B., Micol D., El Jabri M., Bonnet M., 2021. An open-access computer image analysis (CIA) method to predict meat and fat content from an android smartphone-derived picture of the bovine 5th-6th rib. Methods 186, 79-89.
Meurillon M., Ratel J., Engel E., 2018. How to secure the meat chain against toxicants? Innovative Food Sci. & Emerg. Technol. 46, 74-82.
Monteiro C.A., Cannon G., Moubarac J.C., Levy R.B., Louzada M.L.C., Jaime P.C., 2018. The UN decade of nutrition, the NOVA food classification and the trouble with ultra-processing. Public Health Nutr. 21, 5-17.
Mourot B.P., Gruffat D., Durand D., Chesneau G., Prache S., Mairesse G., Andueza D., 2014. New approach to improve the calibration of main fatty acids by near-infrared reflectance spectroscopy in ruminant meat. Anim. Prod. Sci. 54, 1848-1852.
Mugnai C., Sossidou E.N., Dal Bosco A., Ruggeri S., Mattioli S., Castellini C., 2014. The effects of husbandry system on the grass intake and egg nutritive characteristics of laying hens. J. Sci. Food and Agric. 94, 459-467.
Papier K., Fensom G.K., Knuppel A., Appleby P.N., Tong T.Y.N., Schmidt J.A., Travis R.C., Key T.J., Perez-Cornago, A., 2021. Meat consumption and risk of 25 common conditions: outcome-wide analyses in 475,000 mean and women in the UK Biobank study. BMC Med. 19, 53.
Picard B., Lebret B., Cassar-Malek I., Liaubet L., Berri C., Le Bihan-Duval E., Hocquette J.F., Renand G., 2015. Recent advances in omic technologies for meat quality management. Meat Sci. 109, 18-26.
Pointereau P., 2019. Le revers de notre assiette: changer d'alimentation pour préserver notre santé et notre environnement. Solagro, Paris, France, 63p.
Ponnampalam E.N., Mann N.J., Sinclair A.J., 2006. Effect of feeding systems on omega-3 fatty acids, conjugated linoleic acid and trans fatty acids in Australian beef cuts: potential impacts on human health. Asia Pac. J. Clinical Nutr. 15, 21-29.
Prache S., Sante-Lhoutellier V., Adamiec C., Astruc T., Baeza-Campone E., Bouillot P.E., Bugeon J., Cardinal M., Cassar-Malek I., Clinquart A., Coppa M., Corraze G., Donnars C., Ellies M.P., Feidt C., Fourat E., Gautron J., Girard A., Graulet B., Guillier L., Hocquette J.F., Hurtaud C., Kesse-Guyot E., Kerhoas N., Lebret B., Lefevre F., Le Perchec S., Martin,B., Médale F., Mirade P.S., Nau F., Pierre F., Raulet M., Remond D., Sans P., Sibra C., Souchon I., Touvier M., Verrez-Bagnis V., Vitrac O., 2020a. Qualité des aliments d'origine animale selon les conditions de production et de transformation. Rapport de l'expertise scientifique collective. INRAE, Paris, France, 1023p, https://www.inrae.fr/actualites/qualite-aliments-dorigine-animale-conditions-production-transformation
Prache S., Martin B., Coppa M., 2020b. Review: Authentication of grass-fed meat and dairy products from cattle and sheep. Anim. 14, 854-863.
Prache S., Adamiec C., Astruc T., Baeza-Campone E., Bouillot P.E., Clinquart A., Feidt C., Fourat E., Gautron J., Girard A., Guillier L., Kesse-Guyot E., Lebret B., Lefevre F., Le Perchec S., Martin, B., Mirade P.S., Pierre F., Raulet M., Remond D., Sans P., Souchon I., Donnars C., Sante-Lhoutellier V., 2022a. Review: Quality of animal-source foods. Anim. 16, 100376.
Prache S., Schreurs N., Guillier L., 2022b. Review: Factors affecting sheep carcass and meat quality attributes. Anim. 16, 100330.
Prache S., Lebret B., Baéza E., Martin B., Gautron J., Feidt C., Médale F., Corraze G., Raulet M., Lefèvre F., Verrez-Bagnis V., Sans P., 2022c. Review: Quality and authentication of organic animal products in Europe. Anim. 16, 100405.
Provenza F.D., Kronberg S.L., Gregorin, P., 2019. Is grassfed meat and dairy better for human and environmental health? Frontiers in Nutr. 6, 26.
Pugliese C., Sirtori F., 2012. Quality of meat and meat products produced from southern Europe pig breeds. Meat Sci. 90, 511-518.
Pussemier L., Mohimont L., Huyghebaert A., Goeyens L., 2004. Enhanced levels of dioxins in eggs from free range hens; a fast evaluation approach. Talanta 63, 1273-1276.
Raffray G., Collignan A., Sebastian P., 2015. Multiobjective optimization of the preliminary design of an innovative hot-smoking process. J. Food Eng 158, 94-103.
Raulet M., Clinquart A., Prache S., 2021. Construction of beef quality through official quality signs, the example of Label Rouge. Anim. 16, 100357.
Rocchi L., Paolotti L., Rosati A., Boggia A., Castellini C., 2019. Assessing the sustainability of different poultry production systems: A multicriteria approach. J. Clean. Prod. 211, 103-114.
Sakkas H., Bozidis P., Touzios C., Kolios D., Athanasiou G., Athanasopoulou E., Gerou I., Gartzonika C., 2020. Nutritional status and the influence of the vegan diet on the gut microbiota and human health. Med.-Lithuania 56, 88.
Salami S.A., Luciano G., O'Grady M.N., Biondi L., Newbold C.J., Kerry J.P., Priolo A., 2019. Sustainability of feeding plant by-products: a review of the implications for ruminant meat production. Anim. Feed Sci. and Technol. 251, 37-55.
Santarelli R.L., Naud N., Taché S., Guéraud F., Vendeuvre J.L., Viau M., Genot C., Corpet D.E., Pierre F.H.F. 2010. Meat processing and colon carcinogenesis: cooked, nitrited and oxidized high-heme cured meat promotes mucin depleted foci in rats. Cancer Prevention Res. 3:8, 852-864.

Schwingshackl L., Hoffmann G., Lampousi A.M., Knuppel S., Iqbal K., Schwedhelm C., Bechthold A., Schlesinger S., Boeing H., 2017a. Food groups and risk of type 2 diabetes mellitus: a systematic review and meta-analysis of prospective studies. Eur. J. of Epidemiol. 32, 363-375.
Schwingshackl L., Schwedhelm C., Hoffmann G., Lampousi A.M., Knuppel S., Iqbal K., Bechthold A., Schlesinger S., Boeing H., 2017b. Food groups and risk of all-cause mortality: a systematic review and meta-analysis of prospective studies. Am. J. of Clinical Nutr. 105, 1462-1473.
Springmann M., Mason-D'Coz D., Robinson S., Wiebe K., Godfrey H.C.J., Rayner M., Scarborough P., 2018. Health-motivated taxes on red and processed meat: a modelling study on optima tax levels and associated health impacts. Plos One 13, e0204139.
Srednicka-Tober D., Baranski M., Seal C.J., Sanderson R., Benbroock C., Steinshamm H., Gromadzka-Ostrowska J., Rembialkowska E., Skwarlo-Sonta K., Eyre M., Cozzi G., Larsen M.K., Jordon T, Niggli U., Sakowski T., Calde, P.C., Burdge G.C., Sotiraki S., Stefanakis A., Stergiadis S., Yolcu H., Chatzidimitriou E., Butler G., Stewart G., Leifert C., 2016a. Higher PUFA and n-3 PUFA, conjugated linoleni acid, alpha-tocopherol and iron, nut lower iodine and selenium concentrations in organic milk: a systematic literature review and meta- and redundancy analyses. Br. J. Nutr. 115, 1043-1060.
Srednicka-Tober D., Baranski M., Seal C.J., Sanderson R., Benbroock C., Steinshamm H., Gromadzka-Ostrowska J., Rembialkowska E., Skwarlo-Sonta K., Eyre M., Cozzi G., Larsen M.K., Jordon T., Niggli U., Sakowski T., Calder P.C., Burdge G.C., Sotiraki S., Stefanakis A., Yolcu H., Stergiadis S., Chatzidimitriou E., Butler, G., Stewart G., Leifert C., 2016b. Composition differences between organic and conventional meat: a systematic literature review and meta-analysis. Br. J. Nutr. 115, 994-1011.
Srour B., Touvier M., 2020. Processed and ultra-processed foods: coming to a health problem? International J. Food Sci. Nutr. 71, 653-655.
Sturaro E., Bedoin F., Bühl V., Cartoni-Mancinelli A., Couzy C., Eppenstein R., McLaughlin S., Pagliacci F., Laithier C., 2022. Consumer's expectations about quality of livestock products: focus groups in 4 European countries. EAAP-73rd Annual Meeting, Porto, Portugal, 607.
Terlouw E.M.C., Picard B., Deiss V., Berri C., Hocquette J.F., Lebret B., Lefèvre F., Hamill R., Gagaoua M., 2021. Review. Understanding the determination of meat quality using biochemical characteristics of the muscle: stress at slaughter and other missing keys. Foods 10, 84.
Theron L., Sayd T., Chambon C., Venien A., Viala D., Astruc, T., Vautier, A., Sante-Lhoutellier, V., 2019. Deciphering PSE-like muscle defect in cooked ham: a signature from the tissue to the molecular scale. Food Chem. 270, 359-366.
Tong T.Y.N., Appleby P.N., Armstrong M.E.G., Fensom G.K., Knuppel A., Papier K., Perez-Cornago A., Travis R.C., Key T.J., 2020. Vegetarian and vegan diets and risks of total and site-specific fractures: results from the prospective EPIC-Oxford study. BMC Med. 18, 353.
Van der Werf H.M.G., Knudsen M.T., Cederberg,C., 2020. Towards better representation of organic agriculture in life cycle assessment. Nat. Sustainability 3, 419-425.
WCRF; AICR; CUP Expert Report, 2018a. Meat, fish and dairy products and the risk of cancer. WCRF International, London, UK.
WCRF; AICR; CUP Expert Report, 2018b. Diet, nutrition, physical activity and cancer: energy balance and body fatness. The determinants of weight gain, overweight and obesity. Diet, nutrition, physical activity and cancer: a global perspective. WCRF International, London, UK.

Evaluation des attentes de groupe multi-acteurs sur la qualité et l'authentification du lait et produits laitiers

ALBERT F. (1), BEDOIN F. (2), COUZY C. (2), MARTIN B. (3), LAITHIER C. (4),
(1) Institut de l'Elevage, service qualité du lait et des produits laitiers, QAP404, CS 52637 – 31321 Castanet Tolosan
(2) Institut de l'Elevage, service Approches Sociales et travail en Elevage, 23, rue Jean Baldassini - 69364 LYON cedex 07
(3) Université Clermont Auvergne, INRAE, VetAgro Sup, UMR Herbivores, F-63122 Saint-Genès-Champanelle
(4) Institut de l'Elevage, service qualité du lait et des produits laitiers, QAP404, 23, rue Jean Baldassini – 69364 LYON cedex 07

RESUME - Le projet de recherche européen INTAQT vise à développer des outils innovants pour l'évaluation et l'authentification de la qualité des viandes de bœuf et de poulet, du lait et des produits laitiers. Il cherche à objectiver le lien entre les modes d'élevage et les critères de qualité intrinsèques de ces produits. Au cœur de la démarche, l'implication de groupes d'acteurs organisés par type de produit : producteurs, transformateurs, distributeurs, associations consuméristes et citoyennes, permet de prendre en compte leurs attentes et craintes. Au début du projet, l'objectif de ces consultations est de formuler des recommandations pour intégrer au dispositif expérimental 1/ des systèmes et pratiques d'élevages d'intérêt pour les acteurs, 2/ des critères de qualité et analyses selon les besoins exprimés. Par ailleurs, l'objectif du projet est de construire un outil de score multicritère, synthétisant l'ensemble des critères de qualité étudiés, et d'en recueillir les attentes et craintes des groupes d'acteurs. Pour y parvenir, des entretiens individuels ont été conduits. En France, 17 acteurs de la filière bovine laitière ont fait l'objet d'entretiens qualitatifs sur leur vision de la qualité, les liens avec l'élevage et leurs réactions sur les différents points du projet. Les critères organoleptique, sanitaire, technologique et nutritionnel constituant la qualité intrinsèque des produits laitiers ont été cités spontanément par tous les types d'acteurs. Il en est de même pour les critères extrinsèques de « naturalité », environnement, bien-être animal, social, et des conditions d'élevage. Le besoin de transparence et de visibilité des modes d'élevage et de la transformation ressort comme un enjeu central, partagé par tous les acteurs. L'environnement, le bien-être animal, la « naturalité des produits » et de la simplification des recettes (limitation des additifs…), sont perçues comme des enjeux croissants. Tandis que la substitution des produits laitiers par les produits végétaux ou de synthèse, représente aux yeux de certains une menace future. Les attentes des acteurs sur le projet INTAQT font écho aux opinions exprimées sur les perspectives d'évolution de la qualité des produits laitiers. Enfin, l'outil de score multicritère divise les acteurs. Certains d'entre eux y voient une opportunité de « contrecarrer » le Nutriscore. D'autres redoutent d'apporter une information supplémentaire complexe à comprendre pour le consommateur. Dans tous les cas, il s'agit de bien définir la cible, et les messages à faire passer. Ces consultations ont permis de mettre au cœur de ce projet de recherche européen les attentes des professionnels et sociétales. Les recommandations permettront de moduler les dispositifs expérimentaux et d'apporter des éléments scientifiques objectivés pour y répondre.

Assessment of French multi-actors' expectations on milk and dairy products quality and authentication

ALBERT F. (1), BEDOIN F. (2), COUZY C. (2), MARTIN B. (3), LAITHIER C. (4),
(1) Institut de l'Elevage, service qualité du lait et des produits laitiers, QAP404, CS 52637 – 31321 Castanet Tolosan

SUMMARY - The H2020 European research project INTAQT aims at developing innovative tools to assess and authenticate beef, chicken, milk and dairy products quality. This project studies more specifically the link between husbandry systems and intrinsic quality criteria. A group of stakeholders is involved to consider their expectations, suggestions and concerns. They represent the whole supply chain, from farmers, to dairy plants, retailers up to citizens and consumers organizations. Their consultations were meant to address recommendations to add to the experimental dispositive 1/ husbandry systems and practices of interest to them, 2/ quality criteria, and analysis according to the expressed needs. Furthermore, one of the challenges in the project is to build a synthetic multicriteria scoring tool including the quality criteria studied and consider stakeholders' expectations and fears. In France, 17 qualitative interviews were led with stakeholders on their views on dairy product quality, its link to husbandry and their reaction about the project. The organoleptic, safety, technological and nutritional criteria, referred as intrinsic dairy product quality were cited spontaneously. As well as the extrinsic factors of naturalness, environment, animal welfare, social aspect and rearing conditions. The need for transparency and visibility related to husbandry and dairy process are considered by all the stakeholders as a central stake. Environment, animal welfare, products naturalness and the recipes simplification are regarded as growing challenges. On the opposite, dairy products substitution by vegetal products or synthetic products represents a real threat to some of them. The stakeholders' expectations on the INTAQT project echo the opinions expressed on the dairy products quality evolution perspectives. Lastly, the multicriteria scoring tool divides the stakeholders. For some of them, this tool could be an opportunity to counterbalance the Nutriscore. Some others fear to bring more complex information to understand to the consumer, getting lost. In any case, stakeholders advised to define precisely the target of such a tool, and the messages to deliver. Those consultations allowed to consider the professional and societal expectations as core questions of this European research program. They will enable to bring some implementations to the experimental dispositive, considering its feasibility. Thus, it will bring objectified scientific elements to answer to those expectations.

INTRODUCTION

L'élevage connaît actuellement une controverse importante en Europe. Les préoccupations et attentes du citoyen et du consommateur sont multiples vis-à-vis de la qualité des produits. Aussi, le projet Européen INTAQT (INovative Tools for Assessment and Authentication of chicken meat, beef and dairy product's QualiTies) cherche à objectiver les liens entre conditions d'élevage et qualité intrinsèque (nutritionnelle, sensorielle et sanitaire) des produits dans 3 filières animales : les viandes de bœuf et poulet, le lait et les produits laitiers. Leur sélection s'explique par le poids de ces secteurs en Europe, mais également par la diversité des systèmes existants. Le présent article se focalisera sur les produits laitiers. A ce titre, la France est le second producteur de lait européen. Elle comptait en 2020, 50 289 fermes laitières livrant du lait de vache pour environ 23,5 milliards de litres de lait collectés (CNIEL, 2022). Une des spécificités de la filière laitière française est la diversité conditions de production et des produits laitiers avec et en particulier la présence d'Indications Géographiques (IG), avec 51 les Appellations d'Origine Protégées (AOP) et 10 Indications Géographique Protégées (IGP) (CNAOL, INAO, 2021). INTAQT permet une approche innovante et originale en intégrant au cœur de ses actions, parmi les pays partenaires, une consultation des acteurs de la chaîne alimentaire du producteur aux consommateur et aux citoyens au travers de groupes multi-acteurs organisés par type de produit où sont exprimées attentes et craintes en vue de leur prise en compte dans le projet. Aussi, une forte interaction existe entre les groupes d'acteurs aux échelles nationales et européennes, et au sein de la communauté scientifique de ce projet. Ces groupes multi-acteurs ont pour rôle la première année du projet d'établir des recommandations concernant la définition du dispositif expérimental, en particulier les critères et analyses à réaliser, les systèmes d'élevage à prendre en compte. L'objet est aussi de recueillir un premier avis sur l'outil d'évaluation multi-scores de la qualité intrinsèque des produits. En amont de la réunion de ces groupes multi-acteurs, une consultation plus large a été conduite en prenant en compte les différents types d'acteurs. Ainsi, des entretiens en face-à-face ont été menés pour prendre en compte toute la diversité d'acteurs et de contexte dans les filières. Cet article se focalisera sur la méthodologie et les résultats obtenus au niveau des entretiens individuels des acteurs français, pour le lait et les produits laitiers.

1-MATERIEL ET METHODES

1.1- LES ACTEURS ENQUETES

Au total, 17 entretiens ont été réalisés, correspondant à 21 personnes dont 4 binômes. Quatre grands types d'acteurs ont été interviewés : des producteurs de lait, des entreprises laitières privées ou coopératives, des représentants de la grande distribution, de restauration collective ou réseau de vente au détail de type crèmeries/ fromageries, ainsi que des associations consuméristes, environnementalistes et welfaristes (cf. tableau 1).

Une attention particulière a été portée sur la sélection des acteurs représentant la filière laitière générale et d'autres représentant les spécificités AOP. Pour garantir cette représentation et diversité, nous avons contacté les organisations nationales correspondantes.

Parmi les 4 producteurs de laits, deux étaient en AOP. Ces choix s'expliquent par : 1/ le poids du secteur bovin laitier français au regard de l'élevage européen, 2/ la spécificité française de la production sous IG, représentant 12% du lait de vache utilisé dans la collecte française (CNAOL, INAO, 2021). Le choix des 7 entreprises laitières privées et coopératives s'explique par la structuration de la filière bovine laitière française, où 54% du lait est collecté par des coopératives et 46% par des entreprises privées. En 2020, ce lait était transformé sur 721 sites de transformation sur le territoire appartenant à 500 entreprises, parmi lesquelles 4 groupes français figurent dans le Top 15 mondial (CNIEL, 2022). Parmi ces 7 acteurs représentant des entreprises laitières privées et coopératives, 2 représentaient les AOP spécifiquement. Ce choix s'explique également par le nombre important d'ateliers de transformation et d'affinage dans le paysage laitier français, respectivement 378 ateliers de transformation et 228 ateliers d'affinage en AOP ou IGP (CNAOL, INAO, 2021).

Les acteurs sélectionnés pour représenter l'aval de la filière, étaient respectivement des représentants de fédérations de la grande distribution, de la restauration collective et des réseaux de vente au détail (crémiers – fromagers). Ce choix est représentatif des modes de consommations de produits laitiers des Français. Environ 2/3 des fromages achetés (AOP ou non AOP) le sont en hypermarché ou supermarché. Et les achats en commerce spécialisés de type crèmeries représentent environ 5% pour les fromages sans IG et 13% pour les fromages AOP. 92% des Français consomment des fromages, beurres et crèmes AOP (CNAOL, INAO, 2021).

Enfin, les associations consuméristes, environnementalistes et welfaristes sélectionnées collaborent régulièrement avec le secteur de l'élevage.

Respectivement, parmi les producteurs et transformateurs, 4 représentaient spécifiquement les AOP, soit 1/3 des entretiens (producteur de lait, producteur fermier, et entreprise privée et coopérative), et 7 représentaient la filière générale, soit 2/3 des entretiens (producteurs de lait, entreprises coopératives et privées, fédérations). Parmi les 17 personnes interviewées, il y avait 9 hommes et 12 femmes (4 binômes).

1.2- CONDUITE DES ENTRETIENS « EN ENTONNOIR »

Ces entretiens qualitatifs semi-directifs ont été menés entre novembre 2021 et janvier 2022, en présentiel ou en distanciel par visio-conférence. Afin d'éviter d'éventuel biais de perception des attentes des acteurs, le guide d'entretien a été conçu en « entonnoir » et comportait deux parties (Kling-éveillard et al., 2012). La première, assez générale, consistait à questionner les acteurs sur leur vision des composantes de la qualité du lait et des produits laitiers, les moteurs d'évolution passée et perspectives futures. Puis, ils étaient interrogés sur leur perception du lien entre condition d'élevage et qualité des produits.

Types d'acteurs représentés	Nombre d'entretiens	Part représentée
Producteurs de lait	4	24%
Entreprises laitières privées ou coopératives	7	41%
Grande distribution, restauration collective, réseau de vente au détail	3	18%
Associations consuméristes, environnementalistes et welfaristes	3	18%

Tableau 1 : Grandes familles d'acteurs interviewés

Dans un second temps, le projet INTAQT leur était présenté. En particulier les analyses initialement prévues au sein des critères nutritionnels, sensoriels et sanitaires étaient présentées, à quoi il leur était demandé leur opinion et d'exprimer leurs attentes et craintes. Il en était de même pour les 3 systèmes d'élevages initialement choisis, à savoir système bovin lait de moyenne montagne avec pâturage et races mixte (production comprise entre 4 000 et 7 000 litres par vache), système de plaine avec herbe et ensilage de maïs et race spécialisée lait (production comprise entre 6 000 et 7 000 litres par vache), système de plaine avec ensilage de maïs et forte production (comprise entre 8 000 et 10 000 litres par vache). Pour le cas de la France, l'enjeu était de déterminer 3 systèmes supplémentaires au sein du dispositif INTAQT selon les attentes des acteurs. Enfin, en troisième lieu, la construction d'un outil de scoring multicritère, basé sur les performances de qualité intrinsèque (nutritionnelle, sensorielle et sanitaire) leur était présenté, ce à quoi il leur était demandé d'exprimer leurs craintes, attentes et d'éventuels éléments à inclure.

1.3-DEPOUILLEMENT ET ANALYSE DU CONTENU THEMATIQUE

Tous les entretiens ont duré en moyenne 2 heures 15 et ont été enregistrés. A chaque entretien une carte mentale synthétisait les propos des acteurs sur leur définition de la qualité du lait et des produits laitiers ainsi que ses facteurs de variations. La prise de note conjointement à la transcription des passages les plus significatifs a permis la construction de la grille de dépouillement. Chaque entretien a fait l'objet d'une fiche-résumé. La grille de dépouillement reprenait les thèmes et sous-thèmes du guide d'entretien, complétés par ceux abordés spontanément par les personnes enquêtées. Elle a constitué le support de l'analyse thématique approfondie.

2-RESULTATS

2.1-PERCEPTION DE LA QUALITE DES PRODUITS LAITIERS

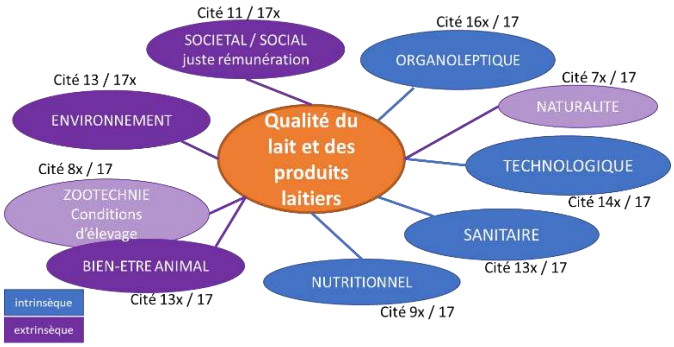


Figure 1 : Perception des principaux critères en lien avec la qualité intrinsèque et extrinsèque des produits laitiers

Vingt-sept éléments relatifs à la qualité ont été cités spontanément par les acteurs interviewés. Plusieurs éléments sont interconnectés. Neuf critères : organoleptique, technologique, environnemental, sanitaire, de bien-être animal, social et sociétal, nutritionnel, zootechnique et de naturalité, sont cités par tous les types d'acteurs (cf. figure 1), provenant de la filière générale et AOP. Ces critères sont des constitutifs intrinsèques (directement liés aux produits alimentaires) de la qualité du lait et des produits laitiers pour moitié mais aussi extrinsèques (critères de qualité liés aux systèmes d'élevage et au secteur agroalimentaire dans son ensemble). Les critères relatifs à la santé et à la proximité / au local, sont également cités les différents types d'acteurs (5/17).

D'autres éléments ressortent également selon les différents types d'acteurs. Les acteurs des AOP citent plus fréquemment le lien à l'image, l'histoire, le patrimoine et le savoir-faire, le lien au lait cru et au microbiote (7 acteurs représentant des producteurs, transformateurs et distributeur). Les représentants des producteurs et transformateurs des filières générale et AOP se réfèrent aux critères de paiement du lait à la qualité, incluant la composition physico-chimique et microbiologique dès lors que l'on questionne la notion de qualité des produits laitiers (7 acteurs). Enfin, sont fréquemment cités le prix payé par le consommateur (6 acteurs représentants des producteurs, de la distribution et des associations citoyennes), la performance socio-économique de la vache et de l'exploitation et de la juste rémunération de l'éleveur (4 acteurs représentant des producteurs et transformateurs). Deux items sont cités par 3 acteurs représentants de l'aval de la filière (transformateurs, distributeurs et représentants d'associations consuméristes) en lien avec la qualité finale du produit : le circuit court et l'emballage du produit laitier.

2.2-PERCEPTION DES ENJEUX ET MENACES FUTURES

Les points de vue concernant les perspectives d'évolution de la qualité sont multiples. La préoccupation environnementale est perçue comme un enjeu majeur, partagé par tous les acteurs. Par ailleurs, le besoin de transparence et visibilité sur l'élevage et la transformation par le consommateur, ressort comme un enjeu majeur et partagé par tous. L'un des enjeux actuels montants relève des questions autour du bien-être animal. La naturalité des produits et la simplification des recettes, sont également perçues comme des questions montantes. Enfin, la substitution des produits laitiers par les produits végétaux ou de synthèse, est considérée comme une menace future pour les produits laitiers, au regard de certains acteurs.

2.3-PERCEPTION DU LIEN AVEC LES MODES D'ELEVAGE

De nombreux éléments sont cités spontanément par les acteurs, en lien entre l'élevage et les critères de qualité du lait et des produits laitiers. Il s'agit plutôt de pratiques mises en relation avec les critères de qualité du lait et des produits laitiers, plutôt que des systèmes d'élevage.

Les pratiques les plus souvent citées en lien avec la qualité du lait et des produits laitiers sont l'alimentation des animaux et l'impact sur la qualité organoleptique, cité par 9 acteurs, représentant tous les types d'acteurs. Il s'agit par exemple du lien entre prairies naturelles et goût, lait plus ou moins gras en été et en hiver et incidence sur la texture et le goût. Puis le lien entre alimentation des animaux et nutrition humaine / santé est cité. Notamment l'exemple le plus fréquent est celui du pâturage ou Bleu Blanc Cœur et des oméga 3, cité par 9 acteurs, représentant des producteurs, transformateurs des filières générale et AOP, et des associations citoyennes. Le lien entre alimentation des animaux et aptitude technologique et / ou culinaire, ressort également, reflétant plus une préoccupation technique des professionnels de la filière laitière dont AOP, cité par 7 acteurs, producteurs, transformateurs, distributeurs. Enfin, le lien entre pratiques agricoles et résidus de contaminants dans les produits laitiers, faisant références aux résidus d'antibiotiques, résidus de pesticides ou bien chlorates dans les laits et les produits laitiers, est cité par 7 acteurs, producteurs, transformateurs, distributeurs et associations consuméristes.

2.4-ATTENTES DES ACTEURS SUR LES CRITERES ET ANALYSES RELATIVES AU PROJET INTAQT

Les acteurs interviewés étaient globalement réceptifs aux critères qui seront analysés (critères sensoriel, nutritionnel et sanitaire), que ce soient les producteurs et les transformateurs de la filière dont les AOP, les distributeurs et les associations consuméristes. Pour 8/17 d'entre eux, les critères et analyses proposées convenaient en l'état ou ils ne se prononçaient pas.

Les acteurs souhaiteraient intégrer différents critères au projet, notamment les critères technologiques, de bien-être animal, de diversité microbienne, environnementaux, de perception du consommateur, notamment le lien à l'acte d'achat (cf. tableau 2 ci-après).

Certains acteurs ont proposé d'intégrer les analyses de résidus d'antibiotiques (5 acteurs, représentant les producteurs, les transformateurs et les associations citoyennes), les résidus de pesticides (3 acteurs, représentants des producteurs et transformateurs), les chlorates (2 acteurs représentants des transformateurs). Quelques analyses ont été citées par des représentants de transformateurs (OGM, variants des caséines, additifs de réduction de méthane, analyses de paiement du lait à la qualité, indicateurs du bien-être animal mesurables sur la matrice lait).

Trois points de vigilance importants, sont indiqués par des acteurs de la transformation. Le premier point concerne des réserves sur l'inclusion d'un critère microbiotique très ambitieux à intégrer, du fait des nombreuses interrogations sur l'applicabilité des données étudiées. Le deuxième point de vigilance relève de l'interprétation qui peut être faite des résultats des tests consommateurs et jurys experts. Ces derniers étant très technologie-dépendants, il s'agit d'être prudents quant à l'interprétation que l'on peut en faire, voire l'extrapolation. Enfin, un dernier point de vigilance concerne la difficulté de transposer des essais en outils pilote recherche et développement sur les outils industriels : les résultats peuvent notamment diverger sur les textures.

2.5-ATTENTES DES ACTEURS SUR LES ELEMENTS RELATIFS A L'ELEVAGE

Les 3 systèmes initialement choisis sont présentés aux acteurs. Ces derniers ne surprennent pas les acteurs, ou certains acteurs n'ont pas l'expertise pour répondre à cette question.

Le projet prévoit d'intégrer 3 systèmes supplémentaires pour la France, selon les attentes des acteurs. Les attentes les plus partagées incluent tout d'abord l'étude de l'herbe sous différentes formes : pâturage de prairies naturelles *vs.* artificielles, foin, ensilage, enrubannage, affouragement en vert), l'inclusion de protéines alternatives au soja. Par ailleurs, des attentes sont exprimées sur des systèmes incluant du maïs sous différentes formes : ensilage de maïs avec différentes proportions, intégration de corn-gluten, intégration d'épis de maïs…. Plusieurs attentes convergent autour de l'inclusion d'éléments relatifs à l'autonomie alimentaire dont les protéines alternatives au soja, des systèmes favorisant l'autonomie alimentaire globale de l'exploitation et / ou l'autonomie protéique (type et forme des protéines à tester), des systèmes valorisant les co-produits (drèches et pulpes…). Quelques attentes sont spécifiées par rapport à la situation géographique tels que l'étude de systèmes de montagne (Alpes / Jura). Enfin certaines attentes font écho aux pratiques agroécologiques (exploitations certifiées Haute Valeur Environnementale, scénarios de transition écologique, « agriculture régénératrice »), et des pratiques alternatives (homéopathie, usage des huiles essentielles…).

Un des acteurs indique qu'il serait pertinent de regarder le type de système étudié, au regard du type de valorisation du lait (lait UHT, beurre, crème, fromage…).

Quatre acteurs (transformateurs, association citoyenne) craignent que les systèmes étudiés ne soient pas suffisamment représentatifs du fait d'un petit nombre de fermes par système.

2.6-ATTENTES ET CRAINTES DES ACTEURS SUR LES OUTILS DE SCORE MULTICRITERE

La perception globale de l'outil de scoring multicritère à développer est très contrastée parmi les acteurs interviewés. Sept acteurs sur 17 n'y trouvent pas d'intérêt et n'en voient pas l'utilité. Certains trouvent l'outil dangereux, en ce qu'un score de sécurité sanitaire peut éveiller des angoisses et une perte de confiance du consommateur. Plusieurs craintes sont émises à l'égard de l'outil de scoring multicritère. La première concerne la complexité de l'outil, rentrant dans un champ très technique et sa difficulté de compréhension. La deuxième relève de la multiplicité des outils de scoring (Nutriscore, Note globale, écoscore…) qui risque de perdre le consommateur. La troisième interroge de manière générale l'utilité du scoring, d'un point de vue consommateur.

A l'inverse, dix des 17 acteurs y trouvent un intérêt, notamment les producteurs de lait et les acteurs des AOP. Pour plusieurs acteurs, l'intérêt perçu de cet outil est la possibilité de nuancer, et de contrecarrer le Nutriscore pour lequel un risque identifié est de voir l'interdiction de publicité des produits classés D ou E.

L'intérêt perçu par un des acteurs est également, la possibilité de fournir des arguments pour les décideurs politiques pour lier questions de santé publique et alimentation. Deux des acteurs d'entreprises de transformation indiquent qu'une des utilités envisagées est l'utilisation intra-entreprise, pour des techniciens et commerciaux d'entreprises de transformation. Un des acteurs indique qu'il s'agit de vérifier si des outils intra-entreprises n'existent pas déjà.

Les attentes des acteurs concernent en premier lieu la définition de la cible de l'outil, cité par 7 acteurs, producteurs et transformateurs de la filière laitière dont AOP, et les associations consuméristes. Aussi, plusieurs acteurs demandent d'avoir des « traductions différentes » de l'outil multicritère selon le public visé, et raisonner l'outil en ayant une capacité adaptative et évolutive. Le besoin de simplifier et vulgariser l'outil est clairement énoncé par 4 acteurs.

Attente d'inclusion des critères suivants :	Nombre de citations	Type d'acteur	Filière générale AOP
Technologique	6	Producteur, Transformateur, Distributeur	Tous
Microbiologique (diversité microbienne)	3	Producteurs, Distributeur	AOP
Bien-être animal	4	Producteur, Transformateur, Association citoyenne	Tous
Environnemental	2	Transformateur, association citoyenne	Générale
Perception du consommateur, lien à l'acte d'achat	2	Transformateur	Tous
Eléments en lien avec la Géobiologie	1	Producteur	AOP
Naturalité	1	Producteur	AOP
Caractéristiques liées à l'usage du produit	1	Asso citoyenne	AOP

Tableau 2 : Attentes des acteurs sur les critères à inclure dans le projet INTAQT

Pour deux acteurs, transformateur et distributeur, il serait important de prendre en compte la portion de produit laitier habituellement consommée dans l'outil, par opposition au Nutriscore pour lequel le score est établi pour 100g de produit. A la question des dimensions à intégrer à l'outil multiscore, tous les types acteurs ont cité le critère environnemental (8 fois). L'inclusion dans l'outil d'un critère lié à la perception sociétale et aux aménités positives induites (maintien de l'activité économique du territoire, ouverture des paysages…) est mentionnée par 4 acteurs représentant les producteurs et les transformateurs. L'intégration du critère de diversité microbienne est demandée par 3 acteurs représentants des AOP.

Par ailleurs, 2 des acteurs (producteurs), souhaitent voir intégrer au sein de l'outil le paramètre relatif aux résidus d'antibiotiques, dans le but de mettre en avant la pratique vertueuse de la filière laitière avec le contrôle systématique de chaque tournée et producteur. Un des acteur (association citoyenne) est intéressé par l'inclusion des bactéries antibiorésistantes, dans le score de sécurité sanitaire.

3-DISCUSSION

La consultation des acteurs, du producteur au consommateur a permis de confirmer l'intérêt porté sur les attributs sensoriels, sanitaires et nutritionnels des produits laitiers. En effet, si la maîtrise sanitaire des produits laitiers a été une priorité historique en France, les attentes en matière sanitaire demeurent fortes à ce jour, marquées en partie par la crise de confiance qu'a pu connaître le secteur de l'élevage, après la crise de vache folle (Delanoue et al., 2018). Par ailleurs, Senan (2022) montre que la considération par le consommateur de la qualité nutritionnelle / santé arrive en seconde place après le prix des produits, ce qui corrobore les attentes d'une partie des acteurs. Le projet INTAQT apportera un regard objectivé sur le lien entre les modes de production et les différentes facettes de la qualité intrinsèque des produits.

La consultation des acteurs a mis en exergue des attentes partagées entre tous types d'acteurs, avec des angles d'approches différents, sur l'inclusion des questions environnementales. Sont questionnées les performances de ces critères extrinsèques au regard de la diversité des modes de production. A ce titre, plusieurs auteurs questionnent l'équilibre à trouver des élevages entre compétitivité, défis sociétaux au travers des modèles de production et des questions environnementales et durabilité (Guesdon et Perrot, 2013 ; Faverdin et Leroux, 2013 ; Filleux et al., 2021). Dollé et al. (2013), montrent que performances environnementales et économiques ne sont pas antinomiques. De même, Delfosse et Rieutort (2018) montrent que les produits de l'élevage, notamment dans les systèmes AOP, ont un rôle multifonctionnel, et en particulier un rôle environnemental, au travers de l'entretien des espaces (réduction des incendies), du paysage et du maintien de la biodiversité. Une méthode d'évaluation conjointe sur la performance environnementale et les composantes sensorielles, technologiques, santé et nutritionnelle de la qualité des produits laitiers a été mise au point dans le projet QUALENVIC. Cependant, une adaptation en vue de son usage opérationnel semble nécessaire (Botreau et al., 2018).

En outre, l'inclusion du critère extrinsèque de bien-être animal ressort comme une attente forte de tous les types d'acteurs, en vue de son objectivation. Ceci fait écho aux propos de Magdelaine et al. (2018) qui ont montré que si la majeure partie de la population affirme ne pas rejeter l'élevage intensif, elle est sensible aux propos des associations de protection animale. Perrot et al. (2018) ont montré que la pratique du pâturage représente 54% des réponses des citoyens comme critère essentiel du bien-être des vaches laitières, ainsi, la diversité des exploitations en France, et leurs pratiques sont globalement en phase avec les attentes du consommateur et du citoyen. Ceci fait écho, dans le projet INTAQT à l'attente forte dans les systèmes d'élevage d'inclure des éléments autour de l'herbe et du pâturage. L'originalité de la consultation multi-acteurs au sein du projet INTAQT est de s'interroger sur le lien avec les différents critères de qualité finale des produits, à l'échelle française mais également européenne.

CONCLUSION

Pour la plupart des acteurs interviewés, le projet INTAQT apportera des éléments analytiques intéressants sur des produits laitiers largement consommés. Les principales attentes concernent l'inclusion des critères technologiques, microbiologiques, de bien-être animal et d'environnement, ainsi que l'intégration parmi le critère de sécurité sanitaire, des résidus d'antibiotiques (stratégie de réassurance), de pesticides et des chlorates. L'étude de différents systèmes d'élevages intéresse la plupart des acteurs, avec une grande diversité de propositions. Les points de vue convergent sur l'étude de protéines alternatives au tourteau de soja « déforestant », le critère environnemental étant une attente sociétale forte. De nombreuses suggestions ont par ailleurs porté sur l'étude de l'herbe sous toutes ses formes. Enfin, l'outil de score multicritère divise les acteurs. Certains d'entre eux y voient une opportunité de « contrecarrer » le Nutriscore. D'autres redoutent d'apporter une information supplémentaire complexe à comprendre pour le consommateur. Dans tous les cas, il s'agit de bien définir la cible, et les messages à faire passer.

Le projet INTAQT fait l'objet de financements de l'Union européenne du programme de recherche et d'innovation Horizon 2020, sous le numéro d'accord de subvention H101000250.

Botreau, R., Beauchet, S., Laurent, C., Hulin, S., Hérisset, R., Thiollet-Scholtus, M., Kanyarushoki, C., Boucault, P., Renaut-Gentié, C., Jourjon, F., 2018. Innovations Agronomiques. 63. 23-42

CNAOL, INAO 2021. Chiffres clés 2020 des produits laitiers AOP et IGP. https://www.produits-laitiers-aop.fr/le-label-aop/les-chiffres-cles/

CNIEL, 2022. In CNIEL. L'économie laitière en chiffres. Edition 2022. 203p.

Delanoue, E., Dockès, A.C., Chouteau, A., Roguet, C., Philibert, A., 2018. INRA Prod. Anim. 31 (1). 51-68

Delfosse, C., Rieutord, L., 2018. Géocarrefour. 92/3. 1-10

Dollé, J.B., Faverdin, P., Agabriel, J., Sauvant, D., Klumpp, K., 2013. Fourrages. 215. 181-191

Faverdin, P., Leroux, C., 2013. INRA Prod. Anim. 26 (2). 71-76

Filleux, S.L., Peyraud, J.L., Caquet, T., 2021. La revue INRAE. 56-77

Guesdon, J.C., Perrot, C., 2010. Bull Acad Vét France. 63 (1). 67-71

Kling-éveillard, F., Frappat, B., Couzy, C., Dockès, A.C., 2012. In INSTITUT DE L'ELEVAGE (Editeur), Les enquêtes qualitatives en agriculture : de la conception à l'analyse des résultats. Paris, France. 21-42.

Magdeleine, P., Roguet, C., Dockès, A.C., Delanoue, E., 2018. Tema. 47. 1-8

Perrot, C., Le Doare, C., Depeyrot, J.N., 2018. Renc. Rech. Ruminants. 24. 437-441

Senan, I., 2022. Conférence Grand Angle Ovin, édition 2022. https://idele.fr/detail-article/gaovin-2022-quelles-reponses-des-entreprises-de-la-grande-distribution-aux-evolutions-des-attentes-societales

Des éleveurs de races bovines locales s'emparent des questions des qualités intrinsèques et extrinsèques de leur viande en collaboration avec des chercheurs

FARRUGGIA A. (1), COUVREUR S. (2), NORMAND J. (3), CHAABOUNI R. (4), ELLIES-OURY MP. (5, 9), SIGNORET F. (6), DROUET M. (7), DENOYELLE C. (8), GRAULET B. (9), (1), RIGA P. (10), PAPILLON S. (5), POUSIN M. (6), BARDOU-VALETTE S. (9), CHADEYRON D. (9), PICARD B. (9), GRUFFAT D. (9), LISTRAT A., (9), MORINIÈRE C. (4) BERGONSO M. (4), BOUTIFARD V. (1), DURAND D. (9)
(1) INRAE, DSLP, F-17450, Saint Laurent de la Prée, France
(2) URSE - Ecole Supérieure d'Agriculture, INRAE, 49007 Angers, France
(3) Institut de l'Elevage - Service Qualité des Carcasses et des Viandes, 23 rue Jean Baldassini, 69364 Lyon cedex 7, France
(4) Fédération des Races de Bretagne, GIE Elevages de Bretagne, Rue Maurice le Lannou, 35042 RENNES Cedex, France
(5) Bordeaux Sciences Agro, 1 cours du général de Gaulle, CS 40201, 33175 Gradignan cedex
(6) Association pour la Valorisation de la Race Bovine Maraîchine et des Prairies Humides, 79 510, Coulon, France
(7) Institut de l'Elevage - Service Qualité des Carcasses et des Viandes, Route d'Epinay, 14310 Villers-Bocage
(8) Institut de l'Elevage - Service Qualité des Carcasses et des Viandes, 149 rue de Bercy, 75595 Paris cedex 12, France
(9) Université Clermont Auvergne, INRAE, VetAgro Sup, UMR Herbivores, F-63122 Saint-Genès-Champanelle
(10) CREGENE - Conservatoire des ressources génétiques du Centre Ouest Atlantique, 79 510, Coulon, France

RESUME - Cette communication présente et croise les démarches de co-construction, les résultats biotechniques et les enseignements de 3 projets de recherche participative visant à caractériser les qualités intrinsèques et extrinsèques de la viande bovine de races locales. Ces projets ont été menés avec 3 collectifs d'éleveurs : l'association des éleveurs de Maraîchines, la Fédération des Races de Bretagne et les associations de races mixtes bretonnes, et le syndicat de défense de l'AOP Maine Anjou. Les résultats de qualités sensorielles et nutritionnelles confirment ceux obtenus sur les races à grands effectifs sur les effets de alimentation à l'herbe par exemple mais fournissent aussi des résultats originaux comme ceux sur la viande de veau rosé. Ils démontrent que les viandes des races locales étudiées présentent des qualités intrinsèques qui ne les déprécient pas malgré des conformations des animaux moindres, voire qui s'avèrent meilleures sur le plan nutritionnel notamment sur la composition en acides gras ou le statut antioxydant. Les analyses réalisées ont permis de répondre aux questionnements des collectifs quant aux pratiques de finition ou aux singularités de la race. La communication pointe la mise en partage des connaissances et l'apprentissage collectif mais aussi la complexité de construire un protocole qui satisfasse pleinement les scientifiques et les éleveurs et qui permette à la fois une valorisation scientifique, et une appropriation des résultats par les éleveurs et les acteurs des filières.

Breeders of local cattle breeds take up the question of the intrinsic and extrinsic qualities of their meat in collaboration with researchers

FARRUGGIA A. (1), COUVREUR S. (2), NORMAND J. (3), DENOYELLE C. (4), ELLIES-OURY MP. (5, 8), PAPILLON S. (5), POUSIN M. (6), SIGNORET F. (6), DROUET M. (7), BARDOU-VALETTE S. (8), CHADEYRON D. (8), PICARD B. (8), GRUFFAT D. (8), LISTRAT A., (8), GRAULET B. (8), MORINIÈRE C. (9), CHAABOUNI R. (9) BERGONSO M., (9), BOUTIFARD V. (1), RIGA P. (10), DURAND D. (8)
(1) INRAE, DSLP, F-17450, Saint Laurent de la Prée, France

SUMMARY – This paper presents and crosses the co-construction approaches, the biotechnical results and the lessons learned from 3 participatory research projects aiming at characterizing the intrinsic and extrinsic qualities of beef from local breeds. These projects were carried out with 3 breeder groups: the association of Maraichine breeders, the Federation of Breeds of Brittany and the associations of mixed breeds of Brittany, and the syndicate for the defense of the PDO Maine Anjou. The results of sensory and nutritional qualities confirm those obtained on the breeds with large numbers of animals on the effects of feeding on grass for example but also provide original results such as those on the meat of pink veal. They show that the meat of the local breeds studied have intrinsic qualities that do not depreciate them despite the lesser conformation of the animals, and even prove to be better in terms of nutrition, particularly in terms of fatty acid composition or antioxidant status. The analyses carried out have made it possible to answer the questions raised by the breeder groups regarding fattening practices or the breed's particularities. The communication points to the sharing of knowledge and collective learning, but also to the complexity of constructing a protocol that fully satisfies scientists and breeders and that allows both a scientific valuation and an appropriation of the results by the breeders and the actors.

INTRODUCTION

La plupart des travaux menés sur les qualités sensorielles et nutritionnelles des viandes bovines portent sur les races allaitantes à grands effectifs telles que la Charolaise ou la Limousine. A ces qualités intrinsèques de la viande, s'ajoute très souvent la notion de qualités extrinsèques (mode de production, bien-être animal, impact sur l'environnement), telle que définie par Lebret et Picard (2015). Pour les races à petits effectifs, peu d'études intégratives sur ces différentes dimensions de la qualité sont disponibles alors qu'elles aideraient les éleveurs à faire connaître et à valoriser leurs produits en circuit de proximité. Pour pallier ce manque de données, plusieurs collectifs d'éleveurs de bovins de race locale ont collaboré avec différentes structures de recherche et instituts techniques pour construire des projets de recherche participative.

L'objectif de cette communication est de présenter les questionnements et motivations des acteurs partenaires de ces projets, l'implication des éleveurs dans les choix et la construction des protocoles, les méthodes, les principaux résultats obtenus et leurs valorisations pour déboucher *in fine*

sur les enseignements que les acteurs tirent de ces expériences. Nous nous appuierons pour cela sur trois projets menés avec (1) l'Association pour la Valorisation de la Race Bovine Maraîchine et des Prairies Humides (Association Maraîchine) et la race Maraîchine essentiellement destinée aujourd'hui à la production de viande (2) la Fédération des Races de Bretagne (FRdB) et les associations de races mixtes bretonnes (Armoricaine, Bretonne Pie Noire (BPN) et Nantaise), (3) le syndicat de défense de l'AOP Maine Anjou (syndicat AOP) et la race allaitante Rouge des Près.

1. LES COLLECTIFS ET LES PROJETS

L'association Maraîchine compte en 2020 127 éleveurs. Le projet « Valoriser la Maraîchine pour conjuguer viande de qualité et préservation des milieux littoraux » (« projet Maraîchine » dans la suite) a été initié par l'unité expérimentale INRAE de Saint-Laurent-de-la-Prée (UE INRAE SLP) en 2018. Il a été construit avec des chercheurs INRAE en collaboration avec l'Ecole supérieure d'agriculture (ESA) d'Angers, la Ligue de protection des oiseaux de Vendée et les éleveurs du conseil d'administration de l'association Maraîchine. Il a été piloté de 2018 à 2021 par un comité de pilotage comprenant 6 membres de la Recherche, 5 éleveurs et un consommateur qui ont été activement impliqués durant toute la durée du projet. L'objectif initial a émané des chercheurs qui ont proposé d'étudier les qualités intrinsèques et extrinsèques de la viande dans l'objectif de produire des éléments quantifiés au service de la vente en circuit court. Il s'agissait d'analyser si les modalités d'élevage et les types d'animaux à l'origine de la viande « Maraîchine » fournissaient une viande aux caractéristiques physico-chimiques, organoleptiques et nutritionnelles intéressantes pour le consommateur. Les éleveurs ont élargi ces objectifs 1/ en mettant en avant l'analyse de la place de la biodiversité dans les qualités extrinsèques, 2/ la caractérisation de la rusticité de leur race, et 3/ en faisant valoir une perspective d'apprentissage pour « savoir parler de leur viande » tout particulièrement dans le contexte de défiance de la viande rouge vis-à-vis des préoccupations en matière de santé et d'environnement des consommateurs.

La Fédération des Races de Bretagne rassemble environ 500 éleveurs professionnels de plusieurs races locales bretonnes de ruminants et de monogastriques. Le projet « Co-construction de la valorisation des races locales bretonnes » (« projet races bretonnes ») a été initié à la demande d'éleveurs rassemblés en GIEE de 2017 à 2020. Les 35 éleveurs du GIEE ont été au cœur de toutes les étapes décisionnelles du projet. Ils souhaitaient d'une part, caractériser et objectiver la composition fine du lait et des viandes ainsi que les qualités organoleptiques de la viande de leurs races. La Fédération a fait appel à INRAE pour l'étude de la qualité du lait et à l'Institut de l'Elevage pour la viande.

Le syndicat de défense de l'AOP Maine Anjou comprend un collège de producteurs, un collège d'apporteurs (groupements et négociants) et un collège de transformateurs (abatteurs et distributeurs) pour un total de 93 éleveurs engagés dans l'appellation en 2019. Le projet « Compétitivité locale et action publique » (« projet AOP Maine Anjou ») a été construit par les chercheurs de l'ESA en partenariat avec le syndicat AOP. Pour les chercheurs, il s'agissait de comprendre les pratiques des éleveurs et les liens à la qualité de la viande telle qu'elle avait été défendue dans le dépôt du dossier AOP; un animal (vache de réforme ou bœuf) n'étant vendu sous AOP qu'à la condition de respecter un poids minimum, un état d'engraissement moyen, une couleur rouge, un persillé moyen, et une tendreté élevée. Pour le syndicat AOP, les objectifs étaient de mieux comprendre les liens entre pratiques et qualité pour éviter des déclassements de carcasses, d'identifier les marges de manœuvre en termes de pratiques permises par le cahier des charges, et d'identifier les nuances de typicité en termes de qualité de viande.

2. LES PROTOCOLES ET LEUR MISE EN OEUVRE

Dans le projet Maraîchine, le protocole expérimental a été élaboré principalement lors d'un séminaire associant les éleveurs du comité de pilotage et les chercheurs. Les chercheurs ont ensuite géré l'entièreté de sa mise en œuvre. Il a été décidé de travailler sur l'effet du type de finition sur la qualité de la viande (herbe pâturée vs concentrés), qui constitue un questionnement récurrent pour les éleveurs (Roche *et al*., 2022). Les études ont porté sur le bœuf, en tant que modèle de la viande d'animaux adultes, et sur le veau rosé, ces deux produits étant les plus commercialisés par les exploitations. Toutes les mesures concernant la viande ont été effectuées sur le muscle *Rectus abdominis*. Ce choix a été dicté par le fait que son prélèvement à l'abattoir n'induit pas de forte dépréciation de la carcasse et donc minimise les pertes économiques pour les éleveurs fournisseurs. De plus, étant considéré comme représentatif de la carcasse, il est bien étudié dans la littérature. Les prélèvements ont été faits sur 18 bœufs (10 finis à l'herbe vs 8 aux céréales ; âge moyen 46 mois+/-10,6) et 30 veaux (15 finis à l'herbe vs 15 aux céréales ; âge moyen 7 mois +/- 1.1), issus de 13 élevages différents répartis dans 3 départements (17, 79 et 85) et abattus dans 5 abattoirs. Les très nombreuses mesures réalisées visaient à analyser les caractéristiques biochimiques et rhéologiques des muscles (typage des fibres, teneur en collagène, force de cisaillement), leurs propriétés sensorielles par un jury d'experts entraînés et par un jury « amateur », et leurs propriétés nutritionnelles (teneurs en lipides, en fer héminique, en antioxydants et en vitamines). En parallèle, des enquêtes ont été menées auprès de 25 éleveurs sur leurs pratiques d'élevage et de vente ainsi que sur leurs représentations vis-à-vis de la race, de la viande, des modes d'élevage, du marais et de la biodiversité.

Dans le projet races bretonnes, les protocoles d'études sur la viande ont été décidés conjointement entre les éleveurs impliqués dans le projet, l'Institut de l'Elevage, et les animatrices de la FRdB. Les études ont porté sur le bœuf en tant que produit le plus commercialisé avec le veau. Les prélèvements à l'abattoir ont été réalisés sur le *Longissimus thoracis*, muscle le plus décrit dans la littérature, récupéré sur 27 bœufs, avec 12 bœufs BPN de 30 à 48 mois, 7 bœufs de race Armoricaine de 42 mois en moyenne, et 8 bœufs de race Nantaise de 60 mois en moyenne, issus de 21 élevages. Les animaux étaient uniquement nourris à l'herbe et au foin. Le choix des animaux et les prélèvements à l'abattoir ont été assurés par la FRdB. L'Institut de l'Elevage a réalisé les analyses portant sur les qualités nutritionnelles (teneur en lipides, composition en AG et teneur en fer héminique) et sensorielles (dégustation par un jury d'experts entraînés). Les viandes des races bretonnes ont été comparées à un témoin, soit une viande de race bouchère spécialisée. Sous l'impulsion des éleveurs, des enquêtes ont été réalisées autour de leurs pratiques et de leurs données techniques et comptables et ont abouti à une caractérisation de leurs itinéraires techniques et de leur empreinte environnementale.

Dans le projet AOP Maine Anjou, les chercheurs ont élaboré le protocole et assuré la logistique des prélèvements. Le syndicat AOP a été impliqué dans la construction des partenariats pour sa mise en œuvre. Le choix de la catégorie d'animal s'est porté sur la vache de réforme dont est issue très majoritairement la viande de la filière. Ainsi, 111 vaches de réforme ont été sélectionnées parmi 45 élevages se différenciant par leurs pratiques de finition en termes de fourrage, quantité de concentré et durée de la phase de finition (Couvreur *et al*., 2013). Au final, 4 pratiques de finition ont été distinguées : une finition longue (142 j) avec un mélange foin/enrubanné et concentré, une finition courte (80 j) au foin ou enrubanné et concentré; une finition moyenne (107 j) au foin avec concentré; une finition courte (86 j) à l'herbe pâturée et concentré. Les animaux ont été abattus dans un seul abattoir. Les analyses se sont concentrées sur l'adiposité de la carcasse (rapport gras/muscle), les caractéristiques

musculaires (type et taille des fibres musculaires et métabolisme énergétique), et les qualités sensorielles au travers de mesures chimique et mécanique de la tendreté (teneur en collagène, force de cisaillement), de colorimétrie et de l'appréciation d'un jury entraîné. Les qualités nutritionnelles n'ont pas été abordées. Toutes les mesures ont été faites sur les deux muscles : *Longissimus thoracis*, et *Rectus abdominis*. Les données individuelles sur les pratiques de finition et les caractéristiques animales ont été collectées auprès des éleveurs ayant fournis les animaux.

3. RESULTATS BIOTECHNIQUES

Les résultats ont été analysés tout d'abord par rapport aux valeurs habituellement rapportés par la littérature chez des bovins « adultes » de race à viande, ces valeurs étant issues de la bibliographie ou des bases de données INRAE, puis dans un second temps, en fonction des questions spécifiques posées par les collectifs.

3.1. LES CARCASSES

Le poids de carcasse moyen des bœufs échantillonnés est de 409 kg en Maraîchine, 396 kg en Armoricaine, 453 en Nantaise et 263 en BPN. Ces poids sont dans la gamme de ceux des bœufs charolais (n=852, https://doi.org/10.15454/UVJH39), hormis pour les bœufs BPN. En revanche, la conformation des carcasses les différencie nettement. A titre d'illustration, les bœufs maraîchins de l'étude ont été classés O pour 39% de l'effectif et R pour 61%, tandis que les bœufs charolais de la base INRAE ont été classés R pour 58% des effectifs et U pour 42% (n=544). Les vaches Maine Anjou de 3 à 10 ans avec des poids de carcasse moyen de 438 ± *36,1* kg sont plus lourdes que les vaches de réforme de la base (401 ± 43,3 kg) (n=831).

3.2. TYPE DE FIBRES

Chez des animaux adultes de race à viande, la répartition du type de fibres selon leurs caractéristiques physicochimiques et métaboliques est la suivante : 34% de fibres de type I (lente oxydative), 38% de type IIA (oxydo-glycolytique) et 28% de type IIX (rapide, glycolytique). La race Rouge des Prés est caractérisée par des muscles plus oxydatifs (avec 37,9% de fibre de type I), cette proportion étant encore plus importante dans la race Maraîchine avec près de 42% de fibres de type I. Cette orientation de la composition en fibres des muscles tend à montrer que les deux races étudiées ici se rapprochent plus des races rustiques (Salers, Aubrac) que des races à viande (Picard *et al.,* 2007). La finition à base d'herbe renforce cette orientation, les muscles des bœufs et des veaux Maraîchins devenant de type plus « lent et oxydatif », confortant ainsi les résultats de la littérature (Jurie *et al.,* 2006).

3.3. QUALITES NUTRITIONNELLES

Les muscles des animaux de race Maraîchine ou bretonnes présentent des teneurs en lipides de l'ordre de 4 à 5 % très comparables à celles rapportées dans les races à viandes pour les mêmes muscles (aux environs de 4%; Gruffat *et al*.; 2015). La composition détaillée de ces lipides montre que leurs muscles sont nutritionnellement plus intéressants avec moins d'AGS totaux (42-43 vs 47%), et plus d'acides gras monoinsaturés (AGMI) (45-48 vs 43%) et des rapports oméga 6/oméga 3 qui varient entre 1,8 à 2,2 pour les races bretonnes et de 2,9 (herbe) à 3,9 (concentrés) pour la race Maraîchine contre 4,5 pour l'animal adulte de race à viande. Cependant, si l'on considère les acides gras les plus bénéfiques pour la santé humaine, seule la finition à l'herbe a un effet significatif en multipliant les teneurs en EPA (acide eicosapentaénoïque) et DHA(acide docosahéxanoïque) par 2 par rapport à une finition aux concentrés.
Les défenses anti oxydantes mesurées au niveau des muscles sont nettement supérieures chez les bœufs Maraîchins par rapport aux adultes de race à viande. Ainsi, la teneur en vitamine E (3,3 vs 1,9 g/100 g muscle), en catalase (12,2 vs 8,7 UI) et en glutathion peroxydase (0,3 vs 0,05 UI) garantissent aux muscles des Maraîchins une meilleure stabilité oxydative au cours des processus de conservation, cuisson et digestion, éléments essentiels pour la santé de l'Homme (Gobert *et al*., 2013). La conduite à l'herbe renforce cette caractéristique, notamment par l'apport de vitamine E (6,0 vs 3,3 g/100 g muscle) chez les bœufs Maraîchins, comme cela a été montré sur les autres races dans la littérature.

3.4. QUALITES SENSORIELLES

Au cours des séances de dégustation organisées avec des jurys entraînés, la viande des veaux Maraîchins finis à l'herbe a été jugée significativement moins tendre et plus rouge que celle des veaux engraissés avec des concentrés. En revanche le jury amateur n'a pas fait de différences entre les viandes de veaux issus des deux types de finition. Ce même jury a toutefois significativement distingué le filet de bœuf de Limousine du filet de bœuf Maraîchine. Les résultats ont été plus démonstratifs lors des dégustations sur les races bretonnes par comparaison à la viande bouchère spécialisée. Les 3 races ont été jugées significativement plus juteuses en première jutosité en bouche et plus pigmentée, avec une couleur à cœur plus proche du saignant à cuisson équivalente, aussi tendre pour l'Armoricaine et la BPN, et avec une flaveur supérieure, une odeur de « grillé » et « d'herbe » plus prononcée et une meilleure persistance aromatique pour la BPN. Pour la viande Rouge des Prés, les analyses ont conforté les qualités mises en avant par l'AOP Maine Anjou en termes de meilleure tendreté, de viande plus rouge, avec plus de persillé, et une persistance aromatique plus forte (Couvreur *et al*. 2013). Pour les vaches de réforme de cette race, les finitions longues avec des niveaux de concentré moyens ont favorisé le persillé alors que les finitions courtes très riches en concentré ont favorisé le gras de carcasse et le marbré avec un risque de déclassement.

3.5. QUALITES EXTRINSEQUES

Les conditions de production de ces élevages rencontrent les aspirations des consommateurs. Dans les 3 projets, les races étudiées sont dans leur berceau d'origine et sont emblématiques de leur territoire. La viande des animaux de race Maraîchine et des races bretonnes est issue de systèmes herbagers ou de polyculture-élevage peu consommateurs en intrants et avec une part d'herbe importante. A titre d'illustration, les deux tiers des éleveurs enquêtés dans le projet Maraichine sont en agriculture biologique. L'alimentation des troupeaux donne priorité à l'herbe et à l'autonomie alimentaire avec la production de concentrés sur la ferme pour l'engraissement. Ces élevages permettent de valoriser de grandes étendues de prairies et notamment de prairies de marais riches d'une grande biodiversité faunistique et floristique dans le cas de l'élevage de vaches Maraîchine. Les éleveurs s'accordent sur la rusticité de leurs animaux et en particulier sur la facilité du vêlage qui ne nécessite pas d'assistance ainsi que sur leur résistance aux maladies qui occasionne de faibles recours aux médicaments. Le respect de l'environnement et de la valorisation de leur territoire est également présent chez les éleveurs. Les diagnostics d'empreinte carbone réalisés dans les fermes bretonnes ont démontré qu'elles émettaient 4 fois moins de CO_2 dans l'atmosphère que la moyenne nationale des fermes en vaches allaitantes (Fédération des races de Bretagne, 2019).
En revanche dans les 3 projets, les enquêtes ont aussi mis en évidence une variabilité importante des modes d'élevage et des pratiques au sein des exploitations. A titre d'illustration, La souplesse permise par le cahier des charges de l'AOP Maine Anjou peut amener certains éleveurs à mettre en place des pratiques assez éloignées de ce qui est défendu en termes d'histoire et de typicité par le syndicat de défense. On peut citer

par exemple la sélection d'animaux à fort développement musculaire alors que le syndicat défend une tradition d'animaux mixtes typés élevage, ou le développement de pratiques de pâturage avec de fortes complémentations en fourrage et concentré alors que le syndicat défend un savoir-faire pastoral avec peu de complémentation. Les enquêtes ont aussi révélé que les valeurs et les représentations portées par les éleveurs des races locales peuvent être très différentes. Dans le projet Maraîchine, quatre profils contrastés d'éleveurs ont ainsi été distingués vis-à-vis de la gestion du territoire, de l'alimentation des animaux et de l'attention portée à la biodiversité, mettant à jour des tensions entre différentes représentations de la sélection et de la valorisation des animaux (Sigwalt *et al*., 2019). Si certains éleveurs, par exemple, mettent en avant la capacité de la race à utiliser les fourrages grossiers à faible valeur nutritive et les végétations spontanées des zones humides et recherchent à engraisser leurs animaux avec de l'herbe, d'autres considèrent que seule une finition basée sur l'utilisation de méteil enrubanné ou des concentrés est acceptable.

3.6. VALORISATION DES RESULTATS

La valorisation académique sous forme d'articles scientifiques pilotée par les chercheurs est bien engagée voire terminée dans le projet AOP Maine Anjou. En revanche, la valorisation pour et par les acteurs des territoires en est à des étapes très différentes selon les projets. Dans le projet Maraîchine, les résultats ont été restitués auprès des éleveurs et des acteurs les plus impliqués mais n'ont pas encore été valorisés à une plus large échelle et notamment auprès de l'ensemble des éleveurs. Une diffusion des résultats sous forme de plaquette ayant pour cible les consommateurs des circuits de proximité et les élus est programmée. Il est prévu qu'elle soit élaborée avec un panel de consommateurs lors d'une manifestation en faveur des races locales. Dans le projet races bretonnes, après la restitution des résultats auprès des éleveurs, les associations de races ont souhaité produire des flyers avec une partie destinée au grand public et un feuillet « pour aller plus loin » pour un public averti. Un communiqué de presse a été diffusé à l'ensemble de la presse agricole. Des « conférences dégustées » ont été organisées à destination des éleveurs, bouchers, restaurateurs et journalistes dans le Finistère et l'Ille et Vilaine, associant la restitution des résultats sur la qualité des viandes à des séances de dégustation avec des binômes éleveur-restaurateur ou éleveur-boucher. D'autres actions sont prévues auprès des éleveurs afin d'améliorer les pratiques et l'organisation des débouchés. Dans le projet AOP, les résultats obtenus permettant de mieux cibler les animaux, d'améliorer les pratiques de finition et d'éviter les déclassements de carcasses ont été largement valorisés par le syndicat sous la forme de conseils techniques auprès des éleveurs. Suite à ces résultats, le syndicat a souhaité continuer son interaction avec les chercheurs pour aider à positionner la viande AOP Maine-Anjou entre tradition et modernité. Cela s'est traduit par un nouveau projet de recherche cette fois porté par le syndicat dont l'objectif était de développer le segment haut de gamme de la viande AOP et de construire avec INRAE les premiers outils de sélection sur des marqueurs génétiques de la tendreté et du persillé.

DISCUSSION ET ENSEIGNEMENTS

Ces trois projets de recherche participative ont produit des résultats biotechniques sur les qualités intrinsèques des viandes de races locales qui confirment certains résultats de la littérature, notamment ceux afférents aux effets de l'alimentation à l'herbe. Ils ont aussi produit des connaissances originales comme celles obtenues sur la viande de veau rosé Maraîchin ou encore sur l'interaction entre la durée de finition et le dépôt du persillé dans le cas de la Rouge des Prés. Ils ont démontré que même si les conformations des animaux des races locales sont moindres que celles des races à viande majeure, leurs viandes présentent des qualités intrinsèques qui ne les déprécient pas, voire qui sont meilleures sur le plan nutritionnel pour certains paramètres, notamment la composition en acides gras ou le statut antioxydant.

L'intégration de l'ensemble des dimensions de la qualité s'est avérée cependant plus complexe que prévue, en particulier pour les qualités extrinsèques et leur périmètre. Cette difficulté renvoie à la nécessité pour ces races locales de la mise à disposition de méthodes et outils permettant d'authentifier les conduites d'élevage répondant à des spécifications ou cahiers des charges préétablis, telle que proposée par Lebret et Picard (2015). Néanmoins, il a été montré qu'au-delà d'être des viandes intéressantes en termes gustatif et de propriétés santé, elles ont aussi d'autres finalités, notamment la valorisation d'un territoire et qu'elles répondent aux enjeux de l'agroécologie d'aujourd'hui, rejoignant en cela l'idée de vache multifonctionnelle à haute qualité territoriale développée par Michaud (2003).

Ces projets ont globalement répondu aux attendus initiaux des collectifs : 1) des différences significatives entre les types de finition et une typicité de la race ont été mises en évidence dans le projet Maraîchine, 2) des différences de jutosité et de pigmentation ont été démontrées dans le projet races bretonnes comparativement à une race bouchère spécialisée considérée de haute qualité dans la filière française et des atouts nutritionnels ont été mis en évidence, et 3) les qualités mises en avant par l'AOP Maine Anjou ont été confortées et des éléments techniques d'accompagnement des éleveurs ont été clairement établis.

L'analyse croisée de ces trois projets a cependant mis en lumière d'autres enseignements quant aux atouts et contraintes de la recherche participative autour de la qualité de la viande. Les acteurs se sont fortement impliqués dans la construction et/ou la mise en œuvre des protocoles mais cette approche collective a impliqué des choix importants pour les chercheurs comme pour les éleveurs. Les questions de qualité intrinsèque ont été abordées *in situ* à partir d'animaux provenant des exploitations, ce qui complexifie énormément la logistique de sélection des animaux et de prélèvements et conduit à des compromis entre faisabilité technique, coût et significativité scientifique, en particulier sur le nombre d'animaux par traitement retenu et sur les catégories d'animaux explorées. A titre d'exemple, le choix du modèle « bœuf » en tant que « représentant » des animaux adultes n'a pas fait l'unanimité chez les éleveurs de vaches Maraîchines mais il permettait une meilleure maitrise de l'effet de l'âge. A l'inverse, le modèle « vache » dans le projet AOP avait contrarié les chercheurs qui craignaient de ne pas pouvoir exploiter les résultats du fait d'une trop grande variabilité attenue entre individus. De même, le souhait des éleveurs de travailler sur plusieurs races locales bretonnes en premier facteur n'a pas permis d'avoir des effectifs suffisants pour explorer plus finement l'effet du régime alimentaire au détriment des objectifs des scientifiques, même si les régimes semblaient assez homogènes entre les élevages.

La valorisation des résultats pour satisfaire l'ensemble des acteurs impliqués dans de tels projets ne va également pas de soi. Elle dépend en partie du degré de compromis accepté par les différents protagonistes sur le protocole et de leur implication dans son pilotage et sa mise en œuvre. Il peut en effet exister un décalage dans les attentes des partenaires, avec d'un côté, une volonté de mettre en avant des caractéristiques des races, et de l'autre, une prudence dans l'interprétation des résultats liée aux faibles effectifs et à la forte variabilité, comme c'est le cas dans le projet races bretonnes. Dans le projet Maraîchine et le projet AOP, si les chercheurs arrivent à fournir pour la communauté scientifique une production académique reconnue à partir des données obtenues, en revanche l'appropriation des résultats et l'apprentissage par les éleveurs et autres acteurs reste ardue au regard de la multitude des données de qualité obtenues associée à la complexité de leur interprétation. La production de documents à destination des éleveurs, consommateurs et acteurs de la filière, comme cela a été fait dans le projet races

bretonnes, semble une bonne piste mais avec la limite de ne pas être dans le champ de compétence et d'intérêt des chercheurs et d'être réservée aux personnes qui prennent le temps de lire. La médiation avec des « humains » a l'avantage de pouvoir s'adapter et d'être accessible au plus grand nombre. Elle implique cependant de viser soigneusement des temps de disponibilité des différents acteurs des filières de la viande et d'être pris en charge par les collectifs non chercheurs du projet, à l'image de ce qui a été mis en œuvre dans le projet races bretonnes avec les conférences dégustées.

Au final, ces projets ne produisent pas seulement des résultats biotechniques sur la qualité de la viande. Ils permettent aussi la confrontation des éleveurs au monde scientifique et vice versa, la mise en partage de connaissances et l'apprentissage collectif et ils font émerger d'autres questions au regard des résultats. Même si la qualité de la viande est un sujet complexe, il constitue aussi une « scène » au sein de laquelle les acteurs impliqués peuvent débattre collectivement des pratiques et des façons de la valoriser. Il est donc un objet de débat particulièrement propice à des travaux de recherche participative, permettant d'aborder, *via* le produit, les qualités extrinsèques attendues dans la transition agroécologique de l'élevage. Cette « scène » est d'autant plus active, que les races locales constituent des espaces de médiation pour expérimenter et discuter les trajectoires possibles de la race grâce à la diversité des éleveurs et à leur implication vis-à-vis de leur territoire. Les résultats de ces projets devraient contribuer à croiser et peut-être à fédérer des approches entreprises jusqu'alors territoire par territoire, à capitaliser les enseignements obtenus race par race et à soutenir l'intérêt des démarches agroécologiques en élevage.

Les auteurs remercient la Fondation de France, les Régions Pays de Loire et Bretagne, le département d'Ille et Vilaine, le GIE élevages de Bretagne et le Syndicat de Défense de l'AOP Maine Anjou.

Couvreur S., Le Bec G., Micol D., Aminot G., Picard B. 2013. Renc. Rech. Rum., 20, 165 -168

Fédération des races de Bretagne, 2019. Plaquette 32p.

Gobert M., Damon M., Durand D. 2013. Cahiers de Nutrition et Diététique, 48, 225-232

Gruffat D., Picard B., Bauchart D., Micol D. 2015. INRAE Prod. Anim., 28, 99-103

Jurie C., Martin J.-F., Listrat A., Jailler R., Culioli J., Picard B. 2006. Animal Science, 82, 415-421

Lebret et Picard. 2015. INRAE Prod. Anim., 28, 93-98

Michaud D., 2003. Courrier de l'environnement de l'INRA, 48, 45-52

Picard B., Jurie C., Bauchart D., Dransfield E., Ouali A., Martin J.-F., Jailler R., Lepetit J., Culioli J. 2007. Sciences des aliments, 27, 168-180

Roche B., Farruggia A., Pousin M., Riga P., Chataigner C., Boutifard V., Prieur M., Roux P., Cooke A.S, Rivero M.J. 2022. Ruminants, 2, 173-187

Sigwalt A., Farruggia A., Couvreur S., Petit T., Roche B. 2019. Forum Origin, Diversity and Territories, Dec 2019, Lausanne, Switzerland

Mise au point d'équations basées sur le Moyen Infra Rouge pour estimer la fromageabilité des laits de vache en France

LAITHIER C. (1), EL JABRI M. (1), WOLF V. (2), GAÜZERE Y. (3), CUVILLIER I. (3), BUCHIN F. (3), ROLET-PECAUD O. (4), BEUVIER E. (4), TROSSAT P. (5), NOTZ E. (6), LECOMTE C. (7), LAURENT C. (8), GELE M. (1), REY-CADILHAC L. (8), GAUDILLIERE N. (2), GROSPERRIN P. (2)

(1) IDELE, 75012 Paris, France
(2) Conseil Elevage 25-90, 25640 Roulans, France
(3) ENILBIO, 39800 Poligny, France
(4) INRAE, URTAL, F-39800 Poligny, France
(5) ACTALIA, 39800 Poligny, France
(6) CTFC, 39800 Poligny, France
(7) Eliance, 75012 Paris, France
(8) Université Clermont Auvergne, INRAE, VetAgro Sup, UMR Herbivores, F-63122 Saint-Genès-Champanelle, France

RESUME

La « fromageabilité » des laits destinés à la transformation fromagère, définie comme l'aptitude du lait à se transformer en fromage est un des critères de réussite des procédés de fabrication. Celle-ci est en lien direct avec la qualité des produits et son importance économique est majeure. Grâce à un premier projet FROM'MIR (2015-2018), des équations MIR (spectrométrie moyen infrarouge) d'estimation de la fromageabilité des laits, établies en contexte IGP/AOP franc-comtois, ont été mises au point pour la première fois en France sur la base de 420 laits issus d'élevages de vaches en race Montbéliarde des 3 échelles : laits individuels (250), laits de troupeaux (100), laits de cuve de fromagerie (70). Afin de consolider, voire d'améliorer les équations mises au point, d'autres données ont été acquises en France au travers de collaborations avec le consortium FROM'MIR. Les équations portant sur le critère de rendement fromager et sur l'aptitude à la coagulation enzymatique ont pu être développées sur l'ensemble des données (n=1332). Les équations FROM'MIR ont été consolidées avec l'apport de ces nouvelles données. Les nouvelles équations mises au point en élargissant le jeu de données sont ainsi valables quel que soit le contexte, IGP/AOP Franche Comté ou en dehors. Par ailleurs, les équations restent performantes quelle que soit la race, excepté pour la Jersiaise, Abondance et Tarentaise, en raison de faibles effectifs et/ou de laits à caractéristiques extrêmes. Pour ces 3 dernières races, les résultats méritent d'être approfondis en envisageant d'analyser d'autres laits. Les résultats obtenus laissent présager l'utilisation de ces équations pour d'autres races que la Montbéliarde à des fins d'évaluation génétique. La valorisation opérationnelle de ces nouveaux phénotypes issus du contrôle de performances est actuellement en discussion. Les éleveurs de race Montbéliarde bénéficient déjà d'outils pour la sélection génétique grâce à la mise en place d'une chaine d'évaluation génétique privative développée par le consortium FROM'MIR.

Mise au point d'équations basées sur le Moyen Infra Rouge pour estimer la fromageabilité des laits de vache en France

LAITHIER C. (1), EL JABRI M. (1), WOLF V. (2), GAÜZERE Y. (3), CUVILLIER I. (3), BUCHIN F. (3), ROLET-PECAUD O. (4), BEUVIER E. (4), TROSSAT P. (5), NOTZ E. (6), LECOMTE C. (7), LAURENT C. (8), GELE M. (1), REY-CADILHAC L. (8), GAUDILLIERE N. (2), GROSPERRIN P. (2)

SUMMARY

The cheese-making ability, defined as the ability of milk to be transformed into cheese, is one of the criteria for the success of the manufacturing process. It is directly linked to the quality of the products and its economic importance is major. Thanks to a first FROM'MIR project (2015-2018), MIR (medium infrared spectrometry) equations for estimating the cheese-making ability of milk, established in the context of the Franche-Comté IGP/PDO, were developed for the first time in France on the basis of 420 milk from Montbéliarde breed cows on 3 scales: individual milk (250), herd milk (100), and cheese factory tank milk (70). In order to consolidate and even improve the equations developed, other data were obtained in France through collaboration with the FROM'MIR consortium. The equations concerning the cheese yield criterion and the aptitude for enzymatic coagulation were developed on all the data (n=1332). The FROM'MIR equations were consolidated with the addition of these new data. The new equations developed by expanding the data set are thus valid regardless of the context, Franche Comté PDO/IGP or not. Moreover, the equations remain efficient whatever the breed, except for Jersiaise, Abondance and Tarentaise, because of low numbers and/or extreme milk characteristics. For these last 3 breeds, the results have to be deepened by considering to analyze other milks. These results suggest that the equations can be used for other breeds than Montbéliarde for genetic evaluation purposes. The operational valorisation of these new phenotypes resulting from performance control is currently under discussion. Montbéliarde breeders already benefit from genetic selection tools thanks to the implementation of a private genetic evaluation chain developed by the FROM'MIR consortium.

INTRODUCTION

La « fromageabilité » des laits destinés à la transformation fromagère, définie comme l'aptitude du lait à se transformer en fromage, est un des critères de réussite des procédés de fabrication. Celle-ci est en lien direct avec la qualité des produits et son importance économique est majeure. Actuellement, en France, cette fromageabilité est évaluée en routine de manière indirecte via la composition du lait (TP, TB) pour les laits individuels à partir des données du contrôle de

performances et pour les laits de troupeaux dans le cadre du paiement du lait à la qualité. Grâce à un premier projet FROM'MIR (2015-2018), des équations MIR (spectrométrie moyen infrarouge) d'estimation de la fromageabilité des laits, établies en contexte IGP/AOP franc-comtois, ont été mises au point pour la première fois en France sur la base de 420 laits issus d'élevages de vaches en race Montbéliarde des 3 échelles : laits individuels (250), laits de troupeaux (100), laits de cuve de fromagerie (70) prélevés sur une année sur au moins deux périodes hivernales et estivales. Ainsi, les paramètres liés au rendement fromager évalué au laboratoire ainsi que certains liés à l'aptitude à la coagulation enzymatique (modèles pâtes molles et pâtes pressées cuites) ont pu faire l'objet d'équations MIR, les meilleures performances ayant été obtenues sur les laits individuels (Laithier *et al.,* 2020). Afin de consolider, voire d'améliorer les équations mises au point, d'autres données ont été acquises au travers de collaborations avec le consortium FROM'MIR. Les performances des équations obtenues seront présentées ici, tout en étant comparées à celles initialement obtenues dans le cadre du projet FROM'MIR puis évaluées selon le contexte (IGP/AOP Franche Comté ou hors IGP/AOP Franche Comté) et selon la race.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. LAITS ANALYSES

Les données utilisées ont été acquises au travers du projet FROM'MIR (détails en introduction) puis grâce à des collaborations avec le consortium FROM'MIR (tableau 1). Cinq cent huit laits sont issus de la zone AOP de Franche Comté, prélevés à la fin du programme FROM'MIR (2017-2018) et dans le cadre de projets ultérieurs : PEI Emergence (2018) et Observalait (2019-2021). Quatre-vingt-douze laits de troupeaux, de race Prim'Holstein ou Montbéliarde, ont été collectés en 2020 sur 3 périodes de mi-juin à mi- novembre dans le cadre du projet Overallmilkqual au niveau de 3 grandes régions (Grand Ouest ; Massif Central ; Est avec bassin lyonnais et zone AOP Franche Comté). Enfin, 312 laits individuels de vache ont été prélevés sur 2020-2021 en collaboration avec le consortium OptiMIR dans 22 départements français. Ils proviennent de 10 races de vaches laitières différentes : Montbéliarde, Normande, Brune, Simmental, Vosgienne, Rouge Flamande, Prim'holstein, Jersiaise, Abondance et Tarentaise.

Le second jeu d'équations a ainsi été construit à partir de l'analyse de 1332 laits des 3 échelles : laits individuels, laits de troupeaux et laits de cuve (tableau 1).

Origine des données	Laits individuels	Laits de troupeaux	Laits de cuve
FROM'MIR-(2015-18)	250	100	70
Fin FROM'MIR, PEI Emergence et Observalait	162	231	115
Collaboration OptiMIR	312	-	-
Overallmilkqual	-	92	-
Total	724	423	185

Tableau 1 Nombre de laits utilisés selon le type et l'origine des données

OptiMIR : Composé d'Eliance et de 34 entreprises de son réseau en charge notamment de la collecte de données pour le contrôle de performance officiel

1.2. MODALITES DE PRELEVEMENT ET D'ANALYSES

Tous les échantillons de lait frais, cru et entier, ont été collectés en conditions strictes d'hygiène, immédiatement refroidis à 4°C. Les laits collectés dans la zone franc-comtoise (FROM'MIR, PEI Emergence, Observalait) ont été analysés dans les 24 heures. Les autres prélèvements de lait, analysés dans les 48 heures, ont fait l'objet d'ajout de bronopol, ce conservateur n'ayant pas montré d'effet sur les résultats matière grasse et protéines en analyses de référence et en MIR (Leray et al., 1994 ; Baptiste et Trossat, 2000). De plus, une maturation chaude de 60 minutes au lieu de 30 minutes a été appliquée avant emprésurage pour compenser le plus long report au froid, en rétablissant les équilibres minéraux.

Tous ces échantillons de lait ont été analysés par spectrométrie MIR. Les spectres ont été standardisés selon la méthode développée par le CRAW et utilisée par le consortium OptiMIR (Grelet *et al.,* 2015). Le rendement fromager de laboratoire a été apprécié en mesurant le rendement théorique par centrifugation selon la méthode de Hurtaud *et al.* (1995). Les deux modes d'expression retenus sont les rendements de laboratoire frais et en extrait sec (ES = Extrait Sec de caillé rapporté à l'Extrait Sec du lait mis en œuvre en %).

L'aptitude à la coagulation enzymatique a été évaluée à l'aide de l'instrument Formoptic, Formagraph (Foss) modifié par l'ENILBIO et la société Chr Hansen pour automatiser l'enregistrement des paramètres d'aptitude à la coagulation enzymatique. Ces paramètres ont été mesurés selon deux modalités d'emprésurage simulant les deux modèles fromagers étudiés (pâtes molles (PM) et pâtes pressées cuites (PPC)), excepté pour les données Overallmilkqual où l'aptitude à la coagulation n'a été mesurée que selon le modèle PPC.

Différents paramètres peuvent être extraits de la cinétique de coagulation (Figure 1) : aR - la fermeté du gel à une fois le temps de prise, exprimée en indice de fermeté (IF = voltx10) ; a2R - la fermeté à deux fois le temps de prise ; Tg10 - la tangente à 10 IF ou vitesse d'organisation du gel ; K10 – le temps nécessaire pour obtenir une fermeté de 10 IF à partir du temps de prise en minutes ; R – le temps de prise en minutes.

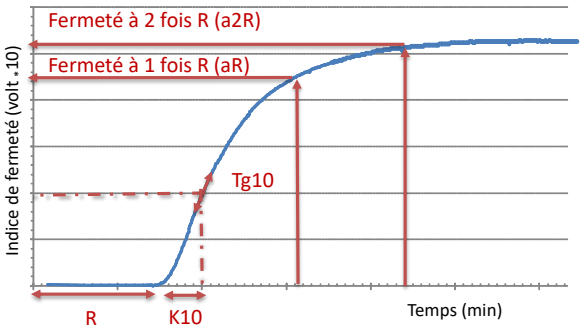


Figure 1 : Définition des paramètres d'aptitude à la coagulation enzymatique mesurés avec le Formoptic

1.3. TRAITEMENT ET ANALYSE DES DONNEES

Les équations portant sur le critère de rendement fromager et sur l'aptitude à la coagulation enzymatique ont été développées sur l'ensemble des données disponibles. Ces équations, prenant en compte l'ensemble des laits, quelle que soit l'échelle, ont été établies par analyse de régression PLS « Partial Least Square » avec un jeu de calibration (2/3 des données) et un jeu de validation externe (1/3 des données). La présence d'éventuelles valeurs aberrantes dans les données a été vérifiée. Elles ont été éliminées des données de référence en utilisant le test de Grubbs (Grubbs, 1969). La distance de Mahalanobis standardisée a été également calculée afin d'écarter les spectres aberrants. Sur l'ensemble des données, une non- linéarité a été observée en mettant en relation les données de référence d'aptitude à la coagulation enzymatique et les données estimées par les équations. Une transformation racine carrée a été réalisée sur ces données d'aptitude à la coagulation enzymatique, ce qui n'avait pas été effectué sur le jeu de données initial FROM'MIR.

Données	N	Moy	ET	Biais	Sy,x	R^2	RPD	RMSEP
Rendement laboratoire frais (%)								
FROM'MIR (2015-2018)	122	36,12	7,22	0,19	2,74	0,85	2,60	2,96
Toutes	351	38,11	8,21	0,07	3,46	0,82	2,37	3,46
Rendement laboratoire ES (%)								
FROM'MIR	123	65,73	5,10	0,08	1,67	0,89	3,05	1,67
Toutes	353	67,14	5,49	0,03	1,90	0,88	2,88	1,91
R (temps de prise) – modèle PPC (min)								
FROM'MIR	123	31,42	6,29	0,32	5,53	0,23	1,14	5,53
Toutes sans transformation	369	33,10	6,77	0,33	5,72	0,29	1,18	5,75
Toutes avec transformation	366	33,90	7,91	-0,15	6,30	0,37	1,25	6,30
K10/R (inverse vitesse d'organisation du gel) – modèle PPC								
FROM'MIR	118	0,373	0,099	0,01	0,06	0,62	1,62	0,06
Toutes sans transformation	366	0,368	0,110	-0,00	0,08	0,46	1,36	0,08
Toutes avec transformation	363	0,373	0,118	-0,00	0,07	0,63	1,63	0,07
aR (fermeté du gel au temps de prise) – modèle PPC (IF)								
FROM'MIR	121	18,67	2,65	-0,27	1,41	0,72	1,88	1,44
Toutes sans transformation	375	18,95	3,01	0,08	1,75	0,67	1,73	1,76
Toutes avec transformation	366	19,01	2,98	0,08	1,67	0,69	1,79	1,68
Tg10 (vitesse d'organisation du gel) – modèle PPC (IF/min)								
FROM'MIR	122	7,16	2,26	-0,18	1,87	0,32	1,21	2,01
Toutes sans transformation	373	7,38	2,62	-0,02	1,99	0,43	1,32	1,99
Toutes avec transformation	370	7,46	3,11	-0,11	2,14	0,53	1,45	2,16
R (temps de prise) – modèle PM (min)								
FROM'MIR	120	17,14	2,74	-0,07	2,43	0,22	1,13	2,47
Toutes sans transformation	311	17,63	3,41	-0,05	2,80	0,33	1,22	2,80
Toutes avec transformation	314	17,82	3,59	-0,01	2,69	0,44	1,33	2,69
K10/R (inverse vitesse d'organisation du gel) – modèle PM (IF)								
FROM'MIR	115	0,368	0,113	0,01	0,07	0,62	1,61	0,07
Toutes sans transformation	305	0,367	0,111	-0,01	0,08	0,54	1,47	0,08
Toutes avec transformation	313	0,371	0,117	0,00	0,07	0,65	1,68	0,07
aR (fermeté du gel au temps de prise) – modèle PM (IF)								
FROM'MIR	120	19,06	2,88	-0,29	1,50	0,73	1,92	1,52
Toutes sans transformation	315	19,21	3,06	0,10	1,71	0,69	1,79	1,72
Toutes avec transformation	311	19,37	2,93	-0,06	1,57	0,71	1,86	1,61
a2R (fermeté du gel au temps de prise) – modèle PM (IF)								
FROM'MIR	119	23,06	2,24	-0,30	1,34	0,64	1,67	1,38
Toutes sans transformation	315	23,31	2,68	0,087	1,56	0,66	1,71	1,58
Toutes avec transformation	308	23,38	2,46	-0,03	1,38	0,68	1,78	1,41
Tg10 (vitesse d'organisation du gel) – modèle PM (IF/min)								
FROM'MIR	120	13,99	4,23	-0,31	3,19	0,44	1,33	3,22
Toutes sans transformation	318	14,38	5,10	-0,02	3,47	0,54	1,47	3,48
Toutes avec transformation	309	14,51	5,27	-0,37	3,12	0,65	1,69	3,15

Tableau 2 Performances des équations en validation externe sur toutes les données (avec ou sans transformation pour les données Formoptic) comparées à celles de FROM'MIR (sans transformation pour les données Formoptic)
Sigles : se référer au paragraphe 1.3
R^2 (Coppa et al., 2010) : Excellent : > 0,91 ; Bon : entre 0,82 et 0,90 ; Moyen : entre 0,66 et 0,81 ; Mauvais : < 0,66
RPD (Viscarra Rossel et al., 2006) : Excellent : > 2,5 ; Très bon : entre 2 et 2,5 ; Bon : entre 1,8 et 2 ; Moyen : entre 1,4 et 1,8 ; Mauvais : entre 1 et 1,4

La performance des équations a été appréciée au travers de différents critères. Le biais moyen, moyenne de la différence entre les prédictions et les données de référence doit tendre vers zéro et l'écart type résiduel (Sy,x), dispersion observée de la différence entre les valeurs estimées par l'équation et les données de référence, doit être le plus faible possible. Le R^2 correspond au pourcentage de variabilité expliqué par l'équation et le RPD (Ratio of Performance to Deviation), critère de précision, au rapport entre la dispersion des données de référence et l'erreur de prédiction. Les performances sont classées selon Coppa *et al.* (2010) pour le R^2 et Viscarra Rossel *et al.* (2006) pour le RPD. Le RMSEP (Racine carrée de l'erreur quadratique moyenne entre les données de référence et les données prédites) a également été calculé.
Ces performances ont été comparées à celles des équations établies initialement dans FROM'MIR selon la même méthodologie (El Jabri *et al.,* 2019). Elles ont aussi été évaluées selon le contexte (IGP/AOP Franche Comté ou hors IGP/AOP Franche Comté) et selon la race.

2. RESULTATS

2.1. PERFORMANCES DES EQUATIONS COMPAREES A CELLES MISES AU POINT DANS FROM'MIR

Le critère le mieux prédit (tableau 2) est le rendement laboratoire que ce soit en frais ou en extrait sec (bonnes performances pour R^2 et excellentes (ES) ou très bonnes (frais) pour le RPD). Pour l'aptitude à la coagulation enzymatique, après transformation des données, le paramètre le mieux prédit est la fermeté du gel à une fois le temps de prise, quel que soit le modèle, avec de bonnes performances (PPC) ou moyennes (PM) pour le RPD et moyennes pour le R^2. Les performances sont moindres pour la fermeté à deux fois le temps de prise (PM) et deviennent mauvaises concernant le R^2, moyennes pour le RPD pour les vitesses d'organisation des gels. Les performances sont mauvaises pour le temps de prise, quel que soit le modèle.
Pour la plupart des paramètres, la performance des équations sur l'ensemble des données n'est que très légèrement différente de celle des équations FROM'MIR (tableau 2). Les

différences notables, dans le sens d'une amélioration, concernent R, Tg10 quel que soit le modèle mais les performances sur le R^2 restent mauvaises et mauvaises à moyennes sur le RPD selon le paramètre. Comme le montrent les résultats avant et après transformation des données, cette amélioration est due en partie à la prise en compte de la non-linéarité en appliquant la transformation racine carrée aux données brutes de référence. Cette dernière permet de maintenir les performances des équations pour les autres paramètres d'aptitude à la coagulation.

2.2. PERFORMANCES DES EQUATIONS EN FONCTION DU CONTEXTE

La re-prédiction des paramètres à l'aide des équations sur les jeux partiels de données : contexte IGP/AOP Franche Comté ou hors IGP/AOP Franche Comté a été effectuée, le tableau 3 illustrant les résultats pour le rendement et l'aptitude à la coagulation enzymatique en modèle PPC. La comparaison des performances des équations ne montre pas de différences importantes selon le contexte quel que soit le paramètre étudié. Les nouvelles équations mises au point en élargissant le jeu de données sont ainsi valables quel que soit le contexte, IGP/AOP Franche Comté ou en dehors.

L'analyse des résultats (non présentés ici) montrent que les équations restent performantes quelle que soit la race, excepté pour la Jersiaise, Abondance et Tarentaise, en raison de faibles effectifs et/ou de laits à caractéristiques extrêmes. Pour ces 3 dernières races, les résultats méritent d'être approfondis en envisageant d'analyser d'autres laits.

Données	N	Moy	ET	Biais	Sy,x	R^2	RPD	RMSEP
Rendement laboratoire frais (%)								
Contexte IGP/AOP Franche Comté	895	37,05	6,33	0,02	2,51	0,84	2,52	2,51
Hors contexte IGP/AOP Franche Comté	247	39,73	10,04	0,08	2,66	0,93	3,78	2,65
Rendement laboratoire ES (%)								
Contexte IGP/AOP Franche Comté	902	66,57	4,40	-0,04	1,44	0,89	3,05	1,45
Hors contexte IGP/AOP Franche Comté	251	67,76	6,93	0,16	1,48	0,96	4,69	1,50
K10/R (inverse vitesse d'organisation du gel) – modèle PPC								
Contexte IGP/AOP Franche Comté	904	0,349	0,080	0,00	0,04	0,75	1,99	0,04
Hors contexte IGP/AOP Franche Comté	299	0,380	0,106	-0,01	0,06	0,72	1,90	0,06
aR (fermeté du gel au temps de prise) – modèle PPC (IF)								
Contexte IGP/AOP Franche Comté	899	19,58	2,23	-0,12	1,06	0,78	2,11	1,07
Hors contexte IGP/AOP Franche Comté	303	18,66	3,15	0,29	1,40	0,80	2,25	1,43
Tg10 (vitesse d'organisation du gel) – modèle PPC (IF)								
Contexte IGP/AOP Franche Comté	896	7,81	2,18	-0,13	1,37	0,61	1,60	1,38
Hors contexte IGP/AOP Franche Comté	309	6,72	3,22	0,09	1,65	0,74	1,95	1,66

Tableau 3 Performances des équations rendement et aptitude à la coagulation enzymatique -PPC en fonction du contexte (IGP/AOP Franche Comté ou hors IGP/AOP Franche Comté)

3. DISCUSSION

Depuis une dizaine d'années, des travaux se penchent sur la recherche de méthodes prédictives rapides, à grande échelle et peu coûteuses par l'intermédiaire du MIR dans le but de déterminer la composition fine des laits et leur fromageabilité. Les études portent majoritairement sur les laits individuels avec parfois des laits de troupeaux. Il n'existe pas à notre connaissance de références sur les laits de cuves. Les travaux ont notamment démontré la faisabilité d'estimer le rendement fromager, l'aptitude à la coagulation enzymatique à partir du spectre MIR (DeMarchi *et al*., 2014).

Les critères de rendement au laboratoire ou par mini-fabrications sont bien prédits par le MIR (Colinet *et al.,* 2013 ; Ferragina *et al.,* 2013).

Les performances des équations sur l'aptitude à la coagulation sont variables en fonction des paramètres et des études, en fonction des méthodes de référence utilisées et de la variabilité des données utilisées. Le temps de prise est parfois très bien prédit (De Marchi *et al.,* 2012 et 2013) contrairement à notre étude : le pH est un facteur important de variation du temps de prise mais dans FROM'MIR, le choix a été fait de standardiser les pH au pH usuel d'emprésurage de la technologie considérée, comme le fait habituellement le fromager.

Outre la standardisation ou non du pH, d'autres différences peuvent être notées selon les méthodes de références employées à savoir le matériel utilisé et les concentrations en présure, les paramètres utilisés (De Marchi *et al.,* 2014). Pretto *et al.* (2011) et Cipolat-Gotet *et al.* (2012) ont comparé les différentes méthodologies de référence pour déterminer l'aptitude à la coagulation des laits telles que le Formagraph et les instruments optiques. Les modèles de prédiction obtenus et basés sur la mesure de la fermeté du gel 60 min après l'ajout de présure ne sont pas complètement satisfaisants, montrant l'effet de la méthode de référence sur les performances des équations. Ferragina *et al.* (2017) sur laits de brebis ont montré que le premier déterminant de la prédiction est la répétabilité des analyses de références qui sont faites pour la calibration des équations. Plus la répétabilité sera élevée, meilleure sera la prédiction des équations.

Plus généralement, comme cela a été mis en évidence dans de précédentes études, les conditions de réalisation des tests, les paramètres utilisés pour caractériser les propriétés d'aptitudes fromagères, les caractéristiques des échantillons de laits de races laitières spécifiques engendrent des corrélations spécifiques entre les paramètres d'aptitudes fromagères et la composition du lait ou le pH. La sélection variable des spectres et les pré-traitements mathématiques influencent la précision des modèles de prédiction dépendant de la méthode utilisée pour construire les équations. Cela affecte les prédictions des différents paramètres d'aptitude fromagère et expliquent la non-cohérence des résultats selon les études (Bonfatti *et al.,* 2016).

En construisant des modèles utilisant des laits individuels avec des races multiples, les performances en validation externe des équations établies sont moindres (Visentin *et al.,* 2016 ; Eskildsen *et al.,* 2016). Dans notre étude, les performances ont été maintenues probablement du fait d'une variabilité déjà importante dans le jeu de données FROM'MIR. La sélection des échantillons avait en effet été effectuée pour maximiser la variabilité : prise en compte des résultats TP, variants (laits individuels), plusieurs périodes de collecte...

CONCLUSION

Les équations FROM'MIR ont été consolidées avec l'apport de nouvelles données en France, dont certaines obtenues hors contexte IGP/AOP franc comtois. Les nouvelles équations mises au point en élargissant le jeu de données sont valables quel que soit le contexte, IGP/AOP Franche Comté ou en dehors. Par ailleurs, les équations restent performantes quelle que soit la race, excepté pour la Jersiaise, Abondance et Tarentaise, en raison de faibles effectifs et/ou de laits à caractéristiques extrêmes. Les recherches soulignent l'influence de la variabilité des données, des méthodes de référence utilisées et des unités de mesure pour développer

des modèles robustes. Pour arriver à ces derniers, valables quel que soit le pays, il est nécessaire de standardiser les méthodes de référence utilisées car nous pouvons observer une grande variabilité de celles-ci dans les études.
La valorisation opérationnelle en France de ces nouveaux phénotypes de fromageabilité, issus du contrôle de performances, est actuellement en discussion. Les éleveurs de race Montbéliarde bénéficient déjà d'outils pour la sélection génétique grâce à la mise en place d'une chaine d'évaluation génétique privative développée par le consortium FROM'MIR. Les résultats obtenus par race laissent présager l'utilisation des équations pour d'autres races que la Montbéliarde à des fins d'évaluation génétique.

Remerciements : Nous remercions chaleureusement tous les éleveurs et fromagers ayant participé à ces études ainsi que les financeurs associés : CASDAR, CNIEL, URFAC, région Bourgogne - Franche Comté (BPI et PEI), Institut Carnot France Futur Elevage, OptiMIR.

Baptiste A., Trossat P., 2000. Lettre de Cécalait, 34.
Bonfatti, V., L. Degano, A. Menegoz, and P. Carnier. 2016. J. Dairy Sci., 99, 8216-8221.
Cipolat-Gotet C., Cecchinato A., De Marchi M., Penasa M., Bittante G, 2012. J. Dairy Sci. 95, 11, 6806-6819.
Colinet F. G., Troch T., Abbas O., Beaten V., Dehareng F., Froidmont A., Soyeurt H., Dardenne P., Sindic M., Gengler N., 2013. Renc Rech Rum, 20, 153-156.
Coppa, M., Ferlay, A., Leroux, C., Jestin M., Chilliard Y., Martin B. et Andueza D., 2010. Int. Dairy J., 20, 182-189.
De Marchi M., Toffanin V., Cassandro M., et Penasa M., 2013. J. Dairy Sci.,96, 4707-4715.
De Marchi M., Toffanin V., Cassandro M., Penasa M., 2014. J. Dairy Sci., 97, 1171-1186.
El Jabri, M., M. P. Sanchez, P. Trossat, C. Laithier, V. Wolf, P.
Eskildsen, C.E., T. Skov, M.S. Hansen, L.B. Larsen, and N.A. Poulsen. 2016. J. Dairy Sci., 99, 8178-8186.
Ferragina, A., C. Cipolat-Gotet, A. Cecchinato, and G. Bittante. 2013. J. Dairy Sci., 96, 7980-7990.
Ferragina, A., C. Cipolat-Gotet, A. Cecchinato, M. Pazzola, M.L. Dettori, G.M. Vacca, and G. Bittante. 2017. J. Dairy Sci., 100, 3526-3538.
Grelet C., Fernandez Pierna J.A., Dardenne P., Baeten V., Dehareng F., 2015. J Dairy Sci., 98, 2150-2160.
Grosperrin, E. Beuvier, O. Rolet-Répécaud, S. Gavoye, Y. Gaüzere, O. Belysheva, E. Notz, D. Boichard, and A. Delacroix-Buchet. 2019. J. Dairy Sci., 102, 6943–6958.
Grubbs, F.E. 1969. Technometrics, 480, 11, 1-21.
Hurtaud C., Rulquin H., Delaite M. et Vérité R., 1995. Annales de zootechnie, 44, 385-398.
Laithier C., Wolf V., Brochard M., Sanchez M.P., Gaudillière N., Minéry S., Fritz S., Gavoye S., Gaüzère Y., Rolet-Répécaud O., Notz E., Bouton Y., Boichard D., Grosperrin P., Delacroix-Buchet A., 2020. Innovations Agronomiques, INRA, 79, 227-244.
Leray O., Trossat P., Lefier D., Baptiste A., 1994. Lettre de Cécalait, 10.
Pretto D., Kaart T., Vallas M., Jõudu I., Henno M., Ancilotto L., Cassandro M., Pärna E., 2011. J. Dairy Sci.,94, 4336-4346.
Viscarra Rossel, R.A., R.N. McGlynn, and A.B. McBratney., 2006. Geoderma, 137, 70-82.
Visentin, G., M. Penasa, P. Gottardo, M. Cassandro, and M. De Marchi. 2016. J. Dairy Sci., 99, 8137-8145.

Une méthode opérationnelle d'évaluation multicritère des élevages laitiers par l'utilisation de la spectroscopie du lait et de l'outil d'évaluation CAP'2ER®

LEPOIVRE M. (1), MARTIN B. (2), GROLLEMUND P-M. (3), LAURENT C. (2), BOTREAU R. (2), MONSALLIER F. (4), HULIN S. (5), GERBER P. (5), CHASSARD C. (1), COPPA M. (6)
(1) Université Clermont Auvergne, INRAE, VetAgro Sup, UMR Fromages, F-15000 Aurillac
(2) Université Clermont Auvergne, INRAE, VetAgro Sup, UMR Herbivores, F-63122 Saint-Genès-Champanelle,
(3) Université Clermont Auvergne, CNRS, LMBP, F-15000 Aurillac
(4) Chambre d'Agriculture du Cantal, F-15000 Aurillac
(5) Pôle Fromager AOP Massif Central, F-15000 Aurillac
(6) Chercheur indépendant, Université Clermont Auvergne, INRAE, VetAgro Sup, UMR Herbivores, F-63122 Saint-Genès-Champanelle

RESUME
La présente étude propose une adaptation des méthodologies de Botreau et al. (2018) et Rey-Cadilhac et al. (2021) pour l'évaluation multicritère du lait destiné à la fabrication de fromage au lait cru, concernant les impacts environnementaux de la production du lait et la qualité du lait obtenu. Une des contributions de ce travail est le recours à des méthodes d'analyse rapides et opérationnelles à large échelle : analyses du lait en spectroscopies en moyen infra-rouge et fluorescence, et résultats de diagnostic CAP'2ER® de l'exploitation. Sur 15 fermes laitières herbagères situées dans le Cantal, représentatives de trois types d'adaptation au contexte territorial, le modèle d'évaluation multicritère testé dans cette étude s'est avéré sensible. Parmi les 4 composantes de la qualité du lait et les 5 composantes de la performance environnementale analysées, seule la composante santé de la qualité du lait présente des différences significatives entre les différents types de fermes. Une corrélation significative et positive est établie entre risque d'eutrophisation et risque pour la santé. D'autres corrélations en tendance sont analysées entre les composantes de la qualité du lait et de la performance environnementale, en association avec les pratiques agronomiques.

An operational method for the multicriteria evaluation of dairy farms by using spectroscopy on milk and the CAP'2ER® assessment tool

LEPOIVRE M. (1), MARTIN B. (2), GROLLEMUND P-M. (3), LAURENT C. (2), BOTREAU R. (2), MONSALLIER F. (4), HULIN S. (5), GERBER P. (6), CHASSARD C. (1), COPPA M. (6)
(1) Université Clermont Auvergne, INRAE, VetAgro Sup, UMR Fromages, F-15000 Aurillac

SUMMARY
This study proposes an adaptation of the methodologies of Botreau et al. (2018) and Rey-Cadilhac et al. (2021) for the multi-criteria assessment of milk intended for the manufacture of raw milk cheese, concerning the environmental impacts of milk production and the quality of the milk obtained. A main contribution is to rely on rapid and operational analysis methods on a larger scale: mid-infrared and fluorescence spectroscopies milk analyzes and CAP'2ER® diagnostic results of the farm. On 15 grassland dairy farms located in Cantal, representative of three types of adaptation to the territorial context, the multi-criteria evaluation model tested in this study proved to be sensitive. Among the 4 components of milk quality and the 5 components of environmental performance analyzed, only the health component of quality showed significant differences between the different farm profiles. A significant and positive correlation is found between the risk of eutrophication and risk for health. Other trending correlations are analyzed between the components of milk quality and environmental performance, in association with agronomic practices.

INTRODUCTION

Les attentes sociétales vis-à-vis des produits laitiers évoluent constamment à travers une demande croissante sur la qualité des produits et sur l'impact environnemental du système d'élevage (European Union, 2020). Ceci explique l'intérêt croissant pour le développement de méthodologies d'évaluation multicritère (Lairez et al., 2015) de la qualité des produits laitiers et de leurs impacts sur l'environnement. Le projet Casdar Qualenvic (2013-2016) a conduit à la construction de méthodologies d'évaluation multicritère de la qualité du lait et de l'impact environnemental d'une exploitation laitière (Rey-Cadilhac et al., 2021, Botreau et al., 2018). Ces méthodologies, développées dans le cadre de projets de recherche, sont très complètes, souvent complexes à mettre en œuvre, et reposent sur des outils peu ergonomiques (Prache et al 2022). En effet, pour obtenir les indicateurs de la qualité (en lien avec la matières grasse, azotée et minérale, avec la microbiologie et avec l'aptitude technologique du lait) nécessaires à l'évaluation multicritère, elles nécessitent d'utiliser du matériel ou des outils de laboratoire (dosage, pesée, tests bactériologiques, chromatographie et spectrométrie de masse). De même, les indicateurs environnementaux (émission de gaz à effet de serre, risques d'eutrophisation et d'acidification, biodiversité des écosystèmes) nécessitent la collecte de nombreuses données descriptives sur l'exploitation (superficies, composition du troupeau, ration, inventaires floristiques). Or il existe des outils plus rapides d'utilisation et moins onéreux qui permettent d'obtenir certains des indicateurs requis, notamment la spectroscopie moyen infrarouge (MIR) et la fluorescence pour caractériser la qualité du lait, et l'outil CAP'2ER® (Moreau et al., 2016) pour évaluer les impacts environnementaux, outil d'ores-et-déjà utilisé en routine au sein des chambres d'agricultures. Cette étude poursuit l'objectif principal d'approfondir la connaissance des relations entre la qualité d'un lait destiné à la fabrication de fromages au lait cru et les impacts environnementaux de la ferme qui produit le lait, via une adaptation des méthodologies d'évaluation multicritère de la qualité du lait de Rey-Cadilhac et al. (2021) aux outils MIR et de fluorescence, et de l'impact environnemental de Botreau

et al. (2018) à l'outil CAP'2ER®. Elle apporte des éléments de réponse à la question : « est-il possible de produire un lait de qualité avec le plus faible impact environnemental possible ? ».

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. ÉVALUATION DE LA QUALITÉ DU LAIT

L'arbre de qualité du lait destiné à une transformation fromagère au lait cru et à pâte pressée non cuite proposé par Rey-Cadilhac et al. (2021) a été adapté en ne retenant que les indicateurs qui peuvent être prédits par spectroscopie ou de fluorescence.

Une succession de comités techniques et la consultation de la littérature scientifique ont permis d'adapter les seuils favorables et défavorables tels que décrits dans Rey-Cadilhac et al. (2021), afin de définir pour chaque indicateur une note comprise entre 0 (la moins bonne qualité) et 10 (la meilleure). La note finale de qualité est la moyenne pondérée des différentes notes, les pondérations ayant été adaptées à la nouvelle structure de l'arbre, validée avec les comités techniques de notre étude et en accord avec la littérature scientifique.

L'arbre de qualité mis à jour dans le cadre de cette étude est finalement structuré en 4 composantes, 7 principes (1 à 3 par composante) et 26 indicateurs, comme détaillé dans le tableau 1.

1.2. ÉVALUATION DE LA PERFORMANCE ENVIRONNEMENTALE

Nous proposons une adaptation de l'arbre environnement décrit par Botreau et al. (2018) afin de calculer la note sur 10 en ne retenant que les indicateurs pouvant être fournis par l'outil CAP'2ER®. Cet outil fournit de façon automatique la plupart des indicateurs nécessaire à l'évaluation environnementale. Des calculs simples de conversion permettent ensuite d'obtenir les indicateurs dans les unités voulues (exemple : par 1000 kg de lait produit) afin de calculer, en reprenant les seuils favorables et défavorables de la méthodologie de Botreau et al. (2018), les notes comprises entre 0 (la moins bonne qualité) et 10 (la meilleure).

L'arbre environnement adapté dans le cadre de cette étude est finalement structuré en 5 composantes, 6 principes (1 à 2 par composante), et 6 indicateurs, comme détaillé dans le tableau 2.

1.3. DONNEES DE QUALITE DES LAITS ET DONNEES D'ENQUETES EN FERME

L'étude porte sur 15 exploitations, toutes situées dans le Cantal, sélectionnées pour obtenir une bonne variabilité des conditions de production dans les systèmes montagnards du Massif central. Ainsi les fermes sont représentatives de trois types d'adaptation au contexte territorial : HP (priorité donnée au pâturage), HF (ration valorisant le foin toute l'année) et HMC (rations d'hiver comprenant de l'ensilage de maïs).

	Herbe	Foin	Conc.	Maïs H.	Prod. laitière
HP	50 ± 11	43 ± 10	5 ± 9	3 ± 13	4 837 ± 780
HF	27 ± 11	61 ± 10	13 ± 9	0 ± 13	4 822 ± 780
HMC	38 ± 11	30 ± 10	25 ± 9	14 ± 13	6 259 ± 780

Tableau 3 Caractéristiques des fermes par type d'adaptation au territoire. Herbe / Foin / Conc. / Maïs H. / Prod. laitière = respectivement part d'herbe pâturée / de foin / de concentrés dans la ration annuelle / d'ensilage de maïs dans la ration d'hiver (en %), Prod. laitière : production annuelle en L de lait / VL.

Les données de qualité du lait ont été obtenues à partir d'échantillons de lait de tank collectés entre 2013 et 2014 (2 prélèvements par exploitation ont été pris en compte, l'un lors de la saison de pâturage, l'autre lors de la période en bâtiment) et analysés par MIR et fluorescence.

Composantes	Principes	Critères	Indicateurs
Sensorielle (10)	Texture (33)	Gras/sec, Fondant, Fermeté de la pâte, Protéolyse	TB/TP, C18:1 totaux /C16:0, Taux d'urée, Dénombrement cellulaire
	Flaveur (67)	Goûte altéré, goût rance	Dénombrement cellulaire, Teneur en AGL
Technologique (20)	Aptitude à l'acidification (20)	Pouvoir tampon	Dénombrement cellulaire, Taux d'urée
	Aptitude au Rendement fromager (45)	Teneur en caséine au moment, de la transformation, TB/TP, TB	Teneur totale en caséine, Dénombrement cellulaire, TB/TP, TB
	Aptitude à l'égouttage (35)	Pouvoir tampon, Consistance du gel	Dénombrement cellulaire, Taux d'urée, Teneur totale en caséine
Santé (30)	Constituants bioactifs (100)	Composés lipidiques, Composés azotés	Teneur en C4:0, Teneur en C6:0+C8:0+C0:0, Teneur en C17:0, Teneur en ALA AGPI, Teneurs en AGS totaux, Teneur en C16:0, Teneur totale en caséine
Nutritionnelle (40)	Energie et macro-éléments (100)	Composition lipidique Teneur en protéine	Teneur en ALA, TB/teneur en CN dans le lait cru, Dénombrement cellulaire

Tableau 1 Structure de l'évaluation multicritère de la qualité intrinsèque du lait bovin pour la production fromagère, par composante. Entre parenthèse : poids de la composante dans la note globale, ou du principe dans la composante

Composantes	Principes	Indicateurs
Air (30)	Changements climatiques (100)	Gaz à effet de serre
Eau (15)	Eutrophisation dans l'eau (100)	Acide phosophorique
Sol (15)	Acidification de l'air (100)	Dioxyde de souffre
Ressources (20)	Occupation d'espace (43) Utilisation d'énergie fossiles (57)	SAU Consommation d'énergie fossile
Biodiversité (20)	Biodiversité écosystémique (100)	Biodiversité

Tableau 2 Structure de l'évaluation environnementale multicritère de fermes bovines productrices de lait destinés à la fabrication de fromages au lait cru, par composante. Entre parenthèse : poids de la composante dans la note globale, ou du principe dans la composante

En parallèle les données environnementales ont été déterminées pour l'année entière via le logiciel CAP'2ER® à partir des caractéristiques de l'exploitation (surface de prairie fauchées et pâturées, chargement à l'hectare, taux de race hautes productives dans le troupeau, production laitière) et de sa conduite (âge au premier vêlage, temps passé au pâturage dans l'année, taux de renouvellement des vaches laitièrespart d'herbe conservée, d'herbe pâturée, de concentrés, de maïs et d'autres fourrage dans la ration) et collectées par enquête en 2013 et 2014.

L'analyse des données et des notes issues de l'arbre de qualité du lait est effectuée a) sur la période de pâturage, b) sur la période en bâtiment, et c) sur l'ensemble de l'année en considérant la moyenne des valeurs en période de pâturage et en bâtiment, pondérée par la durée respective de ces deux périodes.

1.4. RELATION ENTRE LA QUALITE DU LAIT ET ENVIRONNEMENTALE

Afin d'analyser d'éventuelles corrélations entre les conditions de production (rotation, conduite du troupeau, rations alimentaires…), la performance environnementale et la qualité du lait destiné à la fabrication du fromage, une étude conjointe de ces nouveaux indicateurs a été réalisée à l'aide d'analyse de variance (ANOVA) et d'analyses en composantes principales (ACP) avec le logiciel R (https://www.r-project.org) afin de déterminer les grandes tendances structurelles de ces données.

2. RESULTATS

2.1. ÉVALUATION DE LA QUALITÉ DU LAIT

La moyenne des notes de la qualité du lait obtenue dans les 15 fermes est de 5,2 et les moyennes par composante sont de 5,9 pour la composante sensorielle, 5,4 pour la composante technologique, 4,6 pour la composante santé et 4,2 pour la composante nutritionnelle.
Les notes de qualité (globale et par composante) sont peu différentes d'un type de ferme à l'autre (tableau 4). Seule la qualité santé est significativement supérieure dans le type HMC comparativement au type HP.

	Type de ferme							
Composante	HP		HF		HMC		SEM	p-value
Sensorielle	5,5		4,5		7,3		1,7	0,091
Technologique	5,3		5,3		5,5		1,1	0,973
Santé	4,2	a	4,4	ab	5,3	b	0,6	0,022
Nutritionnelle	4,1		4,2		4,4		1,1	0,889
Qualité globale	5,0		4,7		5,9		0,8	0,109

Tableau 4 Résultats de l'analyse de variance des notes des 4 composantes de qualité du lait, et de la qualité globale du lait, sur base annuelle, selon les 3 types de ferme (notes exprimées sur 10). SEM : écart type standardisé, HP : exploitation les plus pâturantes, HF : exploitations valorisant le foin, HMC : exploitation les plus intensives de l'échantillon

La composante sensorielle présente la plus grande variabilité des notes (de 1,2 à 8,2) alors que la composante santé présente les notes les moins diversifiées d'un élevage à l'autre (de 3,4 à 5,6).

2.2. ÉVALUATION DE LA PERFORMANCE ENVIRONNEMENTALE

La moyenne des notes de performance environnementale dans les 15 fermes étudiées est de 6,81. Globalement les notes les plus élevées sont celles concernant l'eutrophisation dans l'eau (moyenne de 9,7), le changement climatique (7,6) et les ressources (7,2). Les notes le plus basses sont pour l'acidification de l'air (5,8) et surtout pour la biodiversité (4,0). Les notes environnementales sont peu différentes d'un type de ferme à l'autre et aucune différence significative n'est observée entre les 3 types (tableau 5).

Ce sont les notes de biodiversité qui présentent la plus grande variabilité (notes allant de 0,8 à 9,7) alors que les notes liées à l'eutrophisation sont les moins diversifiées d'un élevage à l'autre (de 7,1 à 10,0).

	Types de fermes				
	HP	HF	HMC	SEM	p-value
Climat	7,78	6,39	8,06	1,17	0,166
Eutrophisation	9,37	9,79	9,97	0,83	0,461
Acidification	6,95	3,99	5,23	1,72	0,064
Ressources	7,20	6,20	7,48	1,34	0,431
Biodiversité	2,96	4,73	4,99	2,18	0,267
Note globale	6,81	6,17	7,19	0,70	0,174

Tableau 5 Résultats de l'analyse de variance des 5 composantes de performance environnementale selon les 3 types de ferme. SEM : écart type standardisé, HP : exploitations les plus pâturantes, HF : exploitations valorisant le foin, HMC : exploitations les plus intensives de l'échantillon

2.3. RELATION ENTRE LA QUALITE DU LAIT ET LA PERFORMANCE ENVIRONNEMENTALE

Les analyses en composantes principales (ACP) permettent d'établir les relations suivantes (figure 1) : les notes d'eutrophisation et de composante santé sont positivement corrélées à l'axe 1 (CP1, 29,6 % d'explication). Ces deux variables sont opposées sur CP1 aux composantes ressources, technologique et sensorielle. Autrement dit, on constate que la première structure marquante est l'opposition entre les composantes eutrophisation et santé, et les composantes ressources, technologique et sensorielle.

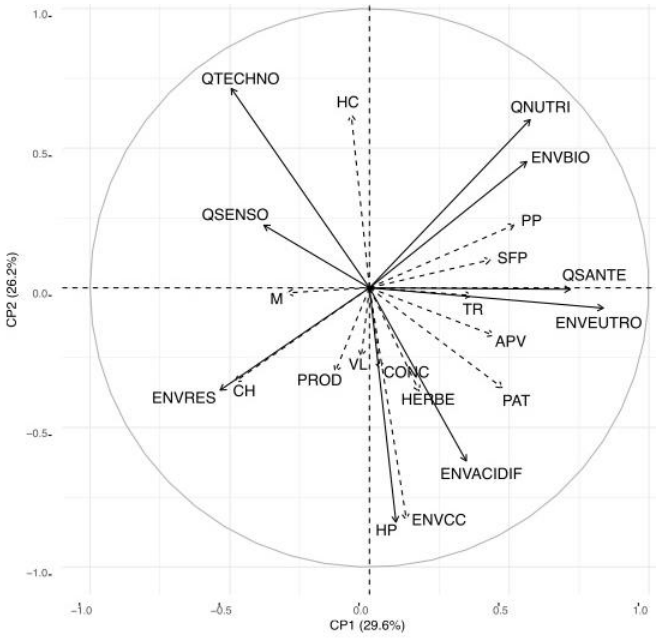


Figure 1 Analyse en composantes principales (ACP) réalisée sur les 13 principales variables descriptives (flèches en pointillés) des 15 exploitations auditées, dans le plan défini par les 2 axes principaux (CP1 et CP2) qui expliquent le mieux les 4 notes de qualité et les 5 notes environnementales (9 flèches pleines). QTECHNO : qualité technologique, QSENSO : qualité sensorielle, QSANTE : qualité sanitaire, QNUTRI : qualité nutritionnelle, ENVEUTRO : note d'eutrophisation, ENVRES : note ressources, ENVCC : note changement climatique, ENVACIDIF : note acidification de l'air, ENVBIOD : note biodiversité, VL : nombre de vaches laitières, PP : surfaces de prairies permanentes, APV : âge au premier vêlage, PAT : temps passé au pâturage, TR : taux de renouvellement, HC : taux d'herbe conservée dans la ration, HERBE : proportion d'herbe pâturée dans la ration, CONC : proportion de concentrés dans la ration, M : proportion de maïs dans la ration, AF : proportion d'autres fourrages dans la

ration, HP : taux de race hautes productives dans le troupeau, PROD : production laitière, CH : chargement, SF : surface fourragère.
Pour compléter ce qui est déterminé sur CP1, on constate que la composante technologique est corrélée positivement à l'axe 2 (CP2, 26,2 % d'explication) tandis que les composantes de changement climatique et d'acidification y sont corrélées négativement. Enfin, les bonnes notes technologique et nutritionnelle ainsi qu'en biodiversité sont corrélées positivement à l'axe 3 (CP3, 16,7 % d'explication).
Parallèlement, les variables qui apparaissent, dans l'ACP, comme les plus déterminantes parmi les 13 qui décrivent les exploitations sont d'abord la surface totale de prairies permanentes présentes sur l'exploitation, l'âge au premier vêlage, et le temps passé au pâturage dans l'année. On identifie ensuite comme paramètres déterminants le taux d'herbe conservée dans la ration, la proportion d'animaux de race de vaches hautes productrices dans le troupeau, et les proportions d'herbe pâturée et de concentrés dans la ration.
Ainsi les ACP réalisées ont permis de vérifier que les fermes de l'échantillon sont dispersées sur les plans définis par CP1/CP2 (figure 2) mais aussi CP1/CP3.

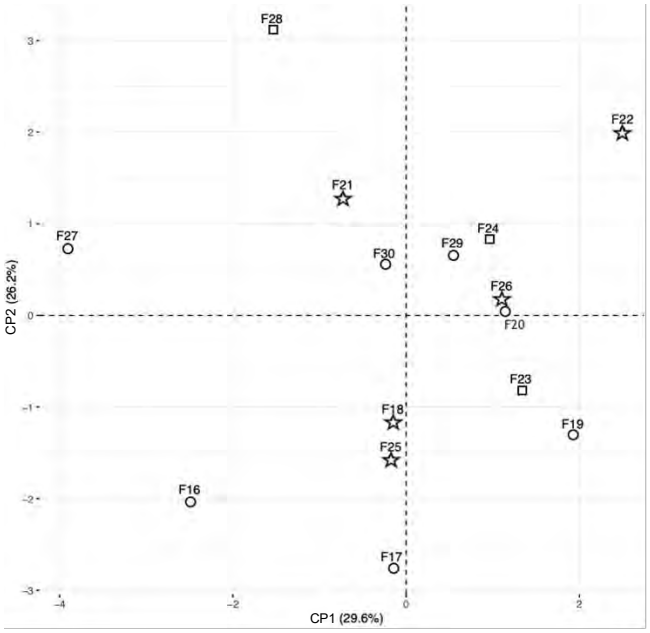


Figure 2 Répartition des 15 exploitations auditées (réparties dans les 3 types : HP représentés par un rond, HF=carré et HMC=étoile) sur les axes CP1 et CP2.

La méthode permet de discriminer les fermes, bien que les 3 types de fermes soient assez peu différents (même territoire et systèmes peu différents). Les notes de qualité du lait et de performance environnementale varient selon des facteurs ou des pratiques qui semblent être transversales aux types de fermes.

	Climat	Eutro.	Acifid.	Ress.	Biodiv.
Senso.	0,10	-0,33	-0,19	**0,46**	0,01
p-value	*0,719*	*0,237*	*0,499*	***0,086***	*0,986*
Techno.	**-0,47**	**-0,44**	**-0,50**	0,01	-0,08
p-value	***0,080***	***0,097***	***0,057***	*0,980*	*0,762*
Santé	0,33	**0,56**	0,09	-0,22	0,43
p-value	*0,235*	***0,028***	*0,750*	*0,422*	*0,114*
Nutrit.	-0,33	0,42	0,08	**-0,51**	0,44
p-value	*0,223*	*0,115*	*0,766*	***0,051***	*0,104*
Note glo.	-0,08	-0,22	-0,27	0,22	0,12
p-value	*0,770*	*0,424*	*0,325*	*0,438*	*0,681*

Tableau 5 Corrélation pour les 15 exploitations auditées sur les 4 composantes de la qualité du lait et les 5 composantes de l'évaluation environnementale. En gras : corrélations avec p-value < 0,10. Eutro. : eutrophisation, Acidif. : acidification, Ress. : ressources, Biodiv. : biodiversité, Senso. : sensorielle, Techno. : technologique, Nutri. : nutritionnelle, glo. : globale.

La matrice de corrélation entre les notes environnementales et les notes de qualité (tableau 5) permet de compléter les résultats de l'ACP. Des corrélations positives sont démontrées entre les notes eutrophisation et santé (P<0,05) et entre les notes ressources et sensorielles (P<0,10). Des corrélations négatives et tendancielles (P<0,10) existent entre les notes de changement climatique et technologiques, entre les notes d'eutrophisation et technologique, entre les notes acidification et technologiques et entre les notes de ressources et nutritionnelles.

3. DISCUSSION

3.1. ÉVALUATION DE LA QUALITÉ DU LAIT

La principale conséquence de la simplification de l'arbre de qualité, passant de 50 à 26 indicateurs, est la perte de prise en compte de certaines caractéristiques du lait. Les catégories d'indicateurs écartés sont ceux basés sur :

- des analyses minérales et microbiologiques
- des tests technologiques : tests de fromageabilité, de stabilité micellaire, de lactofermentation

Cette simplification de l'arbre a fortement modifié les composantes technologique et sensorielle (-67 % et -59 % des indicateurs initiaux respectivement) et secondairement la composante nutritionnelle (-50 % des indicateurs). La composante santé a été la moins fortement modifiée (- 38 % des indicateurs). Finalement, les notes obtenues avec l'arbre de qualité adapté à l'application terrain sont supérieures de 0,25 point en moyenne à celles obtenues avec l'arbre de décision global appliqué à des exploitations agricoles comparables (Botreau et al., 2018 et Rey-Cadilhac et al., 2021) appartenant en partie au même territoire. Les résultats obtenus montrent globalement une bonne variabilité : la méthode est sensible concernant l'arbre de qualité.
Le manque de différence de notes entre les types de ferme reste surprenant (hormis pour la composante santé) : les différences de pratiques entre les types de ferme semblent peu influencer les notes, qui sont probablement pilotées par d'autres facteurs que ceux pris en compte dans l'étude.

3.2. ÉVALUATION DE LA PERFORMANCE ENVIRONNEMENTALE

Les résultats obtenus avec l'arbre d'évaluation de la performance environnementale montrent globalement une bonne variabilité : la méthode est sensible également concernant l'arbre environnement. La variabilité est similaire à celle obtenue dans Botreau et al. (2018).
La note environnementale globale de 4 des 5 composantes de l'environnement est plus élevé qu'avec l'arbre de Botreau et al. (2018). Au contraire pour la composante "biodiversité" : la note est plus faible avec notre arbre de décision : 4,0 vs 6,6. Le fait que ces notes soient globalement plus élevées comparativement à celles obtenues avec l'arbre décisionnel global (Botreau et al., 2018) est lié aux changements important concernant la composition de l'arbre et le mode de calcul de certains indicateurs. Là aussi le manque de différences de notes entre les types de fermes est notable et traduit le fait que les choix de conduite de l'exploitation retenus dans cette étude n'influencent que peu ces notes, qui sont probablement pilotées par d'autres facteurs (voir §3.3).

3.3. RELATION ENTRE LA QUALITE DU LAIT ET LA PERFORMANCE ENVIRONNEMENTALE

Le résultat de corrélation le plus innovant concerne la relation positive et significative entre les notes d'eutrophisation et de santé. Rappelons qu'une bonne note d'eutrophisation reflète l'impact négatif faible des pertes d'azote et de phosphore sur la qualité de l'eau, donc le faible risque de favoriser l'eutrophisation, en réduisant les concentrations de monoxyde d'azote (NO), d'ammoniac (NH_3), de trioxyde d'azote (NO_3), de pentoxyde de phosphore (P_2O_5) et d'ion phosphate (PO_4^{3-}) dans le milieu naturel. Par construction, une bonne note sur la composante santé est associée à de fortes concentrations de composés azotés (caséines) et de plusieurs lipides (C4:0, teneur totale en C6:0 + C8:0 + C10:0, ALA, AGPI) et de faibles

concentrations en C17:0, en acides gras saturés totaux, et en C16:0. Notre travail méthodologique et les analyses des notes obtenues permettent d'associer ces caractéristiques au fait d'avoir beaucoup d'herbe pâturée dans la ration, avec un long temps passé à pâturer toute l'année. Cette relation peut s'expliquer par la richesse, dans les exploitations pâturantes (nombreuses prairies et longue durée de pâturage) du lait produit en ces acides gras (Coppa et al., 2015) et par les faibles pertes en azote de ces mêmes exploitations (Guerci et al., 2013). Il est aussi établi qu'avec l'augmentation de la part d'herbe dans la ration, la teneur en C16:0 diminue tandis que celle en ALA augmente (Coppa et al., 2015). L'autre résultat à souligner est la corrélation (négative et en tendance, p=0,057) concernant les notes d'acidification et de qualité technologique. En d'autres termes, le risque d'acidification de l'air (CAP '2ER® fournit un indicateur de l'accumulation de substances acidifiantes dans l'air : NO, NH_3, SO_2) est plus faible dans des conditions où le lait a une qualité technologique moindre. Cette note de qualité technologique augmente notamment lorsque le taux de cellules somatiques et d'urée dans le lait sont bas. Notre méthodologie identifie ces bonnes notes d'acidification et moins bonne en qualité technologiques dans les exploitations où la proportion d'animaux de race de vaches hautes productrices dans le troupeau et la part de concentrés élevée dans la ration sont élevées. Ces résultats sont en accord avec ceux d'Agabriel et al. (2004) et Coppa et al., (2019) mettant en évidence que ces conditions de production sont souvent accompagnées d'un taux de cellules somatiques plus élevé. Ils sont cohérents également avec l'effet d'une augmentation des quantités de concentrés azotés sur le taux d'urée démontré par Baeza-Campone et al. (2020) et sur les processus de libération de NH3 plus fort lors du stockage des effluents démontré par Guerci et al.(2013), donc un risque d'acidification accru. La troisième corrélation (négative et presque significatif p=0,051) concerne la note d'impact sur les ressources et la composante nutritionnelle. Autrement dit l'impact sur les ressources (qui intègre la consommation d'espace en hectares pour 1000 kg de lait et d'énergies fossiles en mégajoules pour 1000 kg de lait) est plus fort quand la qualité nutritionnelle du lait produit est meilleure. On comprend que ce sont les systèmes extensifs, au regard de l'unité fonctionnelle choisie, qui ont un impact fort sur les ressources puisqu'ils présentent une production laitière moindre et donc souvent aussi un taux de cellules somatique dans le lait plus faible. En effet, la note de qualité nutritionnelle est associée à la teneur en ALA, au rapport TB/ teneur en caséine dans le lait cru et dans une moindre mesure au nombre de cellules. La teneur en ALA dans le lait s'explique probablement par la composition botanique diversifiée des prairies pâturées en gestion extensive (Renna et al., 2020). En effet les systèmes de pâturage extensifs s'appuient sur les prairies naturelles, connues pour l'importance des plantes dicotylédones, riches en métabolites secondaires (Cabiddu et al., 2022). Ces composés dans l'herbe permettant un transfert plus élevé d'ALA dans le lait en raison de leur capacité à inhiber partiellement la biohydrogénation ruminale des AGPI de l'herbe (Leiber et al., 2005). Les résultats de cette étude permettent de confirmer, sur la base de notre échantillon de 15 fermes, les tendances observées précédemment (Botreau et al., 2018) : il n'y a pas de corrélation entre la note globale de la qualité d'un lait destiné à la fabrication de fromage au lait cru et la note globale des impacts environnementaux de l'exploitation agricole qui produit le lait. En revanche certaines composantes de la qualité du lait sont corrélées négativement avec les impacts environnementaux (la composante technologique et l'acidification de l'air, mais aussi la composante nutritionnelle et la consommation de ressources). De plus la performance environnementale et la qualité du lait ne peuvent pas toujours être optimales sur tous les éléments constitutifs des arbres d'évaluation du fait de la présence d'effet antagoniste de certaines pratiques (par exemple : le pâturage extensif consomme de l'espace mais permet un taux d'ALA élevé). Ceci rendra donc nécessaire la définition d'objectifs spécifiques prioritaires, exploitation par exploitation, en fonction notamment du contexte territorial et d'enjeux économiques et sociaux, afin de sélectionner les pratiques à maintenir, mettre en place ou abandonner.

CONCLUSION

La présente étude a abouti à la mise à disposition de 2 arbres d'évaluation susceptibles d'être utilisés en routine pour permettre une caractérisation simplifiée d'un lait du point de vue de sa qualité et du point de vue des impacts environnementaux de l'exploitation qui le produit. Il sera utile de valider cette méthodologie à plus large échelle et dans des contextes d'élevage différents et plus diversifiés.

D'ores-et-déjà cette étude a permis d'analyser conjointement la qualité de laits destinés à la fabrication de fromage au lait cru et les impacts environnementaux de la production du lait. Il a été possible d'identifier les pratiques permettant de réduire un certain nombre d'impacts environnementaux négatifs (ex. : l'eutrophisation par la valorisation de l'herbe pâturée) tout en obtenant de bons résultats sur certaines composantes de la qualité du lait destiné à la fabrication de fromage (ex. : la composante santé dans le cas de la valorisation de l'herbe pâturée). Ceci confirme que les pratiques agricoles à privilégier sur une exploitation doivent dépendre des objectifs fixés, pour cette exploitation, concernant certaines composantes considérées comme prioritaires pour la qualité du lait comme pour les impacts environnementaux.

Agabriel C., Martin B., Sibra C., Bonnefoy J-C., Montel M-C., Didienne R., Hulin S., 2004. Animal Research, EDP Sciences, 2004, 53 (3), pp.221-234

Baeza-Campone, E., Prache, S., Cliquart, A., Feidt, C., Gautron, J., Guiller, L., Lebret, B., Lefèvre, F., Martin, B., 2020. in Prache, S., Santé-Lhoutelier, V. (Eds.), Qualité des aliments d'origine animale, conditions de production et de transformation, Rapport de l'expertise Scientifique Collective. INRAE (France), pp. 183–532.

Botreau, R., Beauchet, S., Laurent, C., Hulin, S., Hérisset, R., Thiollet-Scholtus, M., Kanyarushoki, C., Boucault, P., Renaud-Gentié, C., Jourjon, F., 2018. Innov. Agron. 63, 23-42

Cabiddu A., Peratoner G., Valenti B., Monteils V., Martin B., Coppa, M., 2022. Animal 16, Supplement 1

Coppa M., Ferlay, G. Borreani, A. Revello-Chion, E. Tabacco, Tornambé G., Pradel P., and Martin B., 2015. Anim. Feed Sci. Technol. 208:66–78.

Coppa M., Chassaing C., Sibra C., Cornu A., VerbičJ., Golecký J., Engel E., Ratel J., Boudon A., Ferlay A., and Martin B., 2019. Journal of Dairy Science 102:10483–10499.

European Union, 2020. A Farm to Fork Strategy for a fair, healthy and environmentally-friendly food system. European Commission, 13-14

Guerci, M., Knudsen, M.T., Bava, L., Zucali, M., Schönbach, P., Kristensen, T., 2013. J. Clean. Prod. 54, 133–141

Lairez, J., Feschet, P., Aubin, J., Bockstaller, C., Bouvarel, I., 2015. Agriculture et développement durable. Guide pour l'évaluation multicritère, Éditions Quae, Paris, France.

Leiber, F., Kreuzer M., Nigg D., Wettstein H.-R., Scheeder M.R.L., 2005. Lipids 40:191–202

Moreau S., Brocas C., Doll J.B., 2016. LCA Food

Prache S., Adamiec C., Astruc T., Baéza-Campone E., Bouillot P.E., Clinquart A., Feidt C., Fourat E., Gautron J., Girard A., Guillier L., Kesse-Guyot E., Lebret B., Lefèvre F., Le Perchec S., Martin B., Mirade P.S., Pierre F., Raulet M., Rémond D., Sans P., Souchon I., Donnars C., Santé-Lhoutellier V., 2022. Animal 16, Supplement 1

Renna, M., Ferlay A., Lucciana C., Bany D., Graulet B., Wyss U., Ravetto Enri S., Battaglini L.M., Coppa M., 2020. Anim. Feed Sci. Technol. 267:114561

Rey-Cadhilac L., Botreau R., Ferlay A., Hulin S., Hurtaud C., Lardy R., Martin B., Laurent C., 2021. Animal 15, issue 7

Impact de l'intervalle de traite sur la lipolyse spontanée du lait de vache

HURTAUD C. (1), BERNARD L. (2), TAILLEBOSQ D. (1), CEBO C. (3)
(1) PEGASE, INRAE, Institut Agro, 35590, Saint Gilles, France
(2) Université Clermont Auvergne, INRAE, VetAgro Sup, UMR Herbivores, 63122 Saint-Genès-Champanelle, France
(3) Université Paris-Saclay, INRAE, AgroParisTech, GABI, 78350, Jouy-en-Josas, France

RESUME
La lipolyse du lait est définie comme l'hydrolyse des triglycérides, le composant principal de la matière grasse du lait. Elle est plus élevée dans les laits issus de la traite du soir que dans ceux issus de la traite du matin. Cette différence pourrait être due à la durée des intervalles entre traites ou au nycthémère. L'objectif de cet essai a été d'étudier l'impact de l'intervalle entre 2 traites sur la lipolyse spontanée du lait : 10–14 (traites à 6h30 et 16h30) ; 14–10 (traites à 6h30 et 20h30) ; 12–12 (traites à 6h30 et 18h30). 21 vaches laitières multipares en milieu de lactation ont été utilisées selon un schéma expérimental en carré latin 3 × 3 conduit sur 3 périodes expérimentales de 1 semaine alternant avec une semaine de traite classique 10-14. Nous avons observé plus de lipolyse spontanée dans le lait du soir pour le traitement 10-14 (+0,22 mEq/100 g de matière grasse) et dans le lait du matin pour le traitement 14-10 (+0,19 mEq/ 100 g de matière grasse) et pas de différence significative entre traites pour le traitement 12-12 même si la lipolyse était numériquement plus élevée dans les laits du soir (+0,10 mEq/100 g de matière grasse). Les teneurs en protéines du lait, en phosphore total et en citrate ont augmenté avec la durée de stockage du lait dans la glande mammaire (de 10 à 14 h). Le rythme de traite n'a eu aucun effet sur le diamètre des globules gras du lait. Le rapport Na/K, indicateur d'une ouverture des jonctions serrées dans la glande mammaire, n'a augmenté que pour la traite du soir pour les traitements 12-12 et 14-10. En conclusion, l'effet des intervalles de traite semble plus important que l'effet du nycthémère sur le taux de lipolyse spontanée du lait.

Impact of the milking interval on the spontaneous lipolysis of cows' milk

HURTAUD C. (1), BERNARD L. (2), TAILLEBOSQ D. (1), CEBO C. (3)
(1) PEGASE, INRAE, Institut Agro, 35590, Saint Gilles, France

SUMMARY
Milk lipolysis is defined as the hydrolysis of triglycerides, the main component of milk fat. It is higher in milks from the evening milking than in those from the morning milking. This difference could be due to the length of the intervals between milkings or to the nychthemeron. The objective of this trial was to study the impact of the interval between 2 milkings on the spontaneous lipolysis of milk: 10–14 (milkings at 6.30 a.m. and 4.30 p.m.); 14–10 (milking at 6:30 a.m. and 8:30 p.m.); 12–12 (milking at 6:30 a.m. and 6:30 p.m.). 21 multiparous dairy cows in mid-lactation were used according to a 3 × 3 Latin square experimental design conducted over 3 experimental periods of 1 week alternating with a classic 10-14 week milking. We observed more spontaneous lipolysis in evening milk for treatment 10-14 (+0.22 mEq/100 g fat) and in morning milk for treatment 14-10 (+0.19 mEq/ 100 g of fat) and no significant difference between milkings for treatment 12-12 even if lipolysis was numerically higher in the evening milks (+0.10 mEq/100 g of fat). Milk protein, total phosphorus and citrate contents increased with the duration of storage of milk in the mammary gland (from 10 to 14 h). Milking intervals had no effect on milk fat globule diameter. The Na/K ratio, an indicator of tight junction opening in the mammary gland, increased only for evening milking for treatments 12-12 and 14-10. In conclusion, the effect of milking intervals seems more important than the effect of nycthemeron on the rate of spontaneous milk lipolysis.

INTRODUCTION

La lipolyse du lait est définie comme l'hydrolyse des triglycérides, le composant principal de la matière grasse du lait. Elle est un des critères d'évaluation de la qualité du lait car les acides gras libérés lors de la dégradation de la matière grasse altèrent à la fois les propriétés organoleptiques et technologiques des laits. La lipolyse est un phénomène complexe, qui dépend à la fois de paramètres liés à l'animal et de facteurs d'élevage. En particulier, en ce qui concerne la conduite de traite, la lipolyse est plus élevée dans les laits issus de la traite du soir que dans ceux issus de la traite du matin. Cette différence pourrait être due à la durée des intervalles entre traites ou au nycthémère (succession jour-nuit). L'objectif de cet essai était donc d'étudier l'impact de l'intervalle entre 2 traites sur la lipolyse spontanée (LS) du lait.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. ANIMAUX ET TRAITEMENTS

L'expérimentation a été menée à l'IE PL, INRAE, Nutrition et physiologie laitières (IE PL, 35650 Le Rheu, France ; https://doi.org/10.15454/yk9q-pf68). Elle a reçu une Autorisation du ministère de l'Education Nationale, de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche sous le numéro APAFIS#23235-2019120920557765 v2. 21 vaches laitières multipares en milieu de lactation ont été utilisées selon un schéma expérimental en carré latin 3 × 3 pendant 3 périodes. 3 traitements ont été appliqués : 10–14 (traites à 6h30 et 16h30) ; 12–12 (traites à 6h30 et 18h30) et 14–10 (traites à 6h30 et 20h30). L'expérimentation a duré 5 semaines (3 périodes expérimentales de 1 semaine alternant avec une semaine de traite classique 10-14). La production laitière en début d'essai était de 32,7 ± 5,0 kg. Le stade de lactation moyen était de 48 ± 8 jours. Les lots ont été appariés selon les critères suivants : susceptibilité à la LS, stade de lactation, production de lait, TB et TP, poids vif. Les vaches ont reçu un régime à base d'ensilage de maïs (65 %), de luzerne déshydratée (10 %), de concentré énergétique à base de céréales (12,5 %) et de tourteau de soja 48 (12,5 %). Elles ont été alimentées à volonté. Des prélèvements de lait ont été effectués à la traite du matin et du soir et une prise de sang a été réalisée une fois par période.

1.2. ANALYSES DU LAIT

1.2.1 Composition du lait

Les teneurs en matières grasses, en protéines et en lactose du lait et le nombre de cellules somatiques (SCC) ont été déterminés sur le lait de six traites consécutives chaque semaine. Ces analyses ont été réalisées par spectrométrie moyen infrarouge pour les teneurs en matières grasses, protéines et lactose et par cytométrie de flux pour le SCC au laboratoire interprofessionnel MyLab (Châteaugiron, France).

Les vaches ont été traites sur bidons à la traite du matin et du soir à la fin de la période pré-expérimentale et à la fin de chaque période expérimentale (un jour). Des échantillons de lait ont été aliquotés pour la mesure de la LS, le profil en acides gras (AG), et la composition en matières azotées totales, caséines, protéines (méthode Kjeldahl) et en minéraux (par ICP MS). L'activité de la lipoprotéine lipase du lait (EC 3.1.1.34) a été mesurée lors de la traite du matin comme décrit dans Bernard et al. (2005).

1.2.2 Lipolyse spontanée du lait

Deux flacons ont été collectés par vache pour calculer la LS par la différence entre le contenu en AG libres après 24 heures de stockage à 4°C et le contenu initial en AG libres. Immédiatement après la traite, un échantillon de 50 mL a été chauffé pendant 2 min 30 s dans un bain-marie à 100°C pour bloquer l'activité de la lipase, puis maintenu à 4°C. Un deuxième échantillon a d'abord été stocké à 4°C pendant 24 heures avant d'être chauffé 3 min à 100°C et maintenu à 4°C comme ci-dessus. Les AG libres ont été mesurés sur les deux échantillons par la méthode aux savons de cuivre (Shipe et al., 1980 ; Vanbergue et al., 2016).

1.2.3 Diamètre des globules gras du lait et des caséines

Les flacons ont été conservés à température ambiante avec du bronopol (Merck, Darmstadt, Allemagne) pour évaluer la distribution de taille des globules gras par diffusion de la lumière laser (Mastersizer 3000, Malvern, Royaume-Uni). Les diamètres moyens $d_{4,3}= \Sigma(N_i x d_i^4) / \Sigma(N_i x d_i^3)$, $d_{3,2} = \Sigma(N_i \times d_i^3) / \Sigma(N_i \times d_i^2)$, et la surface du globule gras $S=6 / (\rho \times d_{3,2})$ (avec N_i le nombre de globules gras dans la classe de diamètre d_i et la densité ρ de la particule considérée, 0,92 pour la matière grasse) ont été calculés par le logiciel Malvern.

Pour la mesure du diamètre des micelles de caséines, le lait a été écrémé par deux centrifugations successives. Le diamètre $d_{4,3} = \Sigma (N_i x d_i^4) / \Sigma (N_i x d_i^3)$ a été mesuré avec le Mastersizer 3000.

1.3 ANALYSES STATISTIQUES

Toutes les analyses statistiques ont été effectuées à l'aide du logiciel SAS (SAS 9.2 Institute Inc., Cary, Caroline du Nord, États-Unis). Les effets de l'intervalle entre traites (10-14, 12-12 et 14-10) ont été évalués sur les laits des traites du matin et du soir et sur le lait total de la journée. Le modèle statistique était un modèle mixte (procédure MIXED de SAS) qui incluait la vache, la période et le rythme de traite.

$Y_{ijkl} = \mu + Vache_i + Période_j + IntervalleTraite_k + \varepsilon_{ijk}$

Le seuil de signification statistique a été fixé à $P < 0,05$, tandis que celui d'une tendance a été fixé à $P < 0,10$.

2. RESULTATS

2.1. PRODUCTION LAITIERE

La modification de l'intervalle de traite n'a eu d'effet ni sur la production laitière journalière (33,2, 33,6 et 33,2 kg/j pour les traitements 10-14, 12-12 et 14-10), ni sur les taux butyreux (40,7, 40,2 et 41,1 g/kg) et protéique (30,5, 30,7, 30,4 g/kg), ni sur la production de matières grasses (1348,1353,1367 g/j), protéiques (1009, 1032, 1013 g/j) et de lactose (1617, 1661, 1621 g/j). Seule la teneur en lactose du lait a été plus élevée avec le traitement 12-12 (+0,8 g/kg).

Le matin, la production laitière a été la plus élevée avec le traitement 10-14, intermédiaire avec le traitement 12-12 et plus faible avec le traitement 14-10. Le soir le résultat a été inversé (Tableau 1). Le taux butyreux a été significativement plus élevé dans les laits du soir avec le traitement 10-14 (+3,8 g/kg) et dans les laits du matin avec le traitement 14-10 (+4,0 g/kg). Le taux protéique a été significativement plus faible dans les laits du soir avec le traitement 10-14 (-1,5 g/kg) et dans les laits du matin avec le traitement 14-10 (-1,8 g/kg). Les résultats obtenus avec le traitement 12-12 pour les taux butyreux et protéique ont été intermédiaires et constants entre matin et soir. La teneur en lactose a été similaire entre les 3 traitements dans le lait du matin et a été plus élevée avec le traitement 12-12 dans les laits du soir (+1,5 g/kg).

2.2. LIPOLYSE

Le traitement 10-14 a provoqué une augmentation de la lipolyse dans les laits du soir (+0,22 mEq/100 g MG) associée à un taux butyreux également plus élevé (+3,6 g/kg). En parallèle, le traitement 14-10 a eu tendance à entraîner une augmentation de la lipolyse dans les laits du matin (+0,19 mEq/100 g MG) également associée à un taux butyreux plus élevé (+4,4 g/kg). Le traitement 12-12 a eu des résultats similaires au traitement 10-14 le matin et au traitement 14-10 le soir. Cependant, la lipolyse a été numériquement plus élevée dans le lait du soir que dans le lait du matin (+0,10 MEq/100 g MG). Le diamètre des globules gras et la surface spécifique n'ont pas été modifiés par les intervalles de traite (Tableau 2).

		Intervalles entre traites			SEM	P
		10 h – 14 h	12 h – 12 h	14 h – 10 h		Intervalle traite
Lait, kg/j	Matin	19,2^a	17,4^b	15,5^c	1,29	<0,001
	Soir	13,9^c	16,0^b	17,8^a	1,18	<0,001
Teneur en caséines, g/kg	Matin	25,8^a	25,2^a	24,2^b	1,38	0,004
	Soir	24,9	25,8	26,0	1,47	0,061
Ratio Na^+/K^+	Matin	0,161	0,162	0,162	0,0057	0,501
	Soir	0,159^b	0,169^a	0,174^a	0,0080	<0,001
Citrate, g/L	Matin	1,94^a	1,87^a	1,72^b	0,141	<0,001
	Soir	1,94^b	2,03^a	2,10^a	0,127	0,002

Tableau 1 Effet de l'intervalle de traite et du moment de la traite sur la production du lait, la teneur en caséines, le ratio Na^+/K^+ et la teneur en citrate.

		Intervalles entre traites			SEM	P
		10 h – 14 h	12 h – 12 h	14 h – 10 h		Intervalle traite
Lipolyse, mEq/100 g MG	Matin	0,34	0,35	0,53	0,289	0,077
	Soir	0,62[a]	0,45[b]	0,40[b]	0,236	0,017
Taux butyreux, g/kg	Matin	41,2[b]	42,9[b]	45,6[a]	3,45	0,002
	Soir	44,2[a]	41,4[b]	40,6[b]	3,43	0,006
Diamètre des globules gras ($d_{4,3}$), µm	Matin	4,43	4,43	4,45	0,253	0,947
	Soir	4,41	4,42	4,52	0,196	0,170
Surface spécifique (s), m^2	Matin	1,78	1,79	1,78	0,076	0,913
	Soir	1,80	1,79	1,77	0,052	0,130

Tableau 2 Effet de l'intervalle de traite et du moment de la traite sur la lipolyse du lait (mesures effectuées le jour de la mesure de la lipolyse).

2.3. COMPOSITION FINE DU LAIT

Les teneurs en matières azotées totales et en caséines ont été plus élevées avec les traitements 10-14 et 12-12 le matin et avec les traitements 12-12 et 14-10 le soir (Tableau 1). Concernant les minéraux, la teneur en phosphore total a été plus élevée avec les traitements 10-14 et 12-12 le matin (992 et 965 mg/kg vs. 927 mg/kg) et 12-12 et 14-10 le soir (989 et 977 mg/kg vs. 965 mg/kg). Le rapport Na^+/K^+, indicateur d'une ouverture des jonctions serrées dans la glande mammaire, n'a augmenté que pour la traite du soir avec les traitements 12-12 et 14-10 (Tableau 1). La teneur en citrate a été également plus élevée avec les traitements 10-14 et 12-12 le matin et 12-12 et 14-10 le soir (Tableau 1).

3. DISCUSSION

L'absence de variation sur la journée de la production laitière, des taux butyreux et protéique, avec les intervalles de traite 10-14, 12-12 et 14-10 est en accord avec les résultats de Rémond et al (2009) obtenus avec des intervalles modérés entre les 2 traites (<17 h). L'augmentation de la teneur en lactose avec l'intervalle 12-12 est une conséquence d'une teneur plus élevée en lactose dans le lait du soir.

La fluctuation de la lipolyse entre traite du matin et du soir ne semble pas liée au nycthémère, mais plutôt à l'intervalle entre traites. En effet, la diminution de l'intervalle entre traites est accompagnée d'une augmentation de la lipolyse (Wiking et al., 2006). La réduction de cet intervalle pourrait pénaliser la reconstitution de la membrane qui entoure les triglycérides qui n'aurait pas le temps de se reformer, rendant les globules gras plus sensibles à la lipolyse (Connolly, 1978). De plus, selon Sundheim (1988), la lipoprotéine lipase n'est pas stable à 35°C. Il se pourrait que la durée de stockage du lait influe sur l'activité de cette enzyme ce qui expliquerait des teneurs en acides gras libres plus faibles après des temps de stockage longs (dans le lait du matin pour 10-14 et dans celui du soir pour 14-10). Une autre explication pourrait être liée à la teneur en matières grasses plus élevée avec des intervalles entre traites plus courts qui serait associée à plus d'acides gras libres (Bachman et al, 1988 ; Tousova et al, 2013). Dans cette expérimentation, nous n'avons pas trouvé de corrélation entre la lipolyse, le taux butyreux et la surface des globules gras comme Murphy et al (1979).

De la même façon, pour les paramètres de composition fine du lait, il semblerait que ce soit l'intervalle entre traites, donc la durée de stockage du lait dans la mamelle qui soit importante, et non le nycthémère. L'allongement de l'intervalle entre traites permet une synthèse plus importante des nutriments principaux du lait (protéines, caséines, lactose, matières grasses). Ce serait également le cas pour le citrate, qui serait synthétisé à une vitesse constante à partir du glucose et de l'acétate et qui n'aurait pas le même mécanisme d'action que les ions Na^+ et K^+ (Linzell et al, 1976).

CONCLUSION

Cette étude originale laisse encore en suspens un certain nombre de questions à propos des mécanismes d'action de la lipolyse. Certains résultats comme l'activité de la lipoprotéine lipase et le profil en acides gras des laits aideront probablement à expliquer ces différences entre laits issus de la traite du matin et du soir associés à des intervalles de traite différents et probablement non liés à la succession jour-nuit.

Cette étude a été soutenue par l'Agence Nationale de la Recherche dans le cadre du projet LipoMEC (ANR-19-CE21-0010). Les auteurs remercient P. Lamberton, responsable de la ferme expérimentale l'IE PL, INRAE, Nutrition et physiologie laitières, et son équipe – V. Avignon, G. Boullet, A. Le Croizier, A. Mottin, J. Orinel, J. Parois, F. Pichot, P. Pichot et D. Sidaner – pour leurs contributions aux soins des animaux et à l'échantillonnage du lait. Ils remercient également P. Debournoux-Poton, N. Huchet, M. Lemarchand, T. Le Mouël, C. Perrier (PEGASE, INRAE, Saint-Gilles, France) et S. Emery (Herbivores, INRAE, Saint-Genès-Champanelle, France) pour leur assistance technique.

Bachman K.C., Hayen M.J., Morse D., Wilcox C.J., 1988. J. Dairy Sci., 71, 925-931

Bernard L., Rouel J., Leroux C., Ferlay A., Faulconnier Y., Legrand P., Chilliard Y., 2005. J. Dairy Sci., 88, 1478-1489.

Connolly J., 1978. In Proc. 20th International Dairy Congress, Paris
(France), 26 Juin 1978.

Linzell J.L., Mepham T.B., Peaker M., 1976. J. Physiol. et al, 260, 739-750

Murphy J.J., Connolly J.F., Headon D.R., 1979. Irish J. Food Sci. Technol., 3, 131-149

Rémond B., Pomiès D., Julien C., Guinard-Flament J., 2009. Animal, 3, 1463-1471

Shipe W.F., Senyk G.F., Fountain K.B., 1980. J Dairy Sci, 63, 193-198

Sundheim G., 1988. J. Dairy Sci., 71, 620-626

Tousova R., Stadnik L., Duchacek J., 2013. Czech J. Food Sci., 31, 20-26

Vanbergue E., Peyraud J.L., Guinard-Flament J., Charton C., Barbey S., Lefebvre R., Gallard Y., Hurtaud C., 2016. J. Dairy Sci., 99, 5739–5749

Wiking, L., Nielsen J.H., Båvius A.K., Edvardsson A., Svennersten-Sjaunja K., 2006. J. Dairy Sci., 89,1004-1009

Gestion des litières paillées en élevage caprin : un levier de maîtrise face au risque STEC en filière lait cru

LE CHENADEC H. (1), MINIER M. (1), MASSELIN-SILVIN S. (1), BOYER C. (1), CHAIX M. (1), DE CREMOUX R. (1), DEGABRIEL P. (3), FORRAY L. (5), LAITHIER C. (1), MORGE S. (4), POMMARET A. (2), PRADIER A. (2), RAYNAUD S. (1), ROUSSEL P. (1), SICURANI L. (5), ULRICH P. (2), YVOREL QUINCARD C. (3)
(1) Institut de l'élevage, Agrapole, 23, rue Jean Baldassini, 69364 LYON CEDEX 07
(2) Ferme expérimentale caprine du Pradel, 950 chemin du Pradel, 07170 Mirabel
(3) AGRIAL, 1 Rue Albert Fié, 26400 Crest
(4) Chambre d'Agriculture de l'Ardèche, 4 Av. de l'Europe Unie, 07000 Privas
(5) Fromagerie de la Drôme, 6 La Condamine, 26400 Aouste-sur-Sye

RESUME - Lors de certains épisodes de contamination par les STEC HP (*Escherichia coli* producteurs de shigatoxine hautement pathogène) en élevages caprins, l'entretien de la litière est apparu comme un levier essentiel de maîtrise. Cette étude avait pour objectif d'identifier des pratiques préventives favorisant le contrôle du risque de contamination fécale, puis d'objectiver en conditions expérimentales l'impact de deux pratiques identifiées : la quantité de paille et la fréquence de paillage. Pour cela, une méthodologie de caractérisation des litières caprines a été développée, permettant sur un cycle complet d'accumulation d'estimer la contamination fécale en surface et d'approcher les paramètres physico-chimiques de la litière. Les résultats ont montré une forte variabilité de la contamination fécale en surface des litières entre les différentes semaines d'accumulation, et aucun lien n'a pu être mis en évidence entre la quantité d'*E. coli* et les paramètres de la litière, notamment la température. Des pratiques en lien avec la contamination fécale des litières ont pu être mises en avant, telles que la densité de chèvre sur l'aire paillée, la fréquence de paillage ou encore la quantité de paille. Une augmentation progressive de la température de la litière avec sa durée d'accumulation a été observée, ainsi qu'un échauffement de la litière en cas de paillage trop abondant. Enfin, un paillage quotidien permet de limiter la contamination en *E. coli* (- 0,66 log) par rapport à un paillage de 3 fois par semaine. Ces résultats confortent les études sur les litières bovines, mais l'absence d'indicateur mesurable comme la température pour approcher le risque de contamination fécale fait défaut. Cependant, l'analyse de l'impact des pratiques de gestion de la litière en lien avec la contamination fécale conforte les messages sur les bonnes pratiques d'entretien, dont l'objectif est une litière propre et sèche.

Straw litter management in dairy goat cattle: a lever of control to face STEC risk in raw milk production

LE CHENADEC H. (1), MINIER M. (1), MASSELIN-SILVIN S. (1), BOYER C. (1), CHAIX M. (1), DE CREMOUX R. (1), DEGABRIEL P. (3), FORRAY L. (5), LAITHIER C. (1), MORGE S. (4), POMMARET A. (2), PRADIER A. (2), RAYNAUD S. (1), ROUSSEL P. (1), SICURANI L. (5), ULRICH P. (2), YVOREL QUINCARD C. (3)
(1) Institut de l'élevage, Agrapole, 23, rue Jean Baldassini, 69364 LYON CEDEX 07

SUMMARY - During certain episodes of STEC HP (Shiga-toxin *Escherichia coli*) contamination in goat farms, litter management appeared to be an essential control lever. The objective of this study was to identify preventive practices to face the risk of fecal contamination, and then to objectivize under experimental conditions the impact of two identified practices: straw quantity and mulching frequency. For this, a methodology to characterize goat litter was developed, allowing the estimate of fecal contamination on the surface, and approaching the physico-chemical parameters of goat litter over a full accumulation cycle. The results showed a strong variability of fecal contamination on the surface of the litter between the different weeks of accumulation, and no link could be found between the quantity of *E. coli* and the parameters of the litter, including temperature. Practices related to fecal contamination were identified, such as goat density, frequency of mulching and amount of straw. A progressive increase of the litter temperature with the duration of accumulation was observed, as well as a heating of the litter in case of abundant mulching. Finally, daily mulching reduced *E. coli* contamination (- 0.66 log) compared to mulching 3 times per week. These results support the studies on cattle litter, but the lack of a measurable indicator such as temperature to approach the risk of fecal contamination is lacking. However, analysis of the impact of litter management practices in relation to fecal contamination supports messages about good litter management practices, leading to a clean and dry litter.

INTRODUCTION

Depuis plusieurs années, les STEC HP, pouvant être responsables de graves pathologies chez l'Homme, menacent les filières au lait cru. D'origine fécale, ces bactéries appartenant à la famille des *Escherichia coli* (*E. coli)*, présentes dans le tube digestif des ruminants, peuvent se trouver accidentellement dans le lait via une contamination par les déjections des animaux, et potentiellement dans les produits laitiers non pasteurisés. Cette problématique préoccupe les acteurs de la filière, notamment caprine, qui sont en attente de leviers d'action concrets pour faire face à une contamination du lait. Le projet MaLiSTEC (Mamelle-Litière-STEC) a ainsi proposé d'étudier comment limiter le passage des STEC HP du tube digestif au lait, à deux niveaux, la litière et les trayons, par le suivi des *E. coli*, indicateur de contamination fécale. Les études menées ont mis en évidence que **l'entretien de la litière est un levier essentiel de maîtrise, ce que les suivis en élevages caprins confrontés aux STEC ont confirmé** (Raynaud *et al.*, 2022). Il était alors nécessaire de mieux connaître les caractéristiques des litières caprines, d'identifier des pratiques préventives favorisant le contrôle du risque de contamination fécale, et d'objectiver l'impact de ces pratiques en conditions expérimentales.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. CARACTERISATION DES LITIERES CAPRINES

1.1.1 Choix des exploitations enquêtées

Un questionnaire en ligne a permis de sélectionner 25 élevages caprins de la région Auvergne-Rhône-Alpes (AuRA), représentant des pratiques diversifiées d'entretien des litières paillées : fréquences de curage et de paillage, quantité de paille introduite, utilisation ou non de produits (larvicide, asséchant, désinfectant) après le paillage et/ou le curage, etc. Les caractéristiques des élevages et les pratiques pouvant avoir un impact sur la litière ont été détaillées lors des visites dans chacun des 25 élevages grâce à un second questionnaire. Les données récoltées, toutes qualitatives, ont fait l'objet d'une analyse descriptive (tris à plat et diagrammes circulaires à l'aide du logiciel Microsoft Excel®, version 2019) afin de caractériser l'échantillon.

1.1.2. Suivi des litières paillées sur un cycle complet d'accumulation

Pendant un cycle complet d'accumulation, de mi-mai à fin octobre 2020, des prélèvements et mesures au niveau de la litière ont été réalisés juste avant le paillage, à raison de trois à six suivis au maximum par élevage. La fréquence des suivis a été adaptée afin d'optimiser le nombre de semaines en commun pour les 25 élevages, sur des durées d'accumulation allant de 3 à 17 semaines (tableau 1). Ces suivis ont permis de récolter les données quantitatives suivantes : température et hygrométrie (à l'extérieur du bâtiment et à l'intérieur du bâtiment à 30 cm au-dessus de la litière) ; température de la litière (à 3,5 et 10 cm de profondeur) ; pH et matière sèche de la litière en surface ; dénombrement d'*E. coli* estimé par deux méthodes (pédichiffonnettes et prélèvement de litière avec broyat).

Les données de suivi ont fait l'objet d'une analyse descriptive (logiciel R®, version 3.5.3) avec pour objectif d'observer l'évolution des paramètres physico-chimiques et bactériologiques des litières au fil des semaines d'accumulation. Pour toutes les analyses, les paramètres bactériologiques (dénombrement d'*E. coli*) ont été convertis au préalable en logarithme base 10. Une Analyse en Composantes Principales (ACP) a été réalisée sur les paramètres bactériologiques des litières (dénombrement d'*E. coli* par pédichiffonnette et par prélèvement), avec les données des semaines d'accumulation 1, 2, 3, 6 et dernière semaine avant curage (pouvant varier selon les élevages). Les pratiques d'élevage et les paramètres physico-chimiques des litières correspondent aux variables illustratives. Les résultats montrant que le nombre d'*E. coli* obtenu par pédichiffonnette est indépendant de celui prélevé par prélèvement, deux nouvelles ACP ont été réalisées : l'une sur les dénombrements d'*E. coli* obtenus par pédichiffonnette, l'autre sur ceux obtenus par prélèvement de litière et broyat. Une Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) a été réalisée à la suite de chacune des deux ACP, permettant d'obtenir deux typologies classant les élevages selon le niveau de contamination bactériologique de leur litière. Les différentes classes d'élevage obtenues ont été caractérisées par les moyennes de toutes les variables, actives comme illustratives. Ces moyennes ont ensuite été comparées aux moyennes globales de l'échantillon grâce à un test de Student (seuil de signification $p < 0,1$). Plus l'écart entre la moyenne de la classe et la moyenne globale est élevé, plus la variable est caractéristique de la classe en question.

1.2. EVALUATION DE L'IMPACT DE PRATIQUES D'ENTRETIEN DES LITIERES EN STATION EXPERIMENTALE

À la suite du travail mené en 2020 sur les 25 élevages de la région AuRA, deux pratiques ont été sélectionnées par le comité de pilotage du projet, la quantité de paille et la fréquence de paillage, afin de mener des essais comparatifs à la ferme expérimentale du Pradel. Le plan expérimental mis en place est décrit dans le tableau 2. Deux lots de 48 chèvres ont été conduits sur deux aires paillées similaires (surface, nombre d'abreuvoirs et nature du sol), pendant trois périodes (P1, P2 et P3) d'accumulation de litière de 10 semaines, de mars à septembre 2021. La mise en lot a été effectuée, à chaque période, sur des critères connus, à savoir le stade physiologique, le poids, la parité et l'âge. Pour chaque période, tous les animaux ont eu un régime alimentaire similaire, avec le cas échéant lors des phases de pâturage, alternance de chaque lot sur les parcelles. Un lot a constitué le témoin de l'expérimentation et l'autre a permis de tester les deux changements de pratiques différentes sur les périodes successives. La comparaison s'est effectuée sur un cycle d'accumulation entre 2 curages, par rapport au lot témoin à la même période. Le suivi des litières a été effectué chaque semaine avant paillage, avec différentes mesures et prélèvements au niveau des litières : température et hygrométrie (à l'extérieur du bâtiment, à l'intérieur du bâtiment à 30 cm de la litière) ; température de la litière (à 3,5 cm de profondeur) ; dénombrement d'*E. coli* estimé par deux méthodes (pédichiffonnettes et prélèvement de litière avec broyat). En raison d'un problème sanitaire sur le troupeau nécessitant d'avancer la date du curage, la 3ème période a été écourtée à 6 semaines. Afin d'exploiter les données quantitatives, deux jeux de données ont alors été utilisés pour réaliser les analyses statistiques descriptives et analyses de la variance : jeu de données A : périodes P1, P2 et P3 et 6 semaines d'accumulation de litière ; jeu de données B : périodes P1 et P2 et 10 semaines d'accumulation de litière.

N° de la semaine d'accumulation	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	13	17
Nombre d'élevages	25	25	25	4	4	20	10	5	8	4	3	1

Tableau 1 Nombre d'élevages par semaine d'accumulation

A titre d'exemple, tous les élevages (25) ont bénéficié d'un suivi les semaines 1, 2 et 3 ; un seul élevage pour la semaine 17.

		Période 1 (P1) Durée : 10 semaines	**Période 2 (P2)** Durée : 10 semaines	**Période 3 (P3)** Durée : 6 semaines
Lot Témoin	Fréquence de paillage	3 fois/semaine	3 fois/semaine	3 fois/semaine
	Quantité de paille par chèvre par semaine	5 kg/chèvre/semaine	5 kg/chèvre/semaine	5 kg/chèvre/semaine
Lot Expérimental	Fréquence de paillage	3 fois/semaine	1 fois/jour	1 fois/jour
	Quantité de paille par chèvre par semaine	7 kg/chèvre/semaine	5 kg/chèvre/semaine	7 kg/chèvre/semaine

Tableau 2 Plan expérimental des essais comparatifs sur les trois périodes

2. RESULTATS

2.1. CARACTERISATION DES LITIERES CAPRINES EN REGION AUVERGNE-RHONE-ALPES

2.1.1. Des pratiques de gestion des litières diversifiées

Après la phase de suivi des litières en 2020, les données qualitatives ont permis de caractériser l'échantillon des 25 élevages et de montrer la diversité au niveau des pratiques de gestion des litières (tableau 3). Les quantités de paille apportée par paillage variaient de 0,1 à 2,8 kg/m², et les quantités après curage de 0,7 à 5,6 kg/m². Sur les aires paillées suivies, la surface par chèvre variait de 1,2 à 3,8 m²/chèvre, avec une moyenne de 1,9 m²/chèvre.

Fréquence de paillage	Effectifs	Fréquence de curage	Effectifs
1 à 2 fois par jour	6	3 à 5 semaines	6
Tous les 2 jours	9	6 à 7 semaines	8
Tous les 3 jours	5	8 à 9 semaines	7
Tous les 5 à 7 jours	5	10 à 17 semaines	4

Tableau 3 Nombre d'exploitation (effectifs) par modalité pour la fréquence de paillage et de curage

2.1.2. Contamination en *E. coli* et paramètres physico-chimiques des litières régionales

L'analyse descriptive des données quantitatives a mis en évidence une forte variabilité de la contamination en *E. coli* des litières des 25 élevages régionaux. Aucun lien n'a pu être mis en évidence entre la contamination en *E. coli* des litières (pour les deux méthodes de prélèvement) et la température (figure 1), les autres paramètres physico-chimiques relevés en 2020 (matière sèche, pH), ni avec les paramètres d'ambiance (température et hygrométrie au niveau de la litière et à l'extérieur du bâtiment). Les résultats de caractérisation physico-chimique des litières ont permis pour la suite de l'étude de simplifier le protocole. Ainsi les mesures de pH et les analyses du taux de matière sèche en surface de la litière ne sont pas reconduites en 2021. La température de la litière à 10 cm de profondeur étant fortement corrélée à celle à 3,5 cm, seule cette dernière est conservée.

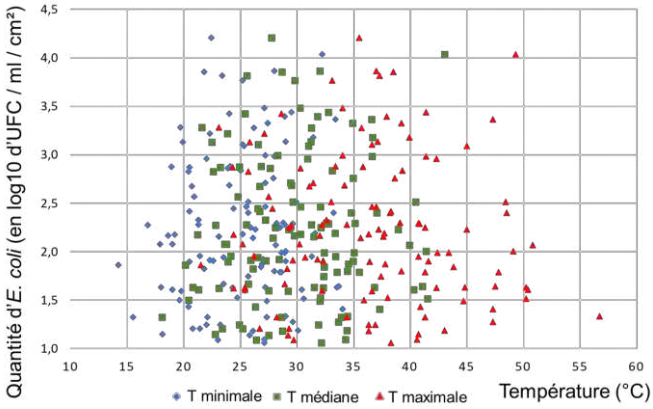


Figure 1 Quantité d'*E. coli* en fonction de la température (minimale, médiane et maximale) à 3,5 cm de profondeur

2.1.3. Pratiques en lien avec la contamination en *E. coli* des litières

Les typologies issues des CAH classant les élevages selon le niveau de contamination bactériologique de leur litière (d'après les deux méthodes de prélèvement) ont permis de dégager des pratiques apparaissant à risque - *pratiques chez des groupes d'élevages avec des contaminations en* E. coli *plus élevées que la moyenne* - et des pratiques permettant a priori de limiter le risque de contamination fécale - *pratiques chez des groupes d'élevages avec des contaminations en* E. coli *moins élevées que la moyenne*. À l'aide de ces résultats (tableau 4), le comité de pilotage du projet a sélectionné deux pratiques, la quantité de paille et la fréquence de paillage, afin de mener des essais comparatifs à la ferme expérimentale du Pradel. Ce choix résulte d'un compromis entre les résultats, les attentes des acteurs de la filière caprine et la faisabilité du dispositif expérimental, à la fois technique et analytique.

2.2. RESULTATS EN CONDITIONS EXPERIMENTALES

2.2.1. Température et hygrométrie d'ambiance

À la suite de l'essai comparatif de 2021, il a été montré que les températures mesurées à l'extérieur du bâtiment suivent la même évolution que celles à l'intérieur du bâtiment au niveau de l'aire paillée (coefficient de corrélation $r^2>0,8$). Il en est de même pour l'hygrométrie. Nous parlons alors de température et d'hygrométrie d'ambiance. Les trois périodes sont difficilement caractérisées par l'hygrométrie, les variations intra-période de cette variable étant plus importantes qu'entre les périodes. Concernant les températures d'ambiance, la P1 peut être décrite comme plutôt printanière, tandis que les P2 et P3, qui sont similaires, sont plutôt estivales. L'analyse de la variance vient conforter cette descriptive : la température au niveau de l'aire paillée est en moyenne significativement plus élevée (test de Student $p < 0,05$) de respectivement 8,5 °C et 8,4 °C pour les P2 et P3 par rapport à la P1.

2.2.2. Température de la litière

Pour les trois périodes, on observe une augmentation progressive de la température de la litière avec la durée d'accumulation (figure 2). L'analyse de la variance vient conforter ces observations : le facteur semaine, correspondant à la durée d'accumulation, est significatif (test de Student $p < 0,05$), et les différences de températures de la litière entre deux semaines sont significatives principalement en début de période d'accumulation. La tendance est donc à l'augmentation de la température de la litière sur l'ensemble de la période d'accumulation (figure 2). On observe également que 1/ la température de la litière du lot expérimental est supérieure à celle du lot témoin pour la P1 et P3 (ce qui correspond à la quantité de paille de 7 kg/chèvre/semaine) et 2/ la température de la litière du lot expérimental est comparable à celle du lot témoin pour la P2 (ce qui correspond à la quantité de paille de 5 kg/chèvre/semaine). L'analyse de la variance montre en effet de façon significative qu'un **paillage plus abondant entraine une augmentation de la température de la litière**. Ainsi les températures de litière mesurées au niveau des abreuvoirs étaient plus élevées de 3,6 °C en moyenne lorsque la quantité de paille apportée par paillage était la plus importante (7 kg par chèvre et par semaine contre 5 kg).

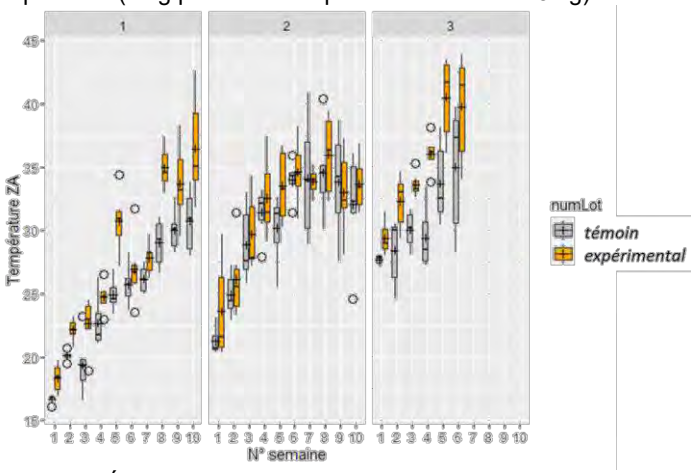


Figure 2 Évolution des températures de la litière (en °C) durant les 3 périodes d'accumulation, au niveau des abreuvoirs

2.2.3. Dénombrement d'*E. coli*

Tout comme les résultats obtenus en 2020 (*cf. 2.1.2.*), l'essai mené en 2021 n'a pas permis de mettre en évidence de lien entre les températures et hygrométries au niveau de la litière et la contamination en *E. coli* (corrélation variant de 0,15 à 0,51), pour les deux méthodes de prélèvement. Les variations du nombre d'*E. coli* intra-périodes sont plus importantes qu'entre les périodes 1, 2 et 3.

L'impact des pratiques testées (fréquence et quantité de paille) sur la contamination en *E. coli* n'a pas pu être démontré de façon significative avec le jeu de données A (*cf. 1.2.*) : la variation entre les différentes semaines d'accumulation est plus importante que l'écart entre lot témoin et lot expérimental. Cependant, on observe tout de même en tendance que la contamination en *E. coli* est moins élevée (de l'ordre de 0,1 à 0,3 log selon les zones de la litière et la méthode de prélèvement) avec une fréquence de paillage d'une fois par jour. La 2ème analyse réalisée (jeu de données B) a cette fois permis de montrer de façon significative l'impact de la fréquence de paillage sur la contamination en *E. coli* (estimée par pédichiffonnette). Ainsi

un paillage quotidien permet de limiter la contamination en *E. coli* (- 0,66 log par rapport à un paillage de 3 fois par semaine, tableau 5). Toutefois cette 2ème analyse ne permet pas de tester l'interaction quantité de paille avec fréquence de paillage (en ne travaillant que sur P1 et P2, on ne teste pas la combinaison 7kg/chèvre/semaine, 1 fois/jour).

Pratiques apparaissant « à risque »	Pratiques permettant potentiellement de limiter la contamination
- **Moins de surface par chèvre** (<1,93 m²/chèvre *) - **Fréquence de paillage supérieure ou égale à 3 jours** - Pas de sortie libre ou sortie à la journée des chèvres ** - Quantité de paille par paillage plus élevée (>0,92 kg/m² *)	- **Fréquence de paillage inférieure ou égale à 2 jours** - **Sortie libre des chèvres** ** - Quantité de paille plus élevée au curage (>2,5 kg/m² *) - Utilisation d'un produit au curage - Sous-sol en terre battue

Tableau 4 Pratiques ayant un impact significatif sur la contamination en *E. coli* des litières. **En gras** les pratiques ressorties dans la caractérisation des groupes issus des deux CAH (deux méthodes de prélèvement : pédichiffonnette et prélèvement)

** moyenne des 25 élevages caprins ** Sortie libre : les chèvres sortent librement 24 h sur 24 sur une aire d'exercice. Sortie à la journée / Sortie à la demi-journée : sortie une demi-journée au pâturage et/ou sur une aire d'exercice.*

Fréquence de paillage	Estimation	Écart-type	ddl	Intervalle de confiance 95 %	
1 fois / jour	3,51	0,18	20	3,14	3,89
3 fois / semaine	4,17	0,11	20	3,94	4,40

Tableau 5 Moyennes ajustées de la contamination en *E. coli* (log) par fréquence de paillage

3. DISCUSSION

Plusieurs résultats de cette étude sont en accord avec les éléments de littérature en litière bovine. Le niveau de contamination en surface de la litière caprine avec un paillage quotidien est inférieur à celui obtenu avec un paillage de 3 fois par semaine (- 0,66 log10/g). Pour les litières bovines, Ménard *et al.* ont également montré qu'un paillage plus régulier (biquotidien contre quotidien) permettait de diminuer la contamination en surface de la litière, un écart de 0,5 log10/g minimum étant proposé. Des études similaires (Ménard *et al.*, 2001, 2003) ont également montré que la température augmente avec le stade d'accumulation de la litière en bovin, ainsi qu'en cas de paillage plus abondant, ce qui est confirmé pour les litières caprines avec notre étude. Cependant, aucun lien entre la température de la litière caprine et le nombre d'*E. coli* n'a pu être mis en évidence, ni avec aucun autre paramètre physico-chimique de la litière (pH, matière sèche). L'optimum de croissance de cette bactérie (35 à 40 °C) a pourtant bien été atteint à plusieurs reprises à différents endroits des litières, en particulier en fin de période d'accumulation. Cette observation laisse supposer que d'autres facteurs influencent la quantité d'*E. coli* en surface, notamment les pratiques d'élevage avec, pour notre étude, la fréquence de paillage dont l'impact est significatif. D'autres pratiques à risque vis-à-vis de la contamination fécale ont également été mis en évidence, comme une forte densité des chèvres sur la litière. La température de la litière est pourtant un indicateur fréquemment utilisé en litière bovine, afin d'optimiser les apports de paille et pour rechercher la durée d'accumulation optimum entre 2 curages. Bien qu'aucune étude n'ait encore statué de seuil pour les litières caprines, la température est parfois utilisée comme indicateur de déclenchement du curage. D'autres paramètres doivent cependant intervenir dans la décision de curer : humidité, hauteur de la litière, approche de période particulière (période chaude, mise-bas), etc. Les résultats de dénombrements en *E. coli* ne sont pas corrélés entre les

deux méthodes de prélèvement, une différence importante étant que la méthode de prélèvements de litière inclus des prélèvements de fèces et de paille, ce qui n'est pas le cas des pédichiffonnettes. Concernant ces dernières, leur utilisation s'est avérée bien adaptée pour échantillonner les litières des petits ruminants dans l'étude STECAMONT (Raynaud *et al.*, 2018). Bien qu'elles soient davantage utilisées pour évaluer la présence ou l'absence d'un pathogène, et non pour effectuer des dénombrements, elles sont faciles à mettre en œuvre en élevage et sont plus représentatives de la zone en contact direct avec la mamelle des chèvres, et donc du risque de contamination fécale. D'après Raynaud *et al.*, elles permettraient d'ailleurs d'approcher davantage le risque STEC HP, ces derniers étant plus fréquemment retrouvé à partir des pédichiffonnettes que des fèces des animaux.

CONCLUSION

Les résultats de ces essais ont montré qu'un paillage quotidien permet de limiter la contamination en *E. coli,* mais le lien supposé entre les paramètres de la litière (température, pH, matière sèche) et la quantité d'*E. coli* n'a pas pu être démontré. Une augmentation progressive de la température de la litière avec sa durée d'accumulation a été observée, ainsi qu'un échauffement de la litière lors de paillage trop abondant, ce qui est en accord avec les observations sur les litières bovines. Si pour les éleveurs caprins, l'identification d'un indicateur tel que la température pour approcher le risque de contamination fécale peut faire défaut, le lien entre les pratiques d'entretien de la litière et la contamination fécale en surface renforce les messages techniques sur les bonnes pratiques d'entretien des litières, à savoir une litière propre et sèche.

Le projet MaLiSTEC (2020-2021) a bénéficié du soutien financier de la région AuRA et de l'ANICAP. Nous remercions les éleveurs caprins ayant participé à cette étude en 2020, ainsi que l'ensemble des techniciennes ayant effectué les suivis, et la ferme expérimentale du Pradel, pour la bonne mise en œuvre de ce projet.

Collectif Idele, 2022. Projet CASTEC. Maîtrise des Escherichia coli productrices de shiga-toxines (STEC) en élevage caprin. 6 pages.

Ménard J.L, Roussel P., Masselin-Silvin S., Puthod R., Hetreau T., Foret A., Houssin B., Aracil C.,Le Guenic M., 2004. Renc. Rech. Ruminants, 11 : 333-336

Raynaud S., Ganet S., Michel V., Brugère H., Auvray F., Bergonier D., Forray L., Brasseur F., Bourreau P., Roussel P., Bailly C., Le Barillec K., Chaucheyras-Durand F., Picant P., Sergentet D., 2005. Renc. Rech. Ruminants, 24 : 408-411

Effet de l'inclusion de peaux de châtaigne dans la ration des agneaux sur la qualité de la viande

Effect of the inclusion of chestnut shells in the diet of lambs on meat quality

MENCI R. (1), NATALELLO A. (1), ALESSANDRO S. (1), MANGANO F. (1), TORRENT A. (2), LUCIANO G. (1), PRIOLO A. (1), NIDERKORN V. (2)

(1) Département Di3A, Università di Catania, via Valdisavoia 5, 95123 Catania, Italie.
(2) INRAE, Université Clermont Auvergne, Vetagro Sup, UMRH, 63122, Saint-Genès-Champanelle, France.

INTRODUCTION

Alimenter des animaux avec des sous-produits agro-industriels contribue à réduire le gaspillage et la compétition food vs feed, tout en favorisant l'utilisation de ressources locales (Salami *et al*., 2019). Les peaux de châtaigne (PC) sont un sous-produit très peu étudié, riche en tanins hydrolysables. Les tanins alimentaires peuvent améliorer le profil en acides gras de la viande de ruminants en agissant contre la biohydrogénation ruminale. L'objectif de cette étude était de mesurer l'effet de l'inclusion des PC dans la ration d'agneaux à l'engraissement, sur la qualité de la viande. Nous avons également comparé les PC au sainfoin (SF), une source connue de tanins condensés, et recherché les éventuelles interactions entre eux.

1. MATERIELS ET METHODES

Vingt-huit agneaux mâles (race Romane) ont été adaptés à une alimentation de base composée de foin et de granulés de concentré et luzerne. A 90 jours d'âge, les agneaux ont été répartis en 4 lots équilibrés (n=7) : un contrôle recevant les mêmes granulés de luzerne (645 g MS/j) ; un recevant des granulés à base de PC (905 g MS/j) ; un recevant des granulés à base de SF (645 g MS/j) ; et un recevant des granulés à base de PC et SF (PCSF ; 905 g MS/j). Les régimes étaient isoprotéiques et isoénergétiques. La teneur en tanins totaux des granulés était (en g/kg MS) : contrôle 1,4 ; PC 4,6 ; SF 8,0 ; PCSF 7,8. Les agneaux étaient nourris individuellement deux fois par jour et les refus pesés. Après 21 jours, les agneaux ont été abattus et la viande a été analysée. Le profil en acides gras a été évalué par CPG après transestérification basique (Natalello *et al*., 2022). Pour analyser la stabilité oxydative, 4 tranches de viande ont été découpées et conservées à 4°C dans des barquettes filmées pendant 0, 3, 6 et 9 jours, respectivement. A la fin de chacune de ces durées, les descripteurs de couleur (CIE L*a*b*) et d'oxydation des lipides (TBARS) ont été mesurés (Natalello *et al*., 2022). L'effet du régime sur le profil en acides gras a été évalué avec une ANOVA. Les données de couleur et TBARS ont été traitées avec une ANOVA en mesures répétées. Les différences ont été considérées comme significatives lorsque $P \leq 0{,}050$.

2. RESULTATS

2.1. ACIDES GRAS DE LA VIANDE

Les résultats des profils en acides gras de la viande sont présentés dans le tableau 1. La viande PC avait la teneur en C18 :1*trans*11 la plus élevée, et une teneur en C18:2*cis*9*trans*11 (CLA) plus élevée que les viandes des groupes SF et PCSF. L'indice d'activité de la stéaryl-CoA 9-désaturase, calculé sur la base du rapport entre C14:0 et C14:1*cis*9, n'était pas différent entre les groupes (P=0,414).

Acides gras (g/100g total)	Groupe d'alimentation				SEM	*P* value
	Ctrl	PC	SF	PCSF		
Lipides (%)	1,58	1,68	1,66	1,56	0,075	0,937
C14:0	2,29	2,49	3,09	2,99	0,172	0,251
C16:0	20,3	20,2	21,0	21,4	0,238	0,176
C16:1*cis*9	1,24	1,25	1,38	1,29	0,030	0,321
C17:0	1,29	1,12	1,26	1,17	0,029	0,088
C18:0	16,3	15,4	15,9	15,3	0,178	0,171
C18:1*trans*10	1,03	1,05	0,82	0,85	0,129	0,885
C18:1*trans*11	2,28^{b}	3,59^{a}	2,13^{b}	1,87^{b}	0,172	0,006
C18:1*cis*9	31,0	30,5	30,9	30,5	0,364	0,930
C18:2 *n*-6	6,72	7,27	6,76	7,06	0,233	0,833
C18:3 *n*-3	1,95	1,70	1,98	2,04	0,073	0,381
CLA	0,60^{ab}	0,78^{a}	0,56^{b}	0,51^{b}	0,033	0,008
C20:4 *n*-6	1,81	1,80	1,56	1,80	0,090	0,720

Tableau 1 : Profils en acides gras de la viande d'agneau

2.2. STABILITE OXYDATIVE DE LA VIANDE

Les résultats de la stabilité oxydative de la viande sont présentés dans le tableau 2. Nous n'avons observé aucune différence entre les groupes sur les TBARS et le changement de couleur (P>0,050). La luminance (L*), l'indice de rouge (a*) et de jaune (b*) ainsi que la valeur de TBARS de la viande ont évolué dans le temps, comme prévu.

3. DISCUSSION

L'inclusion de PC dans la ration a eu un effet positif sur le contenu de C18:1*trans*11 et CLA de la viande, des acides gras connus pour leurs effets bénéfiques sur la santé humaine (Field *et al*., 2009). Cet effet est probablement dû à la modulation de la biohydrogénation ruminale par les tanins présents dans les PC. Cette différence de profil en acide gras n'a pas affecté la stabilité oxydative des lipides de la viande pendant la conservation à 4°C. Contrairement à ce qu'ont observé Priolo *et al*. (2009), la présence d'un aliment contenant des tanins dans la ration des agneaux n'a pas amélioré la stabilité de la couleur de la viande.

CONCLUSION

En conclusion, les peaux de châtaigne peuvent être intégrés dans l'alimentation des agneaux à l'engrais sans effet négatif sur la stabilité oxydative de la viande, tout en améliorant son profil en acides gras.

Field C.J *et al.,* 2009. Appl. Physiol. Nutr. Metab., 34(5), 979-991
Natalello A. *et al*., 2022. Meat Sci., 186, 108731
Priolo A. *et al*., 2009. Meat Sci., 81(1), 120-125
Salami S.A. *et al*., 2019. Anim. Feed Sci. Technol., 251, 37-55

Paramètre	Groupe d'alimentation (G)				Temps de conservation (T)				SEM	*P* value		
	Ctrl	PC	SF	PCSF	0	3	6	9		G	T	G*T
Luminance, L*	38,4	39,1	37,8	39,4	37,3^{c}	38,6^{b}	39,6^{a}	39,1^{ab}	0,245	0,155	<0,001	0,283
Indice de rouge, a*	15,0	15,2	15,3	15,2	17,3^{a}	15,6^{b}	13,9^{c}	14,0^{c}	0,285	0,907	<0,001	0,498
Indice de jaune, b*	16,6	16,4	16,2	16,7	13,6^{c}	17,2^{b}	16,9^{b}	18,2^{a}	0,206	0,389	<0,001	0,970
TBARS (mg MDA/kg)	1,28	1,51	1,57	1,44	0,64^{c}	0,99^{c}	1,84^{b}	2,48^{a}	0,086	0,455	<0,001	0,964

Tableau 2 Variation de couleur et oxydation des lipides de la viande pendant 9 jours de conservation (MDA : malondialdéhyde).

Influence du stade de la lactation sur la qualité du lait de bufflonne en France
Influence of the stage of lactation on the quality of buffalo milk in France.

RECURT M. (1), LELEU S. (1), BONBON H. (1), DESONGINS A. (1), SERMAND R. (2), OSWALD M. (2), ALHAMADA M. (2)
(1) ISTOM, École Supérieure d'Agro-Développement International (ISTOM), F-49000 Angers, France.
(2) UR ADI-Suds, ISTOM, F-49000 Angers, France.

INTRODUCTION

Le lait de bufflonne se caractérise par un taux élevé de matières grasses MG, qui est l'un des composants les plus importants du lait, et souvent le prix du lait dépend de la quantité de MG, cependant, les informations sur la composition du lait de bufflonne sont rares (Arote *et al*., 2021, Ménard *et al.*, 2010). En France, nous n'avons pas trouvé de données officielles sur l'élevage de bufflonne, mais un rapport de AFP en 2018 indique que l'élevage de bufflonnes ne concernait que 52 producteurs dont 8 élevaient exclusivement ces animaux. L'objectif de cette étude est d'étudier l'effet de la différence de composants physico-chimique du lait de bufflonne selon le stade de lactation dans le nord-ouest de la France

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. ANIMAUX ET ÉCHANTILLONAGES

12 bufflonnes (5.7 ± 0.7 an) ont été sélectionnées parmi 50 femelles d'un troupeau d'une exploitation des Côtes d'Armor (22). Les animaux ont été divisés en trois groupes selon le stade de lactation à la première date de prélèvement : G1 en début de lactation (G1 <90 j, n =3), G2 stade de mi-lactation (90-150 j, n=5), et G3 en fin de lactation (150-300j, n=4). Les bufflonnes ont été nourries avec du foin ad libitum et des concentrés (1 kg/j/tête) au moment de la traite (2*500g/j/tête). Des échantillons de lait ont été prélevés individuellement lors de la traite du soir, en 2 périodes, i.e. fin janvier et fin mars 2022.

1.2. ANALYSES DES COMPOSANTES DU LAIT

Après chaque prélèvement, des dosages des lipides, glucides et protéines ont été menées à l'ISTOM à Angers (49) La méthode de Rôse Gottlieb, la méthode de Bradford et la méthode de DNS ont été utilisées pour analyser respectivement les taux de lipides, les protéines et le lactose.

1.3. ANALYSES STATISTIQUES

Le test de Tukey avec le logiciel R a été utilisé pour comparer les résultats inter et intra date et groupe de prélèvement. Les résultats sont exprimés en %, MOY±EM, p<0.05.

2. RÉSULTATS

2.1. ANALYSES DU LIPIDE

On remarque une augmentation du taux de lipides avec la progression du stade de lactation. Les % de MG du lait de bufflonne à différents stades ont été : 7.08±0.10%, 10.35±0.14% et 11.38±0.07% pour respectivement G1, G2 et G3 pendant la première période (janvier), et 9.20±0.2%, 11.11±0.19%, et 11.45±0.05% pour respectivement G1, G2 et G3 au cours de la deuxième période (mars), (cf. Tableau 1).
Les résultats montrent aussi une grande variabilité du taux de lipides dans le lait d'un individu à l'autre.

2.2 ANALYSES DES PROTEINES

Nos résultats montrent que le % de protéines se situe entre 3.6-7.6% en janvier, et entre 3.4-8.5% en mars (cf. Tableau 1). Ces résultats montrent que la concentration en protéines augmente avec la progression du stade de lactation. En bref : le % moyen de protéines dans la première période est 3.89±0.3, 4.04±0.15, 5.04±0.32 pour G1, G2 et G3 respectivement. Tandis que, le % en mars est 4.14±0.66, 4.15±0.3 et 5.19±0.28 pour le G1, G2 et G3 respectivement.

2.3. ANALYSES DES GLUCIDES

Semblable aux résultats obtenus dans l'analyse des protéines et des lipides, les résultats montrent des différences significatives entre les individus sur la même période de prélèvement, les % de lactose se situe entre 2.7% et 7.1%. Les % de lactose est 6.2±0.32, 5.9±0.24, 4.3±0.03, et 5.2±0.06, 4.3±0.13, 3.9±0.05 pour G1, G2, G3 en première et deuxième période respectivement

3. DISCUSSION

Les taux de MG et protéines les plus élevés ont été enregistrés en fin de lactation, tandis que le % les plus faibles ont été enregistré en début de lactation, ceci est cohérent avec les résultats de (Arote *et al*., 2021, Ménard *et al.*, 2010), cependant, les valeurs de notre étude sont supérieures à ce que l'on retrouve dans ces études. Ces variations restent dans la fourchette supérieure de résultats présentes par (Abd el-salam et el-shibiny, 2011) i.e. 5,3 à 9,0 % pour les MG et 2.7-5.2% pour les protéines. Nos valeurs élevées peuvent s'expliquer par les compléments alimentaires apportés lors de la traite. Concernant les glucides, on observe une diminution avec l'avancement du stade de lactation, résultat confirmant les études présentées ci-dessus. Dans notre étude, le niveau initial de lactose est fort et a diminué de manière significative avec l'avancement du stade de lactation (p <0,05). La baisse de production caractéristique la fin de lactation expliquerait cette évolution.

CONCLUSION

Nos résultats confirment que la progression du stade de lactation est associée à une augmentation en % de MG et de protéines et une baisse de % de lactose. Les taux de ces composants, qui ont été observés à des valeurs supérieurs que dans les études précédentes, peuvent s'expliquer par le niveau d'alimentation.

Un grand merci à Mme Bertrand qui nous a accueilli et permis de prélever du lait de sur son cheptel, et à l'équipe de l'ISTOM qui a financé cette étude

Abd el-salam, M., El-shibiny, S., 2011. Dairy Sci. & Technol., 91, 663–699
AFP, 2018. Le lait de bufflonnes, https://www.lepoint.fr/economie/le-lait-de-bufflonnes.php
Arote, S.S, 2021. Pharma Innov Journ., 2, 91-96
Ménard, O., 2010. Food Chemistry. 120, 544–551

	Période 1, Janvier			Période 2, Mars		
Stade de la lactation Effectif par groupe	G1 <90 j 3	G2, 90-150 j 5	G3, 150-300 j 4	G1 <90 j 3	G2, 90-150 j 5	G3, 150-300 j 4
Lipides	7.08±0.10 a	10.35±0.14 b	11.38±0.07 c	9.20±0.2 a	11.11±0.19 b	11.45±0.05 b
Protéines	3.89±0.3 a	4.04±0.15 a	5.04±0.32 b	4.14±0.66 a	4.15±0.3 a	5.19±0.28 b
Lactose	6.2±0.32 a	5.9±0.24 a	±4.3±0.03 b	5.2±0.6 a	4.3±0.13b	3.9±0.05 b

Tableau 1 : Analyse de lait de bufflonne aux différents stades de lactation (moy ± écart-type).
Les différents exposants (a, b,c) dans une ligne sur la même période montrent des écarts significatifs (p <0,05)

Etude physicochimique et sensorielle des kéfirs camelins issus des différents systèmes d'élevages

Physicochemical and sensory study of camel kefirs from different farming systems

ARROUM S. (1), SBOUI A. (1), FGUIRI I. (1), AYEB N. (1, 2), HAMMADI M. (1), KHORCHANI H (1)

(1) Laboratoire d'élevage et de faune sauvage, Institut des Régions Arides (IRA), Médenine, Tunisie
(2) Centre Régional des Recherches Agricoles (CRRA) Sidi Bouzid, Tunisie

INTRODUCTION

Le kéfir est une boisson lactée fermentée, crémeuse au goût acide. Il est préparé à l'aide des grains de kéfir qui présentent un levain naturel: culture bactérienne utilisée pour sa fabrication. Il est demandé par les consommateurs dans le monde entier en raison de ses propriétés potentiellement bénéfiques pour la santé (Leite et al, 2015). Il est fabriqué à base des tous types du lait mais pas encore développé à base du lait camelin. C'est dans ce cadre qu'on a jugé utile d'étudier la qualité physicochimique et sensorielle des kéfirs camelins issus des différents systèmes d'élevages en Tunisie.

1. MATERIEL ET METHODES

Lait camelin: Les échantillons de lait camelin ont été collectés dans différents systèmes d'élevage (intensif, semi intensif et extensif) avec 10 échantillons par système

Les grains du Kéfir: Les grains du Kéfir ont été collectés auprès d'utilisateurs privés (5 échantillons).

Une étude physicochimique (pH, acidité, viscosité, extrait sec (MS en g/L), matière minérale (MM en g/L), matière grasse (MG en g/L) a été réalisée sur les 10 échantillons de lait camelin, sur le kéfir produit à partir de ces échantillons et sur les grains de kéfir. Pour la production de kéfir, l'inoculation du lait camelin par une dose de 2% de grains de kéfir (choux fleur) et une fermentation longue de 18 h à 25 °C (De Oliveira Leite et al, 2013) a été réalisée. Enfin une analyse sensorielle a été effectuée par 100 dégustateurs naïfs afin de révéler lequel de ces kéfirs est le plus apprécié. Une analyse statistique de la qualité sensorielle a été réalisée par le logiciel SPSS moyennant l'analyse de la variance ANOVA en utilisant le test Duncan ($P<0.05$).

2. RESULTATS

2.1. ETUDES PHYSICOCHIMIQUES DES LAITS, KEFIRS ET DU GRAIN DU KEFIR

Les résultats montrent que le lait camelin issu du système extensif est plus visqueux et riche en minéraux par rapport aux autres laits. Les grains du Kéfir sont de pH acide et de matière grasse négligeable. Le pH du kéfir camelin issu du système semi-intensif est le plus acide et le plus visqueux par rapport aux autres Kéfirs. La teneur en MG la plus élevée est pour le kéfir des chamelles élevées en système extensif.

Durant le processus de fermentation, le pH, l'extrait sec et la matière grasse matière grasse du Kéfir diminuent alors que l'acidité et la viscosité augmentent par rapport aux laits initiaux (Tableau1)

2.2. ANALYSE SENSORIELLE DES DIFFERENTS KEFIRS

Kéfir	Salinité	viscosité	Acidité	Couleur
A (n=3)	4,98 ± 2,3^{b}	3,45 ± 2,5	3,72 ± 2,4^{b}	2,67 ± 2,4^{c}
B (n=3)	6,38 ± 2,5^{a}	4,08 ± 2,4	6,64 ± 2,6^{a}	3,55 ± 2,3^{b}
C (n=3)	6,04 ± 3,3^{ab}	4,33 ± 2,6	4,9 ± 2,6^{ab}	3,78 ± 2,5^{a}

Tableau 2**.** Résultats des analyses sensorielles
(A ; Kéfir camelin du système intensif, B ; Kéfir camelin du système semi- intensif, C ; Kéfir camelin du système extensif)

Le kéfir camelin issu du système semi-intensif (B) est plus acide et le plus salé par rapport aux autres kéfirs.

Le kéfir camelin issu de mode d'élevage extensif (C) est le plus visqueux et se caractérise par la couleur la plus intense (Tableau 2). Un test de préférence a montré que le kéfir camelin élevé en mode intensif (A) est préféré par 60 % des dégustateurs.

3. DISCUSSION

Les laits et Kéfirs camelins issus du système semi-intensif sont plus acides que les autres laits et Kéfirs (Tableau 1). Cette différence pourrait être due à l'alimentation, au degré de richesse du lait en vitamines C (Haddadin et al, 2008). Cent dégustateurs naïfs ont privilégiés le Kéfir camelin issu du système intensif qui est le moins salé, moins acide et moins visqueux que ceux des autres systèmes.

CONCLUSION

Le lait camelin issu des différents modes d'élevage a une aptitude à la transformation au kéfir apprécié aux consommateurs; un test de préférence a montré que ce produit lacté camelin élevé en mode intensif est le plus préférable pour 60% des dégustateurs.

De Oliveira Leite A.M., Miguel M.A., Peixoto R.S., Rosado A.S., Silva J.T., Paschoalin V.M., 2013. Braz. J. Microbiol. 44(2), 341-349

Leite A.M., Miguel M.A., Peixoto R.S., Ruas-Madiedo P., Paschoalin V.M., Mayo B., Delgado S., 2015. J Dairy Sci., 98(6), 3622-3632

Haddadin, M., Gammoh, S., Robinson, R., 2008.J Dairy Research, 75(1), 8-12. Doi: 10.1017/S0022029907002750

	Système intensif		Système semi-intensif		Système extensif		Grains du .Kéfir
	Lait	Kéfir	Lait	Kéfir	Lait	Kéfir	
pH	6,5 ± 0,07	4,71 ± 0,56	6,4 ± 0,01	4,32 ± 0,3	6,7 ± 0,1	5,56 ± 0,5	4,08 ± 0,5
Acidité (°D)	17,55 ± 0,6	76,25 ± 4,9	24,9 ± 0,8	80,62 ± 26,4	24,6 ± 9,7	69,7 ± 7,5	136 ± 0,4
Viscosité (Cp)	3,45 ± 0,07	54,57 ± 6,9	4,13 ± 0,6	58,4 ± 4,1	5,7 ± 2,5	53,3 ± 1,3	-
MG (g/L)	25,33 ± 3,3	20,11 ± 5,57	32,36 ± 8,2	23,76 ± 7,1	41 ± 7,11	25,3 ± 3,3	0,02 ± 0,2
MS (g/L)	100,16 ± 5,7	92,51 ± 11,8	114,4 ± 11,3	94,25 ± 8,4	124,23 ± 3	110,8 ± 3	122,9 ± 0,3
MM (g/L)	7,93 ± 1,15	7,49 ± 0,61	8,52 ± 1,08	8,7 ± 0,22	8,74 ± 1,2	7,9 ± 0,89	7,63 ± 0,2

Tableau 1. Résultats des analyses physico-chimiques sur les laits, kéfirs et grains de kéfir
D : degré Dornic / Cp :Centipoise

Propriétés physico-chimiques du yaourt naturel à base du lait de chamelle
Physico-chemical properties of natural yogurt made from camel milk

OMRANI A. (1)(2), SBOUI A. (1), HAMOUDA M. (1), DBARA M. (1), HAMMADI M. (1), KHORCHANI T. (1)

(1) Institut des Régions Arides, Laboratoire d'Elevage et de la Faune Sauvage, Médenine, Tunisie
(2) Institut Supérieur de Biotechnologie de Monastir, Monastir, Tunisie

INTRODUCTION

Depuis longtemps, le lait de chamelle a été consommé par les peuples nomades que dans son état frais. En effet, la transformation de lait camelin en produits dérivés constitue une voie intéressante pour mieux exploiter le potentiel laitier des zones arides, prolonger naturellement sa conservation, et contribuer par conséquent à sa valorisation économique. La composition très riche en nutriments de base du lait de chamelle incite à le transformer en un aliment fonctionnel comme le yaourt naturel qui demeure le produit laitier fermenté le plus courant. L'objectif de ce travail vise la détermination des propriétés physicochimiques du yaourt naturel fabriqué à base du lait de chamelle et leur comparaison avec le lait camelin.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1 MATERIEL

Le lait de chamelle a été prélevé à partir des troupeaux élevés dans la station de Chenchou (Gabès, Tunisie).

1.2 METHODES

Un diagramme standard de fabrication du yaourt à partir du lait de chamelle a été suivi pour obtenir le produit fini. Tout d'abord, la pasteurisation du lait a été effectuée à 65 °C pendant 30 minutes. Après refroidissement du lait jusqu'à 45 °C, le fermant lactique a été ajouté. Ensuite le produit a été incubé à 42-45 °C pendant une nuit. Les yaourts naturels ont été conservés à 4 °C.

Le pH est mesuré à l'aide d'un pH-mètre (Jenway) et l'acidité titrable est déterminée par titration de l'échantillon dilué (1/10) par une solution d'hydroxyde de sodium NaOH (0,1 N). La viscosité est mesurée à l'aide d'un viscosimètre (Brookfield). La teneur en matière sèche est calculée après étuvage de 1g de yaourt ou 10 mL du lait à 105 °C pendant 24h jusqu'à l'obtention d'une masse constante et la teneur en matière minérale est calculée après incinération de la matière sèche dans un four à 505 °C pendant 6h. La teneur en matière grasse est déterminée par la méthode acido-butyrométrique de Gerber et la teneur en protéines est mesurée par la méthode de Kjeldahl.

2. RESULTATS

Le tableau 1 montre qu'il existe une différence significative ($p<0,05$) entre la teneur en matière grasse du lait et du yaourt et une différence hautement significative ($p<0,0001$) avec tous les autres paramètres physico-chimiques, sauf pour la teneur en protéines, la différence est non significative ($p>0,05$).

Paramètres physico-chimique	Yaourt naturel	Lait de chamelle
pH	4,6±0,1[a]	6,5±0,1[b]
Acidité (°D)	94,4±1,2[a]	17,7±0,3[b]
Viscosité (cP)	101,1±3[a]	3±0,2[b]
Matières sèche (%)	14,4±1,3[a]	10,2±0,3[b]
Matières minérale (%)	1±0,1[a]	0,7±0,1[b]
Matière grasse (%)	4,6±0,7[a]	3,8±3[b]
Protéines (%)	3,2±0,2[a]	3±0,2[a]

Tableau1 : Paramètres physico-chimiques de lait de chamelle et de yaourt naturel

3. DISCUSSION

Les résultats des valeurs physico-chimiques du lait de chamelle obtenus dans la présente étude sont similaires à ceux rapportés par Sboui et al (2009). Des résultats similaires ont été obtenus par Walter et al. (2021), qui ont trouvé que le pH et l'acidité du yaourt naturel sont respectivement de 4,62±0,01 et 0,94±0,01 %. En outre, les teneurs en matière minérale, matière grasse et en protéines du yaourt naturel à base du lait de chamelle sont plus élevées que celles rapportées par Kermiche et al (2018) avec respectivement 0,37±0,03 %, 2,15±0,12 %, 2,57±0,00 %.

CONCLUSION

La transformation de lait camelin en yaourt naturel ayant une valeur nutritionnelle importante constitue une voie intéressante pour diversifier la gamme de produits laitiers de lait de chamelle, prolonger naturellement sa conservation, et contribuer par conséquent à sa valorisation économique.

Sboui, A., khorchani, T., Djegham, M., Belhadj, O. 2009.Afrique,5.
Kermiche, F., Boulekbache–Makhlouf, L., Félix, M., Harkat-Madouri, L., Remini, H., Madani, K., Romero, A. 2018. Food Sci Technol Int, 7, 585-597.
Walter, M., Brzozowski, B., Adamczak, M. 2021. Animals, 11,2997.

Valorisation du lait de chamelle en Tunisie par la transformation en leben et smen et caractérisation de ces produits

Valorization of Tunisian camel milk by transformation into leben and smen and characterization of these products

FGUIRI I. (1), AYEB N. (1, 2), ARROUM S. (1), HAMMADI M. (1), DBARA M. (1), KHORCHANI T. (1)

(1) Laboratoire d'élevage et de faune sauvage Institut des Régions Arides (IRA Medenine). 4119. Médenine. Tunisie
(2) Centre Régional des Recherches Agricoles (CRRA) Sidi Bouzid, Tunisie.

INTRODUCTION

Ces dernières années, les techniques de transformation du lait ont eu un développement considérable car les produits résultants ont pris de l'intérêt, d'une part, pour les consommateurs à cause de leurs qualités nutritionnelles et organoleptiques et d'autre part pour l'industrie pour la mise en œuvre des procédés de fabrication. On distingue une différence entre les produits laitiers fermentés d'un point de vue physico-chimique, origine du lait et voie de fermentation. En effet le comportement technologique du lait de dromadaire est très différent par rapport à celui du lait de chèvre et du lait de vache puisque sa transformation en produit lacté est difficile et nécessite des adaptations technologiques. Notre étude porte sur la préparation d'un lait fermenté de type Leben et Smen à base du lait de chamelle, chèvre et vache.

1. MATERIEL ET METHODES

Le lait de chamelle et le lait de chèvre ont été collectés dans le troupeau du laboratoire d'élevage et de faune sauvage, le lait de vache a été collecté dans un troupeau de la même région. Le Leben produit industriellement est fabriqué avec un lait pasteurisé à 82°C/30 minutes puis refroidi à 22°C et ensemencé de 0,2 % de ferments lactiques. Il est incubé à 45°C/24h jusqu'à sa coagulation. Après la fermentation, nous avons obtenu un gel : le Rayeb (lait fermenté caillé) qui doit ensuite être baratté pendant 30 à 40 minutes. On rajoute en fin un certain volume d'eau tiède (environ 10 % du volume de lait). En tournant, le Rayeb est séparé en une fraction aqueuse donnant le Leben et une fraction riche en graisse appelée beurre cru zebda beldi. Pour fabriquer le Smen, le beurre recueilli obtenu a été malaxée avec un mélange de sel et de fenugrec et bouilli dans un bac métallique à 100-120 °C pour évaporer l'eau. Le Smen (beurre clarifié) est alors filtré et conservé dans un récipient hermétique pour empêcher l'oxydation jusqu'à une analyse plus poussée. Par la suite des analyses physicochimiques et microbiologiques, ainsi qu'une analyse sensorielle (test de préférence) ont été réalisées.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

2.1. Caractérisation physicochimique de Leben et Smen

Le pH de leben de vache est supérieur à celui de leben de chèvre et de chamelle (tableau 1). Ces valeurs sont supérieures aux résultats de Boubekri et *al*., (1984) qui a trouvé une valeur du pH égal à 4,25 pour le Leben de vache. Les indices acide et peroxyde sont plus élevés dans le Smen de chamelle par rapport à ceux de vache et de chèvre.

	pH (leben	Acidité (leben) (°D)	MG (g/l)(leben)	MS (g/l) (leben)	Viscosité (cP) (leben)	IA (smen)	IP(smen)
Chèvre	4,49	80,1	4	91	120	11,5	0,8
Chamelle	4,49	76,5	17	110	56	12,5	0,9
Vache	4,64	62,01	33,32	70	64	5,7	0,5

MG : Matiére grasse MS :Matiére seche ;IA : indice acide du smen en mg de KOH/g d'huile ; IP : Indice peroxyde du smen en mEq O_2/kg

Tableau 1. Caractérisation physicochimique de Leben et Smen

2.2. Caractérisation microbiologique de Leben et Smen

L'analyse microbiologique montre que Leben et le Smen de chamelle ont une charge microbienne plus faible en termes de FMAT et de coliformes par contre ils sont plus chargés en bactéries lactiques (tableau2) et ceci peut être dû à la richesse du lait de chamelle en protéines antibactériennes (Jrad et *al.,* 2012).

	Smen (chevre)	Leben(chevre)	Smen (vache	Leben (vache)	Smen (chamelle)	Leben (chamelle)
FMAT (UFC/ml)	$1,32\ 10^7$	$1,54\ 10^6$	$1,08\times10^7$	$1,57\ 10^6$	$1,25\ 10^6$	$1,45\ 10^5$
Col(UFC/ml)	$3\ 10^2$	$2\ 10^2$	2×10^2	$1,2\ 10^2$	$2\ 10^2$	$1,24\ 10^2$
LM(UFC/ml)	$1,32\ 10^6$	$1,78\ 10^4$	$1,15\times10^6$	$1,56\ 10^5$	$1,02\ 10^6$	$1,26\ 10^6$
BL(UFC/ml)	$1,46\ 10^6$	$1,89\ 10^6$	$1,39\times10^7$	$1,78\ 10^7$	$2,3\ 10^7$	$2,03\ 10^7$

FMAT: Flores mesophiles totales,Col:coliformes ;LM:Levures et moisissures ; BL : Bactéries Lactiques

Tableau 2. Qualité microbiologique du Leben et Smen

CONCLUSION

L'étude comparative entre les trois types de Leben et de Smen a montré une qualité organoleptique très appréciable une qualité nutritionnelle satisfaisante et une bonne qualité microbiologique.

Boubekri. A, Tantaoui-Eleraki. C, Berrada, M.Benkerroum. N, 1984 : Le Lait, 64 : 436-447.
Jrad, Z., El Hatmi, H., Arroum, S., Isabelle, A., Nadia, O., Pascal, D., Khorchani, T. 2012. Actes du Colloque : " the 3rd ISOCARD " 29-01- février, Muscat, Sultanat of Oman.

Sécurité des aliments

Recherche de l'Aflatoxine M1 dans le lait en poudre commercialisé en Algérie
Search for Aflatoxin M1 in Powdered Milk Marketed in Algeria

JEDIDI I. (1), REDOUANE-SALAH S. (2), MESSAÏ A. (2).
(1) Université Mohamed Khider-Biskra, Département des Sciences Agronomiques, Laboratoire Diversité des écosystèmes et dynamiques des systèmes de production agricoles en zones arides (DEDSPAZA), B.P 145 RP, 07000, Biskra, Algérie.
(2) Université Mohamed Khider-Biskra, Laboratoire Promotion de l'Innovation en Agriculture dans les Régions Arides **(PIARA)**, B.P 145 RP, 07000, Biskra, Algérie.

INTRODUCTION

Le lait est un aliment complet, de haute valeur nutritive, très riche en éléments nutritifs (Lipides, protéines, sels minéraux, lactoses et vitamines). Du fait de sa richesse en calcium, il est particulièrement important pendant l'enfance et l'adolescence (Esterle, 2010). En Algérie, le lait est l'aliment d'origine animale le plus consommé. Cependant, cet aliment est susceptible d'être contaminé par de nombreuses substances nocives pour le consommateur. Entre autres contaminants, l'Aflatoxine M1 (AFM1) fait actuellement l'objet de nombreux travaux (Omar, 2016) à cause de sa toxicité élevée et ses propriétés cancérigènes (Aiad et al., 2013). La forte consommation du lait et des produits laitiers, en particulier chez les nourrissons et les jeunes enfants, augmente le risque d'exposition à l'AFM1. L'objectif de la présente étude est la recherche et la quantification de l'aflatoxine M1 dans le lait en poudre commercialisé en Algérie.

(1) MATERIEL ET METHODES

1.1. ECHANTILLONAGE

Au total, 13 échantillons de lait en poudre ont été collectés au hasard durant le mois de décembre 2021, auprès des supermarchés de la ville la plus peuplée de l'Est de l'Algérie, Constantine. L'identification des échantillons a été basée sur étiquettes d'emballages. Les pays d'origine du lait analysé sont : France, New Zealand et l'Argentine. Avant l'analyse les échantillons ont été conservés à température ambiante. Les analyses ont été faites au niveau du centre de recherche en biotechnologie (CRBT) de Constantine par la technique Elisa ultra-sensible.

1.2. PREPARATION DES ECHANTILLONS

Avant de procéder à l'analyse, les échantillons de lait en poudres ont été reconstitués par l'addition de l'eau distillée (1/10), ensuite dégraissés par centrifugation. Les étapes suivantes ont été suivies : 1 gr de lait en poudre a été additionné de 9 ml de l'eau distillée. Après homogénéisation au vortex pendant 5 min, le lait a été ensuite centrifugé (3000 tours/minute, à 2-8°C pendant 10 minutes) pour se débarrasser de la matière grasse. Enfin, 100µl de chaque échantillon ont été utilisés directement dans le test ELISA.

1.3. RECHERCHE DE L'AFLATOXINE M1

Les niveaux d'aflatoxine M1 dans le lait ont été mesurés à l'aide d'un KIT de test immuno-enzymatique compétitif (Bio-Shield M1 ultra-sensible®). 100 µl de chaque standard (0, 5, 10, 25, 50, 100 et 250 ng/l) et échantillon ont été ajoutés en double dans les puits de la microplaque, et couverts avec un film adhésif, ensuite agités manuellement.

La microplaque a été incubée pendant 45 min à température ambiante. Les puits ont été lavés trois fois avec la solution de lavage. Ensuite, 100 µl de la solution de détection ont été ajoutés, la microplaque recouverte de nouveau par un film adhésif et agitée doucement.

Après incubation pendant 15 min, les puitsont été à nouveau lavés trois fois avec la solution de lavage, et 100 µl de solution TMB ont été ajoutés à chaque puits, en agitant doucement la plaque. Une autre phase d'incubation pendant 15 min dans l'obscurité a été réalisée. Enfin, la réaction a été arrêtée par l'ajout de 100 µl de la solution qui stoppe les réactions dans chaque puits (Stop solution). L'absorbance a été mesurée à 450 nm à l'aide d'un lecteur de microplaques ELISA. L'échantillon est considéré positif s'il dépasse la limite de quantification (LOQ) du KIT qui est de 5ng/l.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau 1. Sur 13 échantillons de lait en poudre, 4 échantillons (30,78 %) ont été positifs pour AFM1 (plage de 5,5-9,1 ng/l), avec une valeur moyenne de 6,475 ng/l. 9 échantillons (69,23%) ont été négatifs. Aucun des échantillons analysés n'a dépassé la norme décrite par la réglementation européenne (50ng/l) (Commission Européenne, 2010).

Type de lait	**Nombre D'échantillons**	**Répartition des fréquence ng/l(%)**		**Moyenne Rang (ng/l)**	**>50ng/l**
		<LOQ	**Echant-illon positif**		
Lait en poudre	13	9 (69,23%)	4 (30,78%)	6,475ng/l 5,5-9,1 ng/l	0

Tableau 1 : Recherche et détection de l'AFM1 dans les échantillons de lait.

Le control régulier du lait et du lait en poudre est nécessaire car la quasi-totalité de la population Algérienne, y compris les nourrissons et les enfants, consomment quotidiennement et en grande quantités ce produit vital. La faible incidence de contamination par l'AFM1 mise en évidence dans la présente étude ne signifie pas que le lait commercialisé est exempte de l'aflatoxine M1. Une étude plus élargie, et un nombre d'échantillons plus importants sont à étudier pour le suivi de la contamination du lait consommés en Algérie. La mise en place d'un réseau de surveillance de l'AFM1 et d'autres mycotoxines est fortement recommandée.

CONCLUSION

La présente étude a montré que le risque posé par la contamination du lait par l'AFM1 est relativement faible. Cependant, cette molécule dangereuse peut présenter à tout moment un danger réel pour la santé des consommateurs. La présence et la quantification de l'AFM1 dans le lait et produit laitiers doivent être surveillées régulièrement. Il est également important de fixer une limite de tolérance pour le niveau d'aflatoxine M1 dans le lait et produit laitiers adaptée aux habitudes de consommation des Algériens.

Nous remercions le laboratoire (DEDSPAZA) qui a financé ce travail, ainsi que le personnel technique du CRBT.

Aiad, A. S., Aboelmakarem, H. 2013. Assiut Vet Med J., 59(139), 94-98.
Commission Européenne. **2010**. Official J. Eur. Union, 50: 8-11.
Esterle, L. 2010. Journal de pédiatrie et de puériculture, 23(2), 65–69.
Omar, S. S. 2016. Italian journal of food safety, 5(3).

Mixité dans les systèmes d'élevage, polyculture élevage, exploitation et territoire

Diversité de l'élevage et durabilité du territoire : représentations d'acteurs
Livestock farming diversity and territory sustainability: stakeholders' representations

BERNOU M. (1, 2, 3), COUVREUR S. (1), FARRUGGIA A. (2), MANOLI C. (1), PETIT T. (1), ROCHE B. (2), MARTEL G. (3)
(1) USC 1481 Système d'élevage, ESA-INRAE, 49000 Angers
(2) INRAE, DSLP, F-17450, Saint Laurent de la Prée, France
(3) UMR 0980 BAGAP, INRAE, Institut Agro, ESA, 49000 Angers.

INTRODUCTION

Actuellement la spécialisation de l'agriculture est remise en question par la société face à la mise en visibilité d'enjeux majeurs autour de la durabilité (Dumont et al., 2016). La simplification des paysages et le recours aux intrants de synthèse ou l'importation d'alimentation pour les animaux d'élevage sont pointés comme des causes de perte de biodiversité (Jeliazkov et al., 2016). Par ailleurs, les collectivités s'investissent de plus en plus dans la mise en place de plans alimentaires territoriaux qui prônent une diversité de productions (Bodiguel, 2018). Ainsi, même s'il semble que la diversité de l'élevage soit reconnue comme source de durabilité pour un territoire, la notion même de diversité semble cacher de nombreux sens et échelles d'application parmi les acteurs des territoires. Nous faisons l'hypothèse que la perception de la diversité des élevages du territoire est liée aux enjeux de durabilité du territoire et au métier de ces acteurs.

1. MATERIEL ET METHODE

Le travail s'est déroulé en deux phases : i) identifier ce que la littérature scientifique évoque comme critères de qualification de la diversité des systèmes d'élevage et ii) enquêter 24 acteurs répartis dans deux territoires aux contextes biophysiques et socio-économiques contrastés (marais littoral pour le marais de Rochefort, zone urbaine pour Rennes métropole). Les enquêtés ont été choisis pour représenter la diversité des acteurs du territoire en lien avec l'élevage : municipalité, conseil agricole, association… L'enquête semi-directive comporte trois parties : quelle perception des enjeux de durabilité du territoire par l'acteur, quelle conception de l'élevage présent dans le territoire et de sa diversité, et, en quoi ces formes d'élevage présentes contribuent à la durabilité du territoire. Les réponses ont été analysées à l'aide des critères de qualification de la diversité des systèmes d'élevage puis ont été comparées à l'aide d'analyses factorielles réalisées avec le logiciel R.

2. RESULTATS

A partir de la littérature, 63 critères de qualification de la diversité des élevages ont été identifiés à quatre échelles différentes : la parcelle (10 critères), le troupeau (14 critères), l'exploitation (33 critères) et le territoire (6 critères). Pour chacune de ces échelles nous avons quantifié le nombre de critères cités par chaque acteur enquêté et analysé la part de chaque échelle dans son discours.

La première partie de l'enquête confirme des enjeux de durabilité propre à chaque territoire. Sur le terrain du marais, les acteurs partagent un enjeu central - la préservation du marais et de ses fonctionnalités écologiques - et la diversité des modes de commercialisation est perçue comme un levier de maintien. Sur le terrain rennais, une diversité d'enjeux a été exprimée, depuis l'environnement jusqu'à la valorisation des productions. La suite de l'enquête révèle une variabilité importante du nombre de critères de diversité des élevages cités par chaque acteur. Les acteurs se distinguent sur l'échelle à laquelle ils perçoivent cette diversité ; certains perçoivent les critères à l'échelle du territoire jusqu'à l'exploitation, tandis que d'autres les perçoivent plus à l'échelle de la parcelle jusqu'à l'exploitation.

L'analyse croisée des deux terrains met en évidence que les acteurs qui citent des enjeux environnementaux sont souvent des acteurs qui perçoivent la diversité de l'élevage à l'échelle de la parcelle et du troupeau alors que les acteurs qui perçoivent des enjeux économiques pour mieux valoriser les différentes productions du territoire perçoivent plutôt la diversité à l'échelle du territoire. (Figure 1).

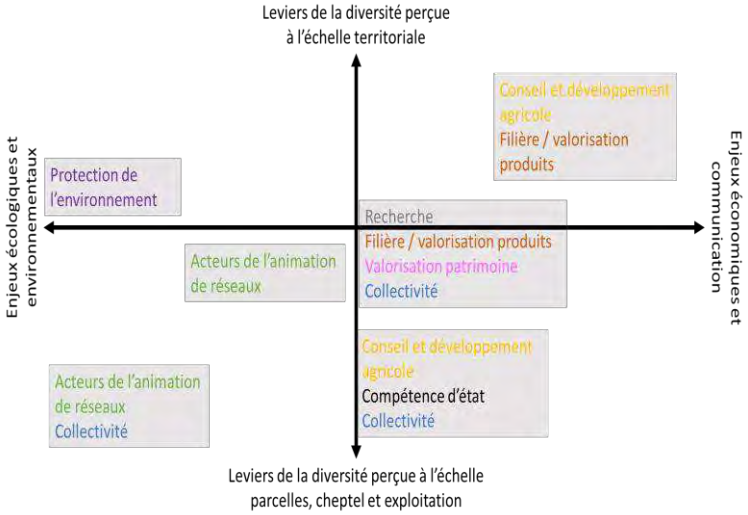


Figure 1. Position des différents acteurs enquêtés selon le type d'enjeu identifié et l'échelle de perception de la diversité de l'élevage.

3. DISCUSSION

La méthode développée permet d'initier une compréhension des points de vue sur la diversité de l'élevage et son rôle pour le territoire, mais nécessiterait une phase de validation collective. Duru et al. (2021) précisent que les acteurs d'un territoire doivent se coordonner pour mettre en place des transformations profondes. Mais pour cela il faut encore que les acteurs partagent une même compréhension de formes d'élevages sur le territoire. Nous montrons que ce n'est pas le cas, Tous les acteurs n'ayant pas la même échelle d'analyse et cette différence de vision est notamment liée aux types d'enjeux perçus ainsi qu'à l'appartenance professionnelle et au métier de l'acteur

CONCLUSION

En fonction des enjeux de durabilité qui sont identifiés, les acteurs n'imaginent pas le levier de la diversité sous le même angle. Ce point semble important à prendre en compte lors de concertations multipartites ou de projets de recherche participative autour de la durabilité des territoires

Bodiguel, L., 2018. XVe congrès mondial de l'Union Mondiale des Agraristes Universitaires, Poznań, Pologne, pp. 409–415..
Dumont, B., Dupraz, P., Aubin, J., Benot, M., Bouamra-Mechemache, Z., Chatellier, V., Delaby, L., Delfosse, C., Dourmad, D.Y., Duru, M., others, 2016. Rôles, impacts et services issus des élevages en Europe. Synthèse du rapport d'expertise scientifique collective
Duru, M., Le Bras, C., Grillot, M., 2021. Cah. Agric. 30, 26.
Jeliazkov, A., Mimet, A., Chargé, R., Jiguet, F., Devictor, V., Chiron, F., 2016. Agric. Ecosyst. Environ. 216, 9–22.

Durabilité des exploitations d'élevage multi-espèces en France et en Europe : bénéfices observés, freins et leviers pour leur déploiement

DUMONT B. (1), BENOIT M. (1), CHAUVAT S. (2), COURNUT S. (3), MARTIN G. (4), MISCHLER P. (5), MAGNE M.-A. (4)

(1) INRAE, Université Clermont Auvergne, VetAgro Sup, UMRH, 63122 Saint-Genès-Champanelle
(2) Institut de l'Elevage, SupAgro, 2 place Pierre Viala, 34060 Montpellier cedex1
(3) Université Clermont Auvergne, AgroParis Tech, INRAE, VetAgro Sup, UMR Territoires, 63170 Aubière
(4) AGIR, Université de Toulouse, INRAE, ENSFEA, INPT, ENSAT, 31326 Castanet-Tolosan
(5) Institut de l'Elevage, 149 rue de Bercy, 75012 Paris

RESUME - L'agroécologie stipule que la gestion de la diversité animale et végétale au sein des exploitations d'élevage renforce leur durabilité. Pour aller au-delà de ce principe théorique, nous analysons ici le fonctionnement et les performances d'exploitations de polyélevage, c'est-à-dire de fermes dans lesquelles sont élevées au moins deux espèces animales. Dans les systèmes herbagers, la complémentarité des modes de pâturage des ovins, des bovins et des chevaux permet de réduire le recours aux aliments concentrés, en particulier pour les ovins. La dilution des parasites digestifs en pâturage mixte profite aux petits ruminants et aux chevaux, et permet d'envisager de réduire la fréquence des traitements anthelminthiques. Un atelier monogastrique de petite taille permet de valoriser les co-produits (petit lait...) ; la transformation laitière, créatrice de valeur ajoutée, et les faibles volumes de viande commercialisés sont bien adaptés à la vente en circuits courts. L'organisation du travail entre toujours en ligne de compte dans la manière d'articuler différentes espèces au sein d'une même exploitation. Plutôt que de vouloir maximiser coûte que coûte la diversité au sein du système, il s'agit avant tout de rechercher une cohérence d'ensemble que les éleveurs puissent gérer. Nous discutons enfin des freins au déploiement des fermes de polyélevage, liés à un système socioéconomique construit pour bénéficier des économies d'échelle offertes par la spécialisation. Pour dépasser ces freins, nous proposons des leviers en amont (innover pour des équipements et infrastructures polyvalentes), à l'aval (réorganiser la logique de collecte), et autour des exploitations d'élevage (revisiter la formation et le conseil) qui doivent être pensés de manière couplée.

Sustainability of multi-species livestock farms in France and Europe: benefits, obstacles and levers for their scaling-out

DUMONT B. (1), BENOIT M. (1), CHAUVAT S. (2), COURNUT S. (3), MARTIN G. (4), MISCHLER P. (5), MAGNE M.-A. (4)

(1) INRAE, Université Clermont Auvergne, VetAgro Sup, UMRH, 63122 Saint-Genès-Champanelle

ABSTRACT - One of the principles of agroecology is that the management of animal and plant diversity within livestock farms can enhance their sustainability. To go beyond this theoretical principle, we analyze the farm operation and performance of multi-species livestock farms, i.e. farms where at least two animal species are raised. In grassland-based systems, the complementarity of sheep, cattle and horse grazing behaviour reduces the use of feed concentrates, especially for sheep. Parasite dilution in mixed grazing systems benefits small ruminants and horses, and makes it possible to reduce the number of anthelmintic treatments. Adding a small monogastric enterprise to a beef or dairy system makes it possible to value farm co-products (whey...); milk processing is often associated with on-farm processing and opens up the possibility of short-distribution channels of diversified food baskets, which enhance farm viability. Work organization plays a key role in the way different species are integrated on the same farm. Rather than focusing on the maximization of within-farm diversity only, what matters is to reach an overall consistency of the system that the farmer is able to manage. Finally, we discuss the obstacles to the scaling-out of multi-species livestock farms, linked to a socioeconomic system built to benefit from the economies of scale offered by specialisation. To overcome these obstacles, we propose levers upstream (innovating for multipurpose equipment and infrastructures), downstream (reorganizing the collect chain) and around these farms (revisiting training and advice) that must be thought out in a coupled manner.

INTRODUCTION

La diversification des systèmes d'élevage est avancée comme un des leviers permettant de répondre aux enjeux de durabilité auxquels ils sont confrontés (Dumont *et al*., 2013, 2020b ; Magne *et al*., 2019 ; Martin *et al*., 2020 ; Aare *et al*., 2021). Les exploitations diversifiées et très liées au sol, parmi lesquelles la plupart des exploitations de polyélevage, s'éloignent du modèle d'élevage intensif qui vise à fortement augmenter les volumes produits, notamment en augmentant les densités animales et en s'affranchissant du milieu grâce au confinement des animaux et aux importations d'aliments. Ce modèle productiviste a certes permis d'augmenter les productions et les exportations françaises et européennes, mais est fortement remis en cause pour ses atteintes à l'environnement et au bien-être animal.

Aujourd'hui, malgré une spécialisation des territoires et une concentration des productions animales marquée en France (Aigrain *et al*., 2016) et en Europe (Roguet *et al*., 2015),

certains territoires, à l'instar de la région Auvergne-Rhône-Alpes, conservent de nombreuses exploitations associant plusieurs ateliers d'élevage, et une diversité d'élevages au sein des bassins de production (Rapey *et al*., 2018). Ces exploitations d'élevage diversifiées constituent un modèle digne d'intérêt pour repenser l'élevage, comme le propose d'ailleurs l'agroécologie (Gliessman, 1997 ; Dumont *et al*., 2013 ; Duru et Thérond, 2014). Toutefois, nous manquons encore de connaissances sur l'organisation et le fonctionnement des systèmes d'élevage diversifiés, leur durabilité et leur insertion dans les circuits de commercialisation. Pour dépasser ce constat différents travaux ont été conduits depuis 2015 sur les systèmes de polyélevage en France et en Europe. L'analyse de leurs résultats est au cœur de cette synthèse qui ambitionne de faire un état des lieux des connaissances sur le fonctionnement, la multi-performance et les conditions permettant un plus large déploiement des fermes de polyélevage.

Nous définissons les exploitations de polyélevage comme étant celles dans lesquelles sont élevées au moins deux espèces animales. Nous illustrons ici notre propos à partir d'exploitations où des bovins laitiers ou allaitants sont élevés avec des ovins, des chevaux ou des espèces monogastriques, porc ou volailles. La diversification « produits » est inhérente à ces exploitations de polyélevage qui offrent une gamme de produits par essence plus large que les élevages monospécifiques. Enfin, les exemples que nous prenons concernent aussi bien des systèmes bio que des systèmes conventionnels, des systèmes herbagers que des systèmes de polyculture-élevage.

Plusieurs synthèses récentes ont proposé des cadres d'analyse permettant d'appréhender l'organisation, la conduite, la durabilité et la résilience des exploitations de polyélevage (Magne *et al*., 2019 ; Dumont *et al*., 2020b ; Martin *et al*., 2020). Ici, nous prolongeons cet état de l'art en rappelant les processus (interactions, relations biotiques…) qui opèrent au sein de ces exploitations et sous-tendent les bénéfices escomptés (partie 1). Nous discutons ensuite de comment c'est la cohérence d'ensemble de ces exploitations qui permet d'accroitre le revenu des éleveurs (partie 2). Au-delà du revenu, nous analysons comment, la conduite d'au moins deux ateliers animaux sur une même exploitation, modifie l'organisation du travail (partie 3). Enfin, nous identifions des freins pouvant expliquer le faible déploiement du polyélevage et proposons des pistes pour les lever (partie 4).

1. PROCESSUS, BENEFICES ATTENDUS ET LIMITES DES SYSTEMES DE POLY ELEVAGE

1.1. UNE COMPLEMENTARITE DES PRELEVEMENTS ENTRE ESPECES QUI PERMET DE MIEUX VALORISER L'HERBE ET GENERE DES BENEFICES ENVIRONNEMENTAUX

Au pâturage, la mixité d'espèces permet de mieux valoriser l'herbe en raison des différences de choix alimentaires entre les bovins, les ovins et les équins (Figure 1). Dans ces conditions, il devient possible d'accroître le chargement des prairies sans avoir recours à une fertilisation minérale additionnelle. Les modes de conduite du pâturage sont très variés dans les systèmes mixtes ; ils vont de l'allocation de chaque parcelle à une espèce, jusqu'au pâturage alterné voire au co-pâturage. Ainsi, dans 11 exploitations associant des bovins allaitants et des chevaux de selle au nord du Massif central, les animaux des deux espèces étaient conduits simultanément ou de manière alternée sur les mêmes parcelles sur 61 % des surfaces (Forteau, 2019 ; Dumont *et al*., 2020a). En revanche, dans 17 exploitations mixtes du Cantal, les ovins et les vaches laitières pâturaient la plupart du temps des parcelles ou des estives distinctes (Mugnier *et al*., 2021). Lorsque les deux espèces pâturent ensemble, on observe un phénomène de « facilitation » puisque le pâturage bovin ou équin crée de grandes placettes d'herbe rase, stables dans le temps (Dumont *et al*., 2012), où l'herbe reste au stade végétatif. Les coûts liés à la recherche de ces placettes sont alors réduits, ce qui facilite la sélection d'un régime de haute valeur nutritive par les ovins (Joly *et al*., 2022).

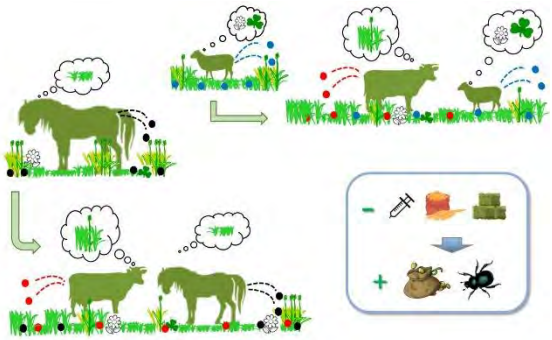


Figure 1 : Représentation synthétique des atouts d'un pâturage mixte bovins-ovins ou bovins-équins (cadre en bas à droite), liés à la complémentarité des préférences alimentaires des différentes espèces (schématisées par les items alimentaires dans les « bulles ») et à la spécificité de leurs parasites digestifs (schématisés par des fèces de différentes couleurs).

Ainsi, 84 % des 37 éleveurs bovins laitiers ou allaitants possédant une troupe ovine enquêtés par Mugnier *et al.* (2021) dans le Massif central ont-ils cité la meilleure valorisation de l'herbe parmi les critères les ayant conduits à adopter un système mixte. Dans les exploitations associant bovins allaitants et chevaux de selle (avec un ratio moyen de 1,28 entre les UGB équines/bovines), nous avons observé une augmentation du chargement des parcelles pâturées de l'ordre de 15 % par rapport aux systèmes équins spécialisés, associée à une nette réduction des fourrages achetés et à un moindre recours au gyrobroyage pour gérer les refus (Forteau, 2019 ; Dumont *et al*., 2020a). A ce jour, seule une expérimentation, réalisée au Danemark, a mis en évidence les possibles bénéfices d'un pâturage mixte associant des bovins laitiers à des truies (Sehested *et al*., 2004). Les truies étaient alors équipées d'un anneau nasal pour limiter les dégradations des prairies, ce qui n'est pas sans interroger sur le bien-être animal. En pâturage mixte, la valorisation de l'herbe était en moyenne 27 % supérieure à celle observée avec un pâturage bovin monospécifique (Sehested *et al*., 2004).

Des simulations réalisées avec un modèle bioéconomique (Mosnier *et al*., 2017) ont permis de quantifier que la meilleure valorisation de l'herbe en pâturage mixte bovins viande-ovins viande réduirait de 15 à 30 % (selon les hypothèses de modélisation) la consommation d'aliments concentrés par rapport aux deux systèmes spécialisés (Dumont *et al*., 2020a ; Mosnier *et al*., 2021) ; ceci s'explique notamment par la meilleure valorisation de l'herbe par les ovins en pâturage mixte. Les ovins présentent aussi de bonnes aptitudes au pâturage hivernal ou en intersaison, et ont donc des besoins en fourrages conservés moindres que les bovins. Conséquence de ces effets directs et indirects, l'empreinte carbone par kilo de viande produite serait réduite de 2 à 4 % dans les exploitations mixtes bovins viande-ovins viande par rapport aux deux systèmes spécialisés (Dumont *et al*., 2020a ; Mosnier *et al*., 2021).

Ce dernier résultat a été confirmé par une expérimentation système comparant à même chargement un système mixte ovins-bovins à deux systèmes spécialisés ovins ou bovins dans le Massif central (Veysset *et al*., 2016). Par rapport au système ovins spécialisé, la production de viande d'agneaux

en système mixte requiert 15,7 % moins d'énergie et émet 10,9 % moins de gaz à effet de serre par kilo de carcasse (Benoit, Vazeille, Prache, comm. pers.). Ceci s'explique par un moindre recours aux aliments concentrés (Figure 1) et une croissance des agneaux plus rapide dans le système mixte.

Le pâturage mixte ovins-bovins peut aussi augmenter la diversité spécifique et fonctionnelle des prairies (insectes prédateurs, microfaune du sol...) et les services écosystémiques qui lui sont associés (Wang *et al*., 2019). Ce n'était en revanche pas le cas dans un exemple en Amérique Latine où le pâturage mixte ovins-bovins s'est traduit par une augmentation du chargement qui fragilisait les performances du système (Modernel *et al*., 2019). Plus généralement, l'exploitation plus complète des couverts en pâturage mixte est susceptible de nuire à leur biodiversité, du fait des relations positives qui lient l'hétérogénéité des couverts prairiaux, l'abondance des plantes à fleurs et la diversité spécifiques des orthoptères et des insectes pollinisateurs (Dumont *et al*., 2022). Toutefois, ce n'est pas ce qui est généralement observé lorsque des bovins et des chevaux pâturent les mêmes parcelles (Loucougaray *et al*., 2004). Le pâturage et le piétinement des chevaux ouvrent alors le milieu, ce qui facilite l'accès à leurs ressources préférées par les bovins et les ovins, et bénéficie à la biodiversité des couverts (Fleurance *et al*., 2011).

1.2. UNE DILUTION DES PARASITES DIGESTIFS EN PATURAGE MIXTE QUI BENEFICIE AUX PETITS RUMINANTS ET AUX CHEVAUX MAIS UN RISQUE DE TRANSMISSION ACCRU D'AUTRES MALADIES

Au-delà de la meilleure valorisation de l'herbe en pâturage mixte, celui-ci dilue aussi la charge parasitaire des animaux en raison de la spécificité de la plupart des strongles digestifs à leur hôte (Figure 1). Plusieurs études rapportent un bénéfice pour la croissance des petits ruminants (Mahieu, 2013 ; d'Alexis *et al*., 2014 ; Dumont *et al*., 2020b ; Joly *et al*., 2022) mais peu (Jerrentrup *et al*., 2020) ou pas de bénéfice pour les bovins. Conséquence de cela, la production de viande ovine par hectare est plus élevée en pâturage mixte qu'en pâturage ovins spécialisé (d'Alexis *et al*., 2014). L'effet de dilution parasitaire et les performances du système semblent peu sensibles au ratio bovins-ovins (d'Alexis *et al*., 2014 ; Joly *et al*., 2022). Il ne serait donc pas nécessaire de piloter finement ce ratio pour bénéficier des effets escomptés (Joly *et al*., 2021). A contrario de ses atouts pour réduire la charge parasitaire des animaux, la mixité d'espèces favorise la transmission de maladies bactériennes et virales (Martin *et al*., 2020). Ainsi, un des éleveurs enquêtés par Mugnier *et al*. (2021) sépare-t-il les ovins des bovins durant l'hiver depuis que sa troupe ovine a transmis la fièvre catarrhale aux bovins (voir aussi Stachurski et Gourreau, 1988 ; Headley *et al*., 2020). D'autres exemples de transmission entre ovins et bovins ont été rapportés pour le piétin (Rogdo *et al*., 2012) et la para tuberculose ovine (Moloney et Whittington, 2008).

En pâturage mixte bovins-équins, le niveau d'excrétion d'œufs de strongles par de jeunes chevaux était réduit de moitié dans les exploitations mixtes par rapport aux exploitations équines spécialisées (Forteau *et al*., 2020). Cet effet de dilution parasitaire permet d'envisager de réduire la fréquence des traitements anthelmintiques (Figure 1). Il reste toutefois peu connu des éleveurs, y compris de ceux qui pratiquent la mixité, chez qui les traitements restaient systématiques (Forteau *et al*., 2020). Par ailleurs, une gestion fine de la conduite des chevaux et des bovins peut s'avérer nécessaire pour bénéficier des effets escomptés. Fleurance *et al*. (2022) ont ainsi observé que lorsque des génisses Limousines et des chevaux pâturaient ensemble des parcelles en rotation, les animaux des deux espèces consommaient en priorité les repousses d'herbe végétative, de bonne valeur nutritive, à chaque entrée de parcelle. Ce faisant, les génisses exploitaient peu les zones de refus des chevaux. La majorité des larves infestantes de strongles étant présentes dans ces zones où sont aussi concentrés les crottins des chevaux, le pâturage mixte n'a ici pas dilué la charge parasitaire des équins. Cet exemple illustre que la gestion du pâturage mixte nécessite d'observer les animaux et de comprendre leurs interactions avec les couverts pâturés, plutôt que de chercher à appliquer des solutions « clé en main ».

1.3. UNE TAILLE DES ATELIERS A RAISONNER POUR OPTIMISER LE BOUCLAGE DU CYCLE DES NUTRIMENTS EN MONOGASTRIQUES

Peu de travaux se sont jusqu'ici intéressés aux exploitations de polyélevage comprenant des monogastriques. Ce type d'exploitations a été étudié récemment au sein d'un réseau d'une centaine d'exploitations de polyélevage conduites en agriculture biologique dans sept pays européens (Ulukan *et al*., 2021). Dans 17 fermes françaises de ce réseau, Steinmetz *et al*. (2021) ont utilisé la méthode des réseaux écologiques pour caractériser finement les interactions entre les ateliers animaux, les prairies et les cultures, et quantifier les flux d'azote et de biomasse entre ces compartiments du système (Figure 2).

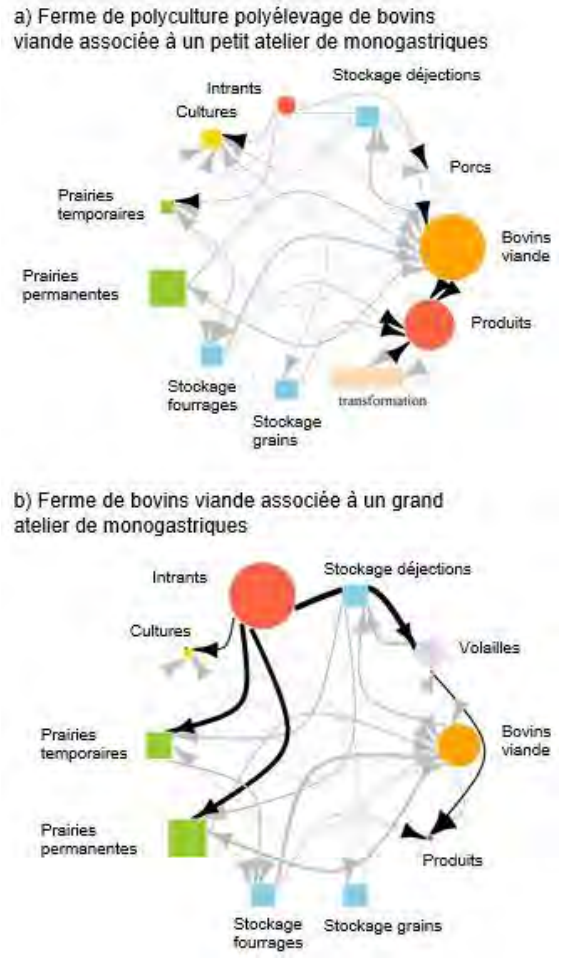


Figure 2 : Représentation des flux au sein de deux exploitations de polyélevage caractérisées par une taille contrastée de l'atelier de monogastriques (le rond rose rapporté à la taille de l'atelier bovin : rond orange). La largeur des flèches traduit la quantité de biomasse échangée entre les deux compartiments, exprimée en flux d'azote (adapté de Steinmetz et al., 2021).

Des indicateurs permettent ensuite de calculer la complexité d'organisation du réseau (Rufino *et al*., 2009). Celle-ci permet de juger, entre autres, du degré d'intégration entre cultures et élevage, et de ses conséquences sur les performances du système. L'exemple de ces deux fermes

(Figure 2) illustre que l'organisation d'un système de polyélevage associant des monogastriques aux bovins dépend non seulement de la combinaison des espèces élevées, mais aussi de la taille respective des ateliers.
Dans les systèmes de polyculture-polyélevage, les céréales produites sur l'exploitation permettent d'alimenter les monogastriques, mais aussi les ruminants. Ceci peut conduire les éleveurs à accorder moins d'importance à la valorisation des prairies, et à terme les laisser se dégrader. Les pailles de céréales servent aux litières. Dans certaines fermes, le bouclage des flux est également optimisé via l'utilisation par l'atelier porcin du lactosérum, issu de la transformation fromagère. Les exploitations comportant de grands ateliers de monogastriques ont en revanche un réseau de flux très déséquilibré (Figure 2b) ; leur dépendance aux intrants pénalise leurs performances économiques et environnementales (Steinmetz *et al*., 2021). Partant d'un échantillon de fermes bien plus large (2077 exploitations françaises en agriculture biologique issues de la base de données Inosys-réseaux d'élevage), Mischler (2019) a calculé le bilan azoté d'exploitations bovines spécialisées, mixtes bovins-ovins et mixtes bovins-monogastriques. Ces dernières étaient les plus excédentaires en azote (+35 à 45 kgN/ha) comparées aux autres systèmes (-4 à +4 kgN/ha), ce qui suggère une faible intégration entre l'atelier bovins et l'atelier monogastriques. L'achat de grosses quantités d'aliments concentrés pour les porcs ou les volailles augmente encore ces excédents. A l'inverse, on peut faire l'hypothèse qu'un réseau d'interactions plus équilibré au sein d'un système diversifié (Figure 2a) permettrait de mieux boucler les cycles, et d'accroitre la résilience du système grâce à la redondance fonctionnelle de certains de ses composants (Mori *et al*., 2013). Ceci reste à démontrer par enquête, modélisation et/ou expérimentation.

2. UNE COHERENCE D'ENSEMBLE A RECHERCHER POUR MAXIMISER LE REVENU DES ELEVEURS

2.1. DES ECONOMIES DE GAMME SUR LES EQUIPEMENTS POSSIBLES MAIS PAS SYSTEMATIQUES EN POLYELEVAGE HERBAGER

La diversification des systèmes peut générer des coûts d'équipement réduits en système herbager dès lors que les ateliers de ruminants ont un certain nombre d'équipements en commun, notamment pour la récolte des fourrages. Les simulations réalisées avec un modèle d'optimisation (Mosnier *et al*., 2017) confirment que conduire conjointement plusieurs ateliers de ruminants dans une même exploitation peut diluer les coûts d'équipement de récolte des fourrages, et générer des économies de gamme sur les charges fixes allant jusqu'à 25 % (Dumont *et al*., 2020a). Toutefois, 22 % des éleveurs bovins-ovins enquêtés par Mugnier *et al*. (2021) dans le Massif central ont rapporté des besoins en matériels et en bâtiments spécifiques qui augmentent leurs investissements et représentent un frein au développement de la mixité bovins-ovins. C'est d'ailleurs ce qui a été observé dans l'expérimentation système comparant un système mixte ovins-bovins aux deux systèmes spécialisés (Veysset *et al*., 2016). Le coût des clôtures par Unité Gros Bétail (UGB) était sensiblement augmenté en système mixte (24,1 €/UGB *vs* 10,5 €/UGB en bovins spécialisé et 21,1 €/UGB en ovins spécialisé ; Benoit, Vazeille, Prache, comm. pers.), afin de donner la possibilité aux deux espèces de pâturer l'entièreté du parcellaire et ainsi tirer parti de leur complémentarité. De même, se diversifier en développant un atelier de monogastriques requiert d'importants investissements initiaux pour pouvoir alimenter les animaux, les loger et épandre leurs lisiers.

2.2. UNE SECURISATION DU REVENU DANS LES EXPLOITATIONS DE POLYELEVAGE

Les simulations réalisées avec un modèle d'optimisation (Mosnier *et al*., 2017) indiquent que, grâce aux économies de gamme, l'intégration de deux ateliers de production de viande bovine et ovine au sein d'une même exploitation augmenterait le revenu global de l'exploitation de 11 %, à taille d'exploitation constante (Mosnier *et al*., 2021). Ceci ne se retrouve toutefois pas dans l'analyse de la base de données Inosys-réseaux d'élevage. Le revenu par hectare des éleveurs mixtes bovins-ovins allaitants en agriculture biologique y est identique à celui des éleveurs bovins allaitants bio spécialisés (357 vs 364€/ha ; Mischler, 2019).
Les simulations réalisées par Mosnier *et al*. (2021) indiquent par ailleurs que l'intégration de deux ateliers de production de viande de ruminants sur une même exploitation réduirait de 12 % la variabilité du revenu annuel. Le résultat de cette simulation est cohérent avec la perception qu'avaient les éleveurs bovins-ovins enquêtés par Mugnier *et al*. (2021) : 86 % d'entre eux ont en effet cité la sécurisation du revenu comme l'une des principales raisons les ayant conduits à adopter un système mixte.
Par ailleurs, associer un atelier de monogastriques à des bovins permet d'avoir des rentrées d'argent plus régulières au cours de l'année (Dumont *et al*., 2020b), et de proposer des paniers de biens diversifiés. Vollet et Said (2018) ont montré que ceux-ci étaient prisés des consommateurs locaux. Parmi les 17 exploitations de polyélevage caractérisées par la méthode des réseaux écologiques, les deux exploitations les plus efficientes au niveau économique (celles avec le ratio valeur ajoutée sur produit brut le plus élevé) associaient des bovins allaitants et des monogastriques, et avaient un atelier de transformation (Steinmetz *et al*., 2021).
La présence d'un atelier bovin laitier offre elle aussi l'opportunité d'une forte création de valeur ajoutée par la transformation et la commercialisation en circuit court. Benoit *et al*. (2021) ont analysé que celle-ci pouvait être favorisée par la vente d'autres produits de la ferme, voire par l'offre de services (28 % des fermes bio enquêtées avaient une activité d'agrotourisme). Par ailleurs, les « petites fermes » bio diversifiées, limitées par l'accès au foncier, misaient davantage sur la création de valeur ajoutée et l'offre de services pour sécuriser leur revenu, que sur la maximisation des performances techniques.

2.3. QUEL NIVEAU DE DIVERSIFICATION VISER EN POLYELEVAGE ?

Les résultats précédents laissent entrevoir qu'au-delà des facteurs de production, la création de valeur sur les exploitations de polyélevage dépend de la possibilité de transformer les produits, et de les commercialiser en vente directe. Ceci fait écho au cadre d'analyse de la diversification des exploitations d'élevage proposé par López-í-Gelats *et al*. (2011) à partir d'observations réalisées dans les Pyrénées espagnoles. Cette diversification doit toutefois être raisonnée et ne pas dépasser les capacités qu'a l'éleveur à gérer son système (Biggs *et al*., 2012). Ainsi, parmi la centaine d'exploitations européennes conduites en agriculture biologique (Ulukan *et al*., 2021), les cinq éleveurs qui atteignaient les meilleures performances de durabilité (productivité, dépendance aux intrants, satisfaction vis-à-vis du revenu) ne cherchaient pas à maximiser la diversité de leur système, mais plutôt à la raisonner en créant de la valeur ajoutée (Ulukan *et al*., 2022). Ces cinq exploitations associaient des bovins à des porcs ou des ovins. Aucun de ces éleveurs ne faisait de pâturage alterné (pour s'affranchir du problème de clôtures déjà évoqué), ni d'agrotourisme. Certains de ces éleveurs faisaient de la transformation et une partie de leurs produits étaient vendus sur l'exploitation.

En résumé, ils valorisaient un niveau de diversité adaptée aux ressources disponibles et aux potentialités du milieu.

3. LE TRAVAIL, UN ELEMENT A PART ENTIERE DU SYSTEME A AJUSTER EN FONCTION DES ESPECES ELEVEES

3.1. DANS LES SYSTEMES MIXTES BOVINS-OVINS, LE TRAVAIL PROCURE A LA FOIS SATISFACTIONS ET CONTRAINTES

Le polyélevage comme les autres systèmes introduisant de la diversité dans les exploitations agricoles, modifie le type de tâches et nécessite une réorganisation du travail (Darnhofer *et al*., 2010). Il est souvent associé à un travail jugé plus complexe et à une charge mentale plus élevée. De récentes études contribuent à nuancer cette image et précisent les liens entre polyélevage et travail.

Dans l'étude de Mugnier *et al*. (2021), le travail est la première contrainte citée par 82 % des éleveurs mixtes ovins-bovins enquêtés, en raison de la charge de travail jugée importante pour la surveillance des deux troupeaux, et pour poser et entretenir deux types de clôtures. Ainsi, en système mixte bovins-ovins allaitants, certains éleveurs disent avoir réduit leur troupe ovine au profit des bovins lorsque la charge de travail s'avérait trop élevée.

La nécessité de maîtriser techniquement deux espèces au lieu d'une seule constituait aussi un frein au développement de systèmes mixtes aux yeux de 62 % de ces éleveurs. Elever deux espèces sur une même exploitation permet toutefois de mieux gérer la charge de travail au cours de la campagne, en jouant sur la date des périodes d'agnelages et de vêlages. Le fait que les cycles de production des bovins et des petits ruminants n'aient pas la même durée offre de la souplesse d'organisation aux éleveurs. Pour certains, la diversification de leur activité est aussi une source de satisfaction (Duval *et al*., 2021).

3.2. COMPOSITION ET ORGANISATION DU COLLECTIF DE TRAVAIL

La composition et l'organisation du collectif de travail diffèrent selon les dimensions du système et les productions combinées, selon leurs caractéristiques propres et leur degré de dissemblance (supérieure entre ruminants et monogastriques qu'entre bovins et ovins). Dans les systèmes associant des ovins viande et des bovins laitiers, la spécialisation d'un des exploitants sur l'atelier laitier est fréquente, même si le remplacement pour un week-end reste possible (Mugnier *et al*., 2021). En revanche, dans les systèmes bovins-ovins allaitants, la polyvalence est souvent de mise du fait de la similitude des compétences techniques nécessaires à la conduite des deux espèces.

L'articulation des processus de production des deux espèces prend en compte la temporalité des ressources disponibles (fourragères et de main-d'œuvre). Pour les systèmes bovins-ovins, Mugnier *et al*. (2021) ont identifié trois types d'organisation qui correspondent à différentes manières d'articuler les agnelages et les vêlages. Une première forme d'organisation des activités vise à limiter le chevauchement des périodes de forte activité : les vêlages sont groupés en fin d'automne début d'hiver, suivis des agnelages en fin d'hiver début de printemps, puis les récoltes. Dans la deuxième forme d'organisation, la recherche de valorisation optimale de l'herbe conduit à un important chevauchement des vêlages et des agnelages en début du printemps, et nécessite le recours à une main-d'œuvre temporaire, souvent bénévole. Enfin, dans la troisième forme d'organisation, spécifique aux systèmes en production laitière, vêlages et agnelages sont répartis toute l'année afin de garantir une production régulière et d'étaler le travail.

Ajouter un atelier de production de monogastriques à une exploitation bovine nécessite en général un collectif de travail plus important. Dans le réseau de fermes biologiques issues de la base de données Inosys-réseaux d'élevage, il y a ainsi en moyenne 3,7 UTH pour 100 ha lorsqu'on associe des monogastriques aux bovins laitiers *vs* 2,7 UTH/100 ha en système laitier spécialisé (Mischler, 2019). Il y a en moyenne 2,2 UTH/100 ha lorsqu'on associe des monogastriques aux bovins allaitants vs 1,7 UTH/100 ha en système allaitant spécialisé.

En système mixte bovins-équins, la passion pour le cheval régit une grande partie des activités équines et a des répercussions sur l'organisation du travail (Bigot *et al*., 2018). On constate un important recours aux bénévoles, aux stagiaires et aux apprentis et, d'autre part, une répartition du travail qui permet aux éleveurs de conserver pour eux l'activité de « travail des chevaux », activité plaisir bien que très chronophage (Forteau, 2019). Dans ces systèmes, la conduite des bovins est souvent raisonnée pour laisser du temps à l'atelier équin.

La manière d'articuler deux espèces (et donc de mettre en œuvre leurs complémentarités) dépend donc très largement de considérations liées au travail. Dans le réseau de fermes européennes conduites en agriculture biologique, celles qui obtenaient les meilleurs compromis entre performances de durabilité semblent avoir fait le deuil des pratiques d'intégration du pâturage (alterné ou simultané), au profit de gains escomptés sur la recherche de valeur ajoutée et l'organisation du travail (Ulukan *et al*., 2022). Mais d'autres configurations existent où l'intégration au pâturage est plus importante, y compris dans des systèmes mixtes vaches laitières-ovins : la priorité est alors de simplifier l'organisation du travail et de valoriser le lien entre l'utilisation de ressources fourragères locales et la qualité des produits (Magne *et al*., 2019). Enfin, le « non travail », c'est-à-dire la place réservée par les agriculteurs à leur vie privée, guide aussi les choix de conduite et par voie de conséquence les pratiques d'intégration entre espèces.

3.3. L'EFFICIENCE DU TRAVAIL

L'efficience du travail (i.e., le temps de travail par UGB) et la productivité apparente du travail (UGB/UTH avec UTH = Unité de Travailleur Humain soit l'équivalent d'un temps plein pour 1 UTH) dépendent de la combinaison des espèces élevées, mais aussi des choix de conduite et d'équipement. En systèmes bovins-ovins (Mugnier *et al*., 2021), la comparaison des valeurs observées avec les références issues de systèmes spécialisés comparables en termes de conditions d'élevage (Cournut et Chauvat, 2012), montre que l'efficience du travail d'astreinte (le travail quotidien non différable ni concentrable, comme par exemple les soins aux animaux) est intermédiaire dans les systèmes mixtes, entre les deux valeurs de référence des systèmes spécialisés.

Les références sur la productivité apparente du travail dans les systèmes de polyélevage sont rares. Celle-ci doit rester compatible avec une bonne maîtrise du système afin de préserver son efficience technique (Biggs *et al*., 2012). Au sein du sous-échantillon de fermes européennes (Ulukan *et al*., 2021) qui pratiquent la transformation et commercialisent prioritairement en circuits courts, Benoit *et al*. (2021) ont identifié deux groupes contrastés affichant chacun une bonne efficience technique en termes de produits animaux rapportés aux quantités de concentré utilisées. Le nombre de travailleurs variait du simple au double (2,15 et 4,30 UTH) entre ces deux groupes de fermes, avec au final une productivité apparente du travail identique (respectivement 21,7 et 22, 7 UGB par UTH) pour un même nombre d'ateliers animaux (3,4 en moyenne). Combiner une bonne gestion technique d'une ferme très diversifiée en polyélevage avec une forte valorisation des produits ne nécessite donc pas nécessairement un collectif de travail important. Toutefois,

le nombre de travailleurs semble très déterminé par les effectifs animaux, avec en moyenne 22 UGB par équivalent temps plein.

4. LES FREINS AU DEVELOPPEMENT DU POLYELEVAGE ET DES PROPOSITIONS DE LEVIERS

En dépit des bénéfices potentiels que nous venons de décrire, les exploitations de polyélevage restent minoritaires en France et en Europe et peinent à se développer. A notre connaissance, aucune étude n'a traité spécifiquement des freins et leviers au déploiement des exploitations de polyélevage, comme cela a été fait dans les cas de la diversification des systèmes de grandes cultures (Meynard *et al*., 2018) et de l'utilisation du croisement entre races en système laitier spécialisé (Magne et Quénon, 2021). Le verrouillage sociotechnique lié à l'hyperspécialisation des systèmes agricoles que révèlent ces travaux semble pour partie transposable au cas du polyélévage. Selon la définition de Geels (2002), le verrouillage sociotechnique est une situation dans laquelle la diffusion d'une « innovation » (par exemple une pratique d'élevage, une technologie, un mode de production) avantageuse pour de nombreux éleveurs est freinée par les stratégies économiques et techniques déjà mises en place par l'ensemble des acteurs de l'élevage et des secteurs amont et aval. En nous inspirant de ces travaux et en remobilisant d'autres relatifs aux exploitations de polyélevage en France (Dumont *et al*., 2020a) et en Europe (Ulukan *et al*., 2021), nous caractérisons des freins sociotechniques à leur déploiement (Figure 3a) et proposons quelques leviers pour les dépasser (Figure 3b).

4.1 UN SYSTEME D'AGROFOURNITURE EFFICIENT MAIS CONÇU POUR LES ELEVAGES MONOSPECIFIQUES

En amont des exploitations d'élevage, un premier frein concerne le matériel et les infrastructures qui sont pensés par type de productions animales plus que pour leur association. C'est en particulier le cas pour les bâtiments d'élevage et les systèmes de clôtures au pâturage (Mugnier *et al*., 2021). Dès lors, sans disposer de matériels et d'infrastructures polyvalentes (par exemple des cornadis et des râteliers modulables, des clôtures utilisables pour des bovins et des petits ruminants), les éleveurs en polyélevage doivent réaliser des investissements supplémentaires à ceux des éleveurs spécialisés.

Un deuxième frein concerne l'approvisionnement en alimentation animale. Les éleveurs en polyélevage achètent des aliments adaptés aux besoins des différents types d'animaux qu'ils élèvent mais en plus petites quantités pour chaque espèce que les éleveurs spécialisés. Dès lors, ils ne peuvent pas bénéficier d'économies d'échelles (conditionnement des intrants, remises éventuelles) auxquelles prétendent des élevages spécialisés. Enfin, l'investissement dans plusieurs petites unités de stockage a un coût plus élevé et est plus long à amortir que celui des grandes unités des systèmes spécialisés.

Un troisième frein, bien que non spécifique du polyélevage, concerne la sélection animale et la recherche d'un animal « optimal » aux performances et aux produits calibrés pour des environnements d'élevage spécialisés, standardisés et contrôlés. Le fonctionnement et les environnements, souvent fluctuants et non optimaux, dans lesquels évoluent très souvent les systèmes de polyélevage amènent à repenser les schémas de sélection des animaux. On pourrait chercher à privilégier des caractères d'intérêt impliqués dans les interactions entre les différentes espèces animales, et dans l'élaboration de leurs performances dans des environnements sub-optimaux (Yin *et al*., 2012 ; Ducos *et al*., 2021). Par exemple, on pourrait inclure dans les schémas de sélection des porcs leur aptitude à valoriser des coproduits issus d'autres ateliers animaux comme le lactosérum ; sélectionner les animaux sur leur résistance à certains pathogènes qu'ils ont en commun, ou au contraire donner moins de poids à la résistance à un agent pathogène dont on sait qu'il sera dilué en pâturage mixte. Cela peut aussi amener à intégrer des caractères liés à la capacité de certaines espèces à vivre en interaction avec d'autres, dont leurs traits comportementaux. Chez les ruminants, dès lors que les animaux des élevages de sélection seront en "polyélevage", les traits relatifs à la complémentarité des animaux pourront être intégrés dans les schémas de sélection. Pour l'heure, les organismes de sélection sont mono spécifiques et ne se préoccupent pas forcément de cette complémentarité.

4.2. UNE LOGISTIQUE AVAL FONDEE SUR DES ECONOMIES D'ECHELLES ET DES PRODUITS STANDARDISES

A l'aval des exploitations d'élevage, le frein principal concerne les entreprises de collecte et de négoce, dont la logistique actuelle est basée sur une logique de centralisation et d'économie d'échelle. L'enjeu pour ces dernières est en effet de collecter un type de matière première standardisée, en grand volume plutôt que de collecter de petites quantités de différentes matières premières. Ce faisant, ce système, hérité du mouvement de spécialisation initié dans les années 50 et qui présente des avantages, exerce une pression sur les éleveurs, les pousse à la spécialisation et les empêche de diversifier leurs ateliers de productions animales, quand bien même cette diversification présente des avantages dans une perspective de durabilité. En effet, en multipliant les types de produits, en plus faibles volumes, le polyélevage se traduit pour les entreprises de collecte par des coûts logistiques accrus et de faibles bénéfices économiques. Le développement du polyélevage suppose donc une réorganisation de la logistique de collecte vers un système plus polycentrique et territorialisé facilitant la collecte de faibles volumes.

Par ailleurs, les transformateurs demandent aujourd'hui une homogénéité la plus forte possible dans les produits qui leur sont livrés ainsi qu'une conformation des carcasses à des standards. Ces standards ont été établis à partir de produits issus des filières conventionnelles où l'homogénéité est le maître mot. En situation de polyélevage, les éleveurs visent souvent à mettre en place des systèmes de production autonomes et économes en intrants, en valorisant les ressources locales.

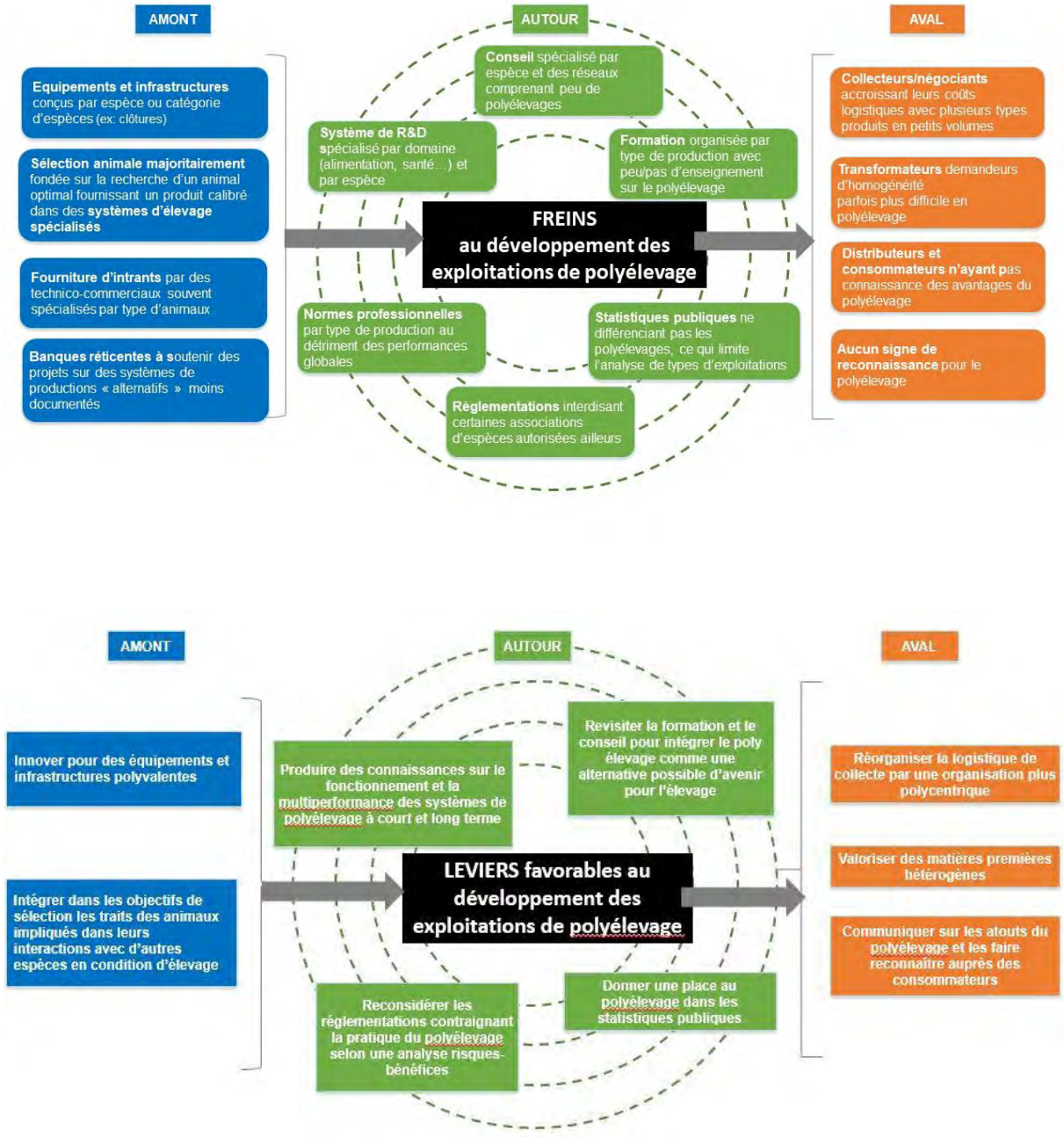


Figure 3. Synthèse des freins au développement des exploitations de polyélevage (partie haute de la figure), et des leviers susceptibles de favoriser leur développement (partie basse).

Cela peut se faire au détriment de cette homogénéité et standardisation des produits livrés (Magne et Quénon, 2021), et entraîner une déconnection entre les performances du système et les attentes des filières (Benoit *et al.*, 2019). Un levier propice au développement du polyélevage résidera donc dans la capacité des transformateurs à reconsidérer leurs standards et à accepter une plus grande diversité des produits livrés. Celle-ci pourrait à terme être valorisée sur des marchés différenciés. Mais au-delà des produits standardisés et des économies d'échelle, les filières recherchent aussi à sécuriser et régulariser leur approvisionnement, ce qui peut les amener à considérer le développement du polyélevage comme une opportunité plutôt qu'une contrainte. A titre d'exemple, des enquêtes récentes réalisées en ligne auprès de 105 éleveurs ovins allaitants spécialisés ou mixtes du nord du Massif central ont permis d'identifier des profils contrastés de répartition des ventes d'agneaux au cours de l'année. Un profil spécifique aux exploitations mixtes ovins-bovins fournit des agneaux en été à une période où les exploitations spécialisées en fournissent moins, contribuant ainsi à l'étalement de l'approvisionnement en agneaux des coopératives (Cournut *et al.*, 2022).

Pour certains éleveurs en polyélevage, la commercialisation des produits en filières longues, particulièrement en agriculture conventionnelle, ne permet pas de dégager de profits compte tenu des plus petits volumes vendus et des surcoûts opérationnels (par exemple l'alimentation des animaux) ou structurels (les clôtures). Ceci peut expliquer qu'un certain nombre d'entre eux optent pour des stratégies de valorisation des produits *via* des cahiers des charges, tels que l'agriculture biologique ou des AOP, et/ou *via* la vente directe (Vollet et Said, 2018 ; Ulukan *et al.*, 2022). A titre d'exemple, sur la centaine d'exploitations européennes en

polyélevage conduites en agriculture biologique (Ulukan *et al*., 2021), 90% faisaient de la vente directe (les circuit-courts représentaient plus de la moitié du produit des ventes pour 60% d'entre elles), et la moitié de la transformation à la ferme (Benoit *et al*., 2021). Ces voies de valorisation constituent donc un levier privilégié pour le polyélevage (Ulukan *et al*. 2022). Elles sont aussi un moyen de sensibiliser les distributeurs et les consommateurs aux atouts des exploitations de polyélevage pour les territoires. Ces modes de commercialisation révèlent également que les systèmes de polyélevage restent pour l'heure un marché de niche. Pour aller au-delà, un frein à lever sera le consentement des consommateurs à payer plus cher pour les produits issus de ces élevages. A notre connaissance, aucune étude n'a jusqu'ici abordé cette question. La tendance au déclassement des prix des produits issus des élevages biologiques ou en AOP, observée en France depuis mi 2022, témoigne de son aspect critique et de la nécessité de l'explorer.

4.3. DES FREINS POLITIQUES ET REGLEMENTAIRES

D'autres types de freins sont d'ordre politique et règlementaires. Pour des raisons de prévention des risques sanitaires, la réglementation française interdit les interactions directes/de contacts entre les volailles et les autres espèces animales au sein d'un élevage pour éviter les risques de contaminations croisées à la salmonelle (JORF n°0034 du 10 février 2016). Même si ces risques sanitaires existent, il conviendrait de les analyser au regard des bénéfices escomptés, par exemple une diminution du risque de prédation sur les volailles lorsqu'elles exploitent les mêmes parcours que des ruminants. Dans certains pays européens, comme l'Allemagne (Schanz *et al*., 2022), ces interactions directes sont autorisées.
Un autre frein institutionnel est lié à la prise en compte du polyélevage dans la statistique publique. Le recensement agricole en France se fonde sur les données d'orientations technico-économiques des exploitations (OTEX) qui restent globales. De plus, la catégorie « polyélevage » n'est pas clairement définie puisque le seul OTEX qui y renvoie s'intitule « Polyculture, polyélevage, autre ». Dès lors, il est impossible d'identifier et de suivre l'évolution des exploitations de polyélevage en France, ce qui ajoute au faible nombre d'analyses et de références sur leur organisation, leur fonctionnement pluriannuel et leur insertion dans les circuits de commercialisation. L'utilisation de la typologie d'exploitations Inosys réalisée par les chambres d'agriculture en 2012 à partir des données du recensement agricole de 2010 permet de mieux identifier ces systèmes (Rapey *et al*., 2018). La création d'une OTEX polyélevage distincte de l'OTEX polyculture-élevage permettrait de suivre de manière plus systématique l'évolution des caractéristiques et des performances de ces systèmes.

4.4. UN RESEAU DE RECHERCHE CONSEIL FORMATION MAJORITAIREMENT CENTRE SUR DES SYSTEMES D'ELEVAGE SPECIALISES

Une dernière catégorie de freins concerne le système de recherche-conseil-formation. Celui-ci repose encore sur la spécialisation des individus/acteurs dans un domaine particulier (par exemple l'alimentation, la santé…) et/ou une production (les bovins laitiers, les porcs…). Cette organisation « d'experts spécialistes de » rend difficile une approche multi-domaines et interspécifique des élevages, pourtant requise pour comprendre le fonctionnement et évaluer les performances des exploitations de polyélevage.
Par ailleurs, comme cela a été observé dans le cas du croisement laitier (Magne et Quénon, 2021), le fait que les exploitations de polyélevage ne représentent qu'une faible part de la population d'éleveurs peut être un argument évoqué pour justifier le faible investissement de la recherche sur ces systèmes jusqu'à très récemment.
Par voie de conséquence, les conseillers et les enseignants ne disposent pas de suffisamment de références sur les performances de ces systèmes pour soutenir les éleveurs mixtes en activités, et informer ceux qui envisagent de se lancer. Le réseau de recherche-conseil-formation s'appuie encore beaucoup sur des normes socioprofessionnelles basées sur la spécialisation et les économies d'échelle, qu'il contribue ainsi à renforcer. Il convient donc d'inciter le système de R&D-formation-conseil à produire des connaissances sur les systèmes de polyélevage et à les intégrer comme des alternatives potentiellement prometteuses pour développer des systèmes d'élevage durables.
Cependant il faut souligner que le soutien financier apporté depuis 2014 à des projets de recherche sur la transition agroécologique des systèmes d'élevage, et l'intérêt de leur diversification constitue un levier important pour dépasser ce frein. Les résultats issus de ces travaux de recherche commencent à irriguer le système de conseil et de formation comme en témoignent certains outils et références produits dans le cadre des projets supports de cette synthèse, par exemple les pages consacrées aux systèmes d'élevage diversifiés[1] et à la mallette pédagogique sur les systèmes de polyélevage biologique[2].

CONCLUSION

Plusieurs des références rapportées dans cette synthèse démontrent les atouts du polyélevage pour réduire les intrants nécessaires à la production de viande et de lait, et accroitre la résilience des exploitations face à des aléas économiques ou liés au collectif de travail. A l'instar de l'agroécologie, il ne s'agit pas de disposer de solutions « clés en main » pour gérer des systèmes de polyélevage, mais plutôt de comprendre les mécanismes sous-jacents à leur fonctionnement, et de chercher une cohérence d'ensemble que l'éleveur arrive à gérer. Les performances des exploitations de polyélevage résultent en effet de choix combinés entre les modes de conduite des troupeaux et des parcelles, les modes de transformation et de commercialisation des produits, et les modes d'organisation du travail sur l'exploitation. Plutôt que de vouloir maximiser coûte que coûte la diversité au sein du système, la recherche des meilleurs compromis de durabilité peut conduire à renoncer aux bénéfices de certaines pratiques d'intégration au pâturage, au profit de gains escomptés sur les performances économiques et l'organisation du travail (Ulukan *et al*., 2022). Ceci conforte les prédictions du modèle théorique proposé par Biggs *et al*. (2012) qui postule qu'il existerait un niveau optimal de diversité des systèmes qui maximise leur multi performance et la résilience des services écosystémiques qu'ils délivrent. En deçà de cet optimum, le système est trop simple pour tirer parti de la diversité des prairies, des cultures et des animaux élevés sur l'exploitation, et des interactions entre ateliers. Au-delà de l'optimum de diversité, le système possède certes ces capacités d'adaptation, mais il devient trop complexe à gérer de manière suffisamment précise pour que l'éleveur tire parti de l'ensemble de son potentiel.
Par ailleurs, le polyélevage aura besoin d'une reconnaissance et d'un fort soutien des décideurs publics pour qu'il se déploie à large échelle. A l'heure actuelle, les soutiens issus des politiques agricoles semblent insuffisants

[1] https://www.encyclopediapratensis.eu/product-category/newdeal/

[2] https://idele.fr/detail-article/mallette-pedagogique-sur-les-systemes-biologiques-en-polyelevage

et peu adaptés à ce type de systèmes. Il ne faut *a priori* pas attendre de soutien des grands acteurs économiques agricoles (filières) qui n'ont pas intérêt à pousser à la diversification des exploitations. Les paiements pour services environnementaux sont quant à eux très critiqués pour leur manque d'ambition tant en volume, que vis-à-vis des résultats escomptés (Pe'er *et al*., 2022). Or multiplier les ateliers au sein d'une ferme complexifie de façon notable sa gestion administrative, déjà importante vis-à-vis du montage des dossiers de soutien public. A l'avenir, faire reposer ces soutiens sur une obligation de résultats plutôt que sur les seuls moyens mis en œuvre devrait toutefois bénéficier aux exploitations de polyélevage qui peuvent générer des bénéfices environnementaux directs et indirects, et sont créatrices d'emploi.

Les travaux présentés dans cette synthèse ont été financés par le projet H2020 ERA net/CORE Organic MixEnable (Contract No. 727495), le projet PSDR4-Auvergne 2015-2020 new-DEAL, l'expérimentation système SALAMIX conduite sur le site INRAE de l'Herbipôle (Laqueuille, 63), le projet MEMIPAT conduit sur le même site et financé par le département INRAE Phase et le projet new-DEAL, et le projet Strep du méta-programme INRAE GISA.

Aare A.K., Egmose J., Lund S., Hauggaard-Nielsen H., 2021. Opportunities and barriers in diversified farming and the use of agroecological principles in the Global North: The experience of Danish biodynamic farmers. Agroecol. Sustain. Food Syst., 45, 390-416.

Aigrain P., Agostini D., Lerbourg J., 2016. Les exploitations agricoles comme combinaisons d'ateliers. AGRESTE, Les Dossiers n°32, Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt, Paris, France, 35 pp.

Benoit M., Sabatier R., Lasseur J., Creighton P., Dumont B., 2019. Optimising economic and environmental performances of sheep-meat farms does not fully fit with the meat industry demands. Agron. Sustain. Dev., 39, 40.

Benoit M., Martin G., Bernes G., Blanc M., Brock C., Destruel M., Dumont B., Grillot M., Ulukan D., Lang E., Magne M.A., Meischner T., Moerman M., Oehen B., Parsons D., Primi R., Schanz L., Steinmetz L., Veysset P., Winckler C., 2021. A typology of European organic multi-species livestock farms. In: Pre-Conference on Animal Husbandry 6-7 September 2021 linked to the 20th Organic World Congress in Rennes, France on 8-10 September 2021 Organized by IFOAM Animal Husbandry Alliance (IAHA) https://orgprints.org/id/eprint/40164/

Biggs R., Schlüter M., Biggs D., Bohensky E.L., Burn Silver S., Cundill G., Dakos V., Daw T.M., Evans L.S., Kotschy K., Leitch A.M., Meek C., Quinlan A., Raudsepp-Hearne C., Robards M.D., Schoon M.L., Schultz L., West P.C., 2012. Towards principles for enhancing the resilience of ecosystem services. Annu. Rev. Environ. Resour. 37, 421-448.

Bigot G., Vial C., Fleurance G., Heydemann P., Palazon, R., 2018. Productions et activités équines en France : quelles contributions à la durabilité de l'agriculture ? INRA Prod. Anim., 31, 37-50.

Cournut S., Chauvat S., 2012. L'organisation du travail en exploitation d'élevage : analyse de 630 Bilans Travail réalisés dans huit filières animales. In : Numéro spécial, Travail en élevage. Hostiou N., Dedieu B., Baumont R. (Eds). INRA Prod. Anim., 25, 101-112.

Cournut S., Mugnier S., Husson C., 2022. La mixité d'espèces contribue à sécuriser et régulariser l'approvisionnement des filières. Renc. Rech. Rumin., 26 (ce volume).

d'Alexis S., Sauvant D., Boval M., 2014. Mixed grazing systems of sheep and cattle to improve liveweight gain: a quantitative review. J. Agric. Sci. (Camb.), 152, 655-666.

Darnhofer I., Bellon S., Dedieu B., Milestad R., 2010. Adaptiveness to enhance the sustainability of farming systems. A review. Agron. Sustain. Dev., 30, 545-555.

Ducos, A., Douhard, F., Savietto, D., Sautier, S., Fillon, V., Gunia, M., Rupp, R., Moreno-Romieux, C., Mignon-Grasteau, S., Gilbert, H., Fortun-Lamothe, L., 2021. Contributions de la génétique animale à la transition agroécologique des systèmes d'élevage. INRAE Prod. Anim., 34, 79-96.

Dumont B., Rossignol N., Loucougaray G., Carrère P., Chadoeuf J., Fleurance G., Bonis A., Farruggia A., Gaucherand S., Ginane C., Louault F., Marion B., Mesléard F., Yavercovski N., 2012. When does grazing generate stable vegetation patterns in temperate pastures? Agric. Ecosyst. Environ., 153, 50-56.

Dumont B., Fortun-Lamothe L., Jouven M., Thomas M., Tichit M., 2013. Prospects from agroecology and industrial ecology for animal production in the 21st century. Animal, 7, 1028-1043.

Dumont B., Cournut S., Mosnier C., Mugnier S., Fleurance G., Bigot G., Forteau L., Veysset P., Rapey H., 2020a. Comprendre les atouts de la diversification des systèmes d'élevage herbivores du nord du Massif central. INRAE Prod. Anim., 33, 173-188.

Dumont B., Puillet L., Martin G., Savietto D., Aubin J., Ingrand S., Niderkorn V., Steinmetz L., Thomas M., 2020b. Incorporating diversity into animal production systems can increase their performance and strengthen their resilience. Front. Sustain. Food Syst., 4, 109.

Dumont B., Rossignol N., Huguenin-Elie O., Jeanneret P., Jerrentrup J.S., Lüscher G., Taugourdeau S., Villerd J., Plantureux S., 2022. Simple assessment of temperate grassland suitability as habitat for three insect taxa. Front. Sustain. Food Syst. 6, 881410.

Duru M., Therond O., 2014. Livestock system sustainability and resilience in intensive production zones: which form of ecological modernization? Reg. Environ. Change, 15, 1651-1665.

Duval J., Cournut S., Hostiou N., 2021. Livestock farmers' working conditions in agroecological farming systems. A review. Agron. Sustain. Dev., 41, 22.

Fleurance G., Duncan P., Farruggia A., Dumont B., Lecomte T., 2011. Impact du pâturage équin sur la diversité floristique et faunistique des milieux pâturés. Fourrages, 207, 189-200.

Fleurance G., Sallé G., Lansade L., Wimel L., Dumont B., 2022. Comparing the effects of horse grazing alone or with cattle on horse parasitism and vegetation use in a mesophile pasture. Grass For. Sci., 77, 175-188.

Forteau L., 2019. Accroître les performances des systèmes d'élevages de chevaux de selle par la mixité avec des bovins allaitants en zones herbagères. Thèse Université Clermont Auvergne, Clermont-Ferrand, 191 p + annexes.

Forteau L., Dumont B., Sallé G., Bigot G., Fleurance G., 2020. Horses grazing with cattle have reduced strongyle egg count due to the dilution effect and increased resiliance on macrocyclic lactones in mixed farms. Animal, 14, 1076-1082.

Geels F.W., 2002. Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multilevel perspective and a case-study. Res. Policy, 31, 1257-1274.

Gliessman S.R., 1997. Agroecology: ecological processes in sustainable agriculture. CRC Press, Boca Raton, FL, USA.

Headley S.A., de Oliveira T.E.S., Cunha C.W., 2020. A review of the epidemiological, clinical, and pathological aspects of malignant catarrhal fever in Brazil. Braz. J. Microbiol., 51, 1405-1432.

Jerrentrup S.J., Komainda M., Seither M., Cuchillo-Hilario M., Wrage-Mönnig N., Isselstein J., 2020. Diverse swards and mixed grazing of cattle and sheep for improved productivity. Front. Sustain. Food Syst., 3, 125.

Joly F., Benoit M., Martin R., Dumont B., 2021. Biological operability, a new concept based on ergonomics to assess the pertinence of ecosystem services optimization practices. Ecosyst. Services, 50, 101320.
Joly F., Note P., Barbet M., Jacquiet P., Faure S., Benoit M., Dumont B., 2022. Parasite dilution improves lamb growth more than does the complementarity of forage niches in a mesic pasture grazed by sheep and cattle. Front. Anim. Sci., 3, 997815.
Lόpez-í-Gelats F., Milán M.J., Bartolomé J., 2011. Is farming enough in mountain areas? Farm diversification in the Pyrenees. Land Use Pol., 28, 783-791.
Loucougaray G., Bonis A., Bouzillé J.B., 2004. Effects of grazing by horses and/or cattle on the diversity of coastal grasslands in western France. Biol. Conserv., 116, 59-71.
Magne M.A., Nozières-Petit M.O., Cournut S., Ollion E., Puillet L., Renaudeau D., Fortun-Lamothe L., 2019. Gérer la diversité animale dans les systèmes d'élevage : laquelle, comment et pour quels bénéfices ? INRA Prod. Anim., 32, 263-280.
Magne M.A., Quénon J., 2021. Dairy crossbreeding challenges the French dairy cattle sociotechnical regime. Agron. Sustain. Dev., 41, 25.
Mahieu M., 2013. Effects of stocking rates on gastrointestinal nematode infection levels in a goat/cattle rotational grazing system. Vet. Parasitol., 198, 136-144.
Martin G., Barth K., Benoit M., Brock C., Destruel M., Dumont B., Grillot M., Hübner S., Magne M.A., Moerman M., Mosnier C., Parsons D., Ronchi B., Schanz L., Steinmetz L., Werne S., Winckler C., Primi R., 2020. Potential of multi-species livestock farming to improve the sustainability of livestock farms: A review. Agric. Syst., 181, 102821.
Meynard J.M., Charrier F., Fares M., Le Bail M., Magrini M.B., Charlier A., Messéan A., 2018. Socio-technical lock-in hinders crop diversification in France. Agron. Sustain. Dev., 38, 54.
Mischler P., 2019. Effects of livestock species diversity on the economic performance of commercial farms compared to specialized ruminant farms. IDELE, https://orgprints.org/id/eprint/36705/
Modernel P., Picasso V., Do Carmo M., Rossing W.A.H., Corbeels M., Soca P., Dogliotti S., Tittonell P., 2019. Grazing management for more resilient mixed livestock farming systems on native grasslands of southern South America. Grass For. Sci., 74, 636-649.
Moloney B.J., Whittington R.J., 2008. Cross species transmission of ovine Johne's disease from sheep to cattle: an estimate of prevalence in exposed susceptible cattle. Aust. Vet. J., 86, 117-123.
Mori A.S., Furukawa T., Sasaki T., 2013. Response diversity determines the resilience of ecosystems to environmental change. Biol. Rev., 88, 349-364.
Mosnier C., Duclos A., Agabriel J., Gac A., 2017. Orfee: A bio-economic model to simulate integrated and intensive management of mixed crop-livestock farms and their greenhouse gas emissions. Agric. Syst., 157, 202-215.
Mosnier C., Benoit M., Minviel J.J., Veysset P., 2021. Does mixing livestock farming enterprises improve farm and product sustainability? Int. J. Agric. Sustain., 20, 312-326.
Mugnier S., Husson C., Cournut S., 2021. Why and how farmers manage mixed cattle-sheep farming systems and cope with economic, climatic and workforce-related hazards. Renew. Agric. Food Syst., 36, 344-352.
Pe'er G., Finn J.A., Díaz M., Birkenstock M., Lakner S., Röder N., Kazakova Y., Šumrada T., Bezák P., Concepción E.D., Dänhardt J., Morales M.B., Rac I., ŠpulerováJ., Schindler S., Stavrinides M., Targetti S., Viaggi D., Vogiatzakis I.N., Guyomard H., 2022. How can the European Common Policy help halt biodiversity loss? Recommendations by over 300 experts. Conserv. Lett., e12901.
Rapey H., Gendron P.J., Healy S., Hiriart-Durruty M., Veny N., Miquel M., Bonestebe M., Dumont B., 2018. La diversité de l'élevage de ruminants au sein des territoires. L'exemple de la région Auvergne-Rhône-Alpes. Econ. Rur., 365, 89-102.
Rogdo T., Hektoen L., Slettemeås J.S., Jørgensen H.J., Østerås O., Fjeldaas T., 2012. Possible cross-infection of *Dichelobacter nodosus* between co-grazing sheep and cattle. Acta Vet. Scand., 54, 19.
Roguet C., Gaigné C., Chatellier V., Cariou S., Carlier M., Chenut R., Daniel K., Perrot C., 2015. Spécialisation territoriale et concentration des productions animales européennes : état des lieux et facteurs explicatifs. INRA Prod. Anim., 28, 5-22.
Rufino M.C., Hengsdijk H., Verhagen J.M.F., 2009. Analysing interaction and diversity in agro-ecosystems by using indicators of network analysis. Nutr. Cycl. Agroecosyst., 84, 229-247.
Schanz L., Hintze S., Hübner S., Barth K., Winckler C., 2022. Single- and multi-species groups: A descriptive study of cattle and broiler behaviour on pasture. Appl. Anim. Behav. Sci., 257, 105779.
Sehested J., Søegaard K., Danielsen V., Roepstorff A., Monrad J., 2004. Grazing with heifers and sows alone or mixed: herbage quality, sward structure and animal weight gain. Livest. Prod. Sci., 88, 223-238.
Stachurski F., Gourreau J.M., 1988. La fièvre catarrhale maligne des bovins (Coryza gangreneux). Le Point Vétérinaire, 20, 55-73.
Steinmetz L., Veysset P., Benoit M., Dumont B., 2021. Ecological network analysis to link interactions between system components and performances in multispecies livestock farms. Agron. Sustain. Dev., 41, 42.
Ulukan D., Steinmetz L., Moerman M., Bernes G., Blanc M., Brock C., Destruel M., Dumont B., Lang E., Meischner T., Moraine M., Oehen B., Parsons D., Primi R., Ronchi B., Schanz L., Vanwindekens F., Veysset P., Winckler C., Martin G., Benoit M., 2021. Survey Data on European Organic Multi-Species Livestock Farms. Front. Sustain. Food Syst., 5, 685778.
Ulukan D., Grillot M., Benoit M., Bernes G., Dumont B., Magne M.A., Monteiro L., Parsons D., Veysset P., Ryschawy J., Steinmetz L., Martin G., 2022. Positive deviant strategies implemented by organic multi-species livestock farms in Europe. Agric. Syst., 201, 103453.
Veysset P., Prache S., Vazeille K., D'hour P., 2016. Grassland production systems: combining animal species and crossbreeding to strengthen sustainability? In: Book of Abstract of the 67th Annual Meeting of the European Federation of Animal Science, Belfast, 29 August – 2 September 2016, p. 386.
Vollet D., Said S., 2018. Vers l'identification de paniers de biens et de services liés à la demande locale dans les territoires d'élevage : illustration à partir de la Planèze de Saint Flour et du bocage bourbonnais. Géocarrefour, 92/3I2018
Wang L., Delgado-Baquerizo M., Wang D., Isbell F., Liu J., Feng C., Liu J., Zhong Z., Zhu H., Yuan X., Chang Q., Liu C., 2019. Diversifying livestock promotes multidiversity and multifunctionality in managed grasslands. Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 116, 6187-6192.
Yin T., Bapst B., Borstel U.U.v., Simianer H., König S., 2012. Genetic parameters for Gaussian and categorical traits in organic and low input dairy cattle herds based on random regression methodology. Livest. Sci., 147, 159-169.

La diversité intra-troupeau : un levier de robustesse pour les troupeaux bovins laitiers

BLANC F. (1), CHASSAING C. (1)
(1) Université Clermont Auvergne, VetAgro Sup, INRAE, UMR Herbivores, F-63122 Saint-Genès-Champanelle,

RESUME

La transition agroécologique des systèmes d'élevage s'accompagne généralement d'une plus forte exposition des animaux aux aléas. Par conséquent, l'aptitude des troupeaux à faire face et résister aux perturbations (robustesse) joue un rôle clé dans cette transition. La diversité est présentée comme un levier de robustesse mais son intérêt en élevage mérite d'être objectivé en raison d'un nombre de résultats encore trop limité sur ce sujet. Notre étude a porté sur des troupeaux bovins laitiers et a eu deux objectifs principaux : 1/ tester la relation entre la diversité intra-troupeau et la robustesse des performances du troupeau sur le long terme et 2/ préciser les critères sur lesquels les éleveurs caractérisent la diversité au sein d'un troupeau et les intérêts qu'ils lui attribuent. L'étude a été menée à partir de données issues du contrôle de performances et d'enquêtes. Elles concernent 92 troupeaux bovins laitiers situés dans les départements de l'Allier (n=31) et du Cantal (n=61) et couvrent 17 années (2000-2016). La diversité intra-troupeau a été caractérisée par trois index de diversité élémentaires rendant compte de la diversité génétique, des stades physiologiques et des rangs de lactation ainsi que par un index synthétique de diversité intra-troupeau (somme des trois index élémentaires). Les robustesses de la production laitière et des intervalles vêlage-vêlage (IVV) moyens du troupeau ont été estimées au travers de la stabilité de ces deux variables sur la période 2000-2016. Des classes de diversité-robustesse ont été établies en réalisant une ACP et une CAH sur les trois index de diversité élémentaires et les deux variables de robustesse. Des entretiens ont été conduits auprès de 40 éleveurs pour analyser leur perception de la diversité intra-troupeau et les intérêts qu'ils lui attribuent. La robustesse de la production laitière moyenne du troupeau sur la période 2000-2016 et la robustesse des IVV moyens augmentent avec l'index synthétique de diversité intra-troupeau. Pour les éleveurs, la diversité intra-troupeau se qualifie d'abord par des différences de couleur et de morphologie puis de tempérament, de race et de production laitière. Trente-deux pourcent des éleveurs considèrent que la diversité génétique a un intérêt pour la performance économique, 17 % pour la conduite des vaches, 12,5 % pour la santé du troupeau et 10% pour le plaisir. La diversité des stades physiologiques est perçue comme un levier d'adaptation aux contraintes structurelles de l'exploitation pour 77,5 % des éleveurs et comme un support de performance économique pour 65 % d'entre eux. Ces résultats montrent que la diversité intra-troupeau est associée à une plus grande stabilité des performances sur le long terme et qu'elle est perçue par les éleveurs comme un levier d'adaptation aux spécificités de leur système.

Intra-herd diversity: a lever of robustness for dairy cows herds

BLANC F. (1), CHASSAING C. (1)
(1) Université Clermont Auvergne, VetAgro Sup, INRAE, UMR Herbivores, F-63122 Saint-Genès-Champanelle

SUMMARY

The agroecological transition of livestock systems is generally accompanied by a greater exposure to hazards. Consequently, the ability of herds to face and resist disturbances (robustness) plays a key role in this transition. Diversity is often highlighted as a lever to face to perturbations but its role in livestock still needs to be objectively assessed due to the lack of studies available. Our study focused on dairy herds and had two main objectives: 1/ to test the relationship between intra-herd diversity and robustness of performances over the long term and 2/ to specify the criteria on which farmers characterize herd diversity and the interests they find in it. The study was carried out using data from milk control and surveys. It concerns 92 dairy herds and covers 17 years (2000-2016). Intra-herd diversity was characterized by three elementary diversity indexes that respectively account for genetic diversity, diversity of physiological stages and diversity of lactation ranks, as well as by a synthetic index of intra-herd diversity (sum of the three elementary indexes). The robustness of the herd was estimated through the stability of milk production and of calving to calving interval (CCI) over the period 2000-2016. Classes of diversity-robustness were established by performing a PCA and AHC on the three elementary diversity indexes, milk yield robustness and CCI robustness. Surveys were conducted with 40 farmers to analyse how they define herd diversity and what interests they find in it. Robustness of the average milk production of the herd over the period 2000-2016 and robustness of the average CCI increase with the synthetic index of intra-herd diversity. For breeders, intra-herd diversity is primarily qualified by differences in color and morphology, temperament, breed and milk production. Thirty-two percent of the farmers consider that genetic diversity has an interest for economic performance, 17 % for the management of cows, 12.5 % for herd health and 10% associate it to an emotional dimension. The diversity of physiological stages is perceived as a lever to adapt to structural constraints for 77.5% of the farmers and to support economic performance for 65%. These results show that intra-herd diversity is associated with a greater stability of herd performances and is perceived by the farmers as a lever to adapt to the specificities of their system.

INTRODUCTION

Le modèle d'élevage dominant a longtemps cherché à réduire la variabilité intra-troupeau pour répondre à des objectifs d'homogénéisation des performances et des modes de conduite, de simplification du travail et d'accroissement des effectifs. Parallèlement, dans ces systèmes, les pratiques et milieux de vie des animaux ont été définis de manière à réduire au maximum les sources de variabilité environnementale afin de placer les animaux dans des conditions stables et optimales permettant l'expression de leur potentiel génétique (ten Napel *et al*. 2006). Aujourd'hui, face au défi du changement climatique et aux nouvelles attentes sociétales, ces modèles d'élevage sont remis en question. L'élevage de demain doit s'inscrire dans la transition agroécologique et réduire son recours aux intrants (énergie, engrais chimiques, médicaments, aliments concentrés…) (Dumont *et al.*, 2013),

ce qui le rend potentiellement plus vulnérable vis-à-vis des perturbations extérieures. Dans ce contexte, la robustesse ou aptitude des systèmes à "tamponner" les effets de perturbations et à maintenir leurs performances dans des environnements variables (Darnhofer, 2014), apparait comme une propriété fondamentale pour garantir leur pérennité (Urruty *et al*., 2015). Identifier les leviers de robustesse au sein des systèmes d'élevage est donc un enjeu pour accompagner leur transition agroécologique. Parmi les leviers de la robustesse, la diversité est considérée comme pouvant jouer un rôle clé (Altieri *et al*., 2015, Dumont *et al*., 2020). Cette hypothèse repose sur l'idée qu'une plus grande diversité au sein d'un système génère plus d'hétérogénéité fonctionnelle et lui confère ainsi une plus grande aptitude à faire face aux perturbations (Biggs *et al*., 2012). Plusieurs travaux relativement récents ont été menés sur les systèmes d'élevage de ruminants afin de mettre à l'épreuve cette hypothèse. Les études disponibles reposent sur des démarches de modélisation ou des observations empiriques (Dumont *et al*., 2020), et se sont principalement intéressées aux contributions de la diversité des espèces ou des races (Nozières *et al*., 2011 ; Mugnier *et al*., 2021), des interactions entre composantes du système (Sneessens *et al*., 2019) ou encore des conduites d'élevage (Benoit *et al*., 2020) sur la productivité des systèmes d'élevage et leur capacité à s'adapter aux fluctuations (économiques, climatiques, sanitaires) de l'environnement. En revanche peu de travaux ont cherché à objectiver la contribution de la diversité intra-troupeau à la robustesse du système. Les investigations menées à cette échelle reposent principalement sur des approches de simulation (Blanc *et al*., 2013) mais les démonstrations issues d'approches expérimentales ou d'observations empiriques restent rares. Notre étude se positionne dans cette perspective. Elle a été menée sur des troupeaux bovins laitiers inscrits au contrôle de performances et avait deux objectifs principaux : 1/ tester l'existence d'une relation entre la diversité intra-troupeau et la stabilité des performances sur le long terme (indicateur de robustesse), et 2/ préciser les critères sur lesquels les éleveurs caractérisent la diversité au sein d'un troupeau et identifier quels intérêts ils lui attribuent.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. ANALYSE DU LIEN ENTRE DIVERSITE INTRA-TROUPEAU ET STABILITE DES PERFORMANCES

L'analyse a porté sur les données issues du contrôle de performances laitières de 92 troupeaux bovins laitiers situés dans le Bocage Bourbonnais (BB, zone de plaine, n=31) et sur la communauté de communes de Saint Flour (SF, zone de montagne, n=61). Les données ont été analysées sur la période 2000-2016. La durée moyenne de suivi des troupeaux a été de 16,3 ± 1,6 années consécutives (min=10 ans, max=17 ans). Au total, le jeu de données concerne 68 081 lactations individuelles de plus de 250 jours, ayant une production annuelle supérieure à 1000 kg de lait.

1.1.1 Caractérisation de la diversité intra-troupeau

Dans cette étude, la diversité intra-troupeau a été décrite sur la base de trois composantes : la diversité génétique et les diversités de stades et de rangs de lactation. Pour chacun des 92 troupeaux, l'index de diversité de Shannon (Stirling, 2007, Eq 1) a été utilisé pour quantifier chacune de ces composantes.

Eq 1 : $Div = -\sum_{i=1}^{n} p_i ln p_i$, avec n : nombre total de catégories (n=17 races et croisements pour la diversité génétique, n=12 mois de vêlage pour la diversité des stades physiologiques, n=15 rangs pour la diversité des rangs de lactation), p_i proportion d'individus dans la catégorie i.

Les index de diversité de Shannon ont été calculés par troupeau et par an sur la période 2000-2016. La médiane de ces index élémentaires a ensuite été calculée pour chaque troupeau sur l'ensemble de la période pour obtenir trois index de diversité médians : Div_gen$_{2000\text{-}2016}$, Div_stad$_{2000\text{-}2016}$ et Div_rang$_{2000\text{-}2016}$. Un index synthétique de diversité (Div_synth$_{2000\text{-}2016}$) a ensuite été défini pour chaque troupeau comme la somme des index élémentaires médians.

Des classes de diversité intra-troupeau ont été obtenues à partir d'une analyse en composantes principales suivie d'une classification ascendante hiérarchique (ACP1-CAH1) réalisées sur les variables Div_gen$_{2000\text{-}2016}$, Div_stad$_{2000\text{-}2016}$ et Div_rang$_{2000\text{-}2016}$. Le nombre de classes a été déterminé au regard du saut d'inertie.

1.1.2 Caractérisation de la robustesse du troupeau

La robustesse de chaque troupeau a été définie comme la " *capacité à maintenir un niveau souhaité de performance malgré l'occurrence de perturbations* " (Urruty *et al*., 2015). Un troupeau présentant une faible variabilité de ses performances au cours du temps pourra ainsi être qualifié de robuste. Nous avons donc cherché à quantifier la variabilité de la production laitière moyenne (PLmoy) et de l'intervalle vêlage-vêlage moyen (IVVmoy) de chaque troupeau au cours de la période 2000-2016. Celle-ci peut se décomposer en une tendance moyenne et une variabilité résiduelle (RSE) qui rend compte des fluctuations de la performance autour de la tendance moyenne (figure 1). Plus RSE est faible, plus le troupeau peut être considéré comme robuste. Un indice de robustesse (Eq 2) a ainsi été calculé pour la production laitière moyenne (R_PLmoy$_{2000\text{-}2016}$) et l'intervalle vêlage-vêlage moyen (R_IVVmoy$_{2000\text{-}2016}$) de chaque troupeau sur la période 2000-2016.

Eq 2 : $R = 1/RSE$, où RSE est l'erreur résiduelle du modèle de régression linéaire $Y = f(temps)$ ajusté sur la période 2000-2016, avec Y=PLmoy ou IVVmoy.

1.1.3 Caractérisation de la relation entre diversité intra-troupeau et robustesse

La corrélation entre Div_synth$_{2000\text{-}2016}$ et les deux variables de robustesse R_PLmoy$_{2000\text{-}2016}$ et R_IVVmoy$_{2000\text{-}2016}$ a été testée. Les effets de Div_gen$_{2000\text{-}2016}$, Div_stad$_{2000\text{-}2016}$, Div_rang$_{2000\text{-}2016}$ et de PLmoy$_{2000\text{-}2016}$ (valeur médiane des PLmoy sur la période 2000-2016) sur la robustesse des productions laitières moyennes et des intervalles vêlage-vêlage moyens ont été analysés à l'aide d'un modèle linéaire. Une analyse en composantes principales suivie d'une classification ascendante hiérarchique (ACP2-CAH2) a été réalisée sur les variables, Div_gen$_{2000\text{-}2016}$, Div_stad$_{2000\text{-}2016}$, Div_rang$_{2000\text{-}2016}$, R_PLmoy$_{2000\text{-}2016}$ et R_IVVmoy$_{2000\text{-}2016}$ afin d'identifier des groupes de troupeaux présentant des profils de diversité intra-troupeau et de robustesse des performances distincts. Le nombre de classes a été déterminé au regard du saut d'inertie.

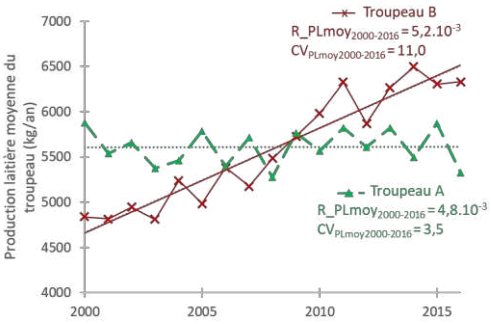


Figure 1 : Evolution sur la période 2000-2016 de la PLmoy de deux troupeaux ayant des indices de robustesse (R_PLmoy$_{2000\text{-}2016}$) semblables mais des évolutions moyennes de PLmoy contrastées.

Cette figure illustre l'intérêt de l'indicateur de robustesse retenu pour rendre compte de la variabilité de la performance autour de la tendance moyenne comparativement au coefficient de variation (CV).

1.2. ENTRETIENS AUPRES DES ELEVEURS

Des entretiens semi-directifs ont été menés auprès d'un échantillon de 40 éleveurs laitiers (BB, n=15 ; SF, n=25), dont les troupeaux étaient répartis dans les classes de diversité intra-troupeau issus de l'analyse ACP1-CAH1. L'objectif était de recueillir les critères sur lesquels les éleveurs perçoivent de la diversité au sein d'un troupeau de vaches laitières et de les interroger sur les intérêts qu'ils associent à la diversité génétique et à la diversité des stades et des rangs de lactation au sein du troupeau. Tous les entretiens ont été transcrits intégralement. Leur contenu a été découpé, réparti et codé dans une grille de dépouillement. Une analyse thématique a été conduite pour décrire d'une part les différentes formes de diversité intra-troupeau perçues par les éleveurs et d'autre part les intérêts associés à chacune des trois formes de diversité pré identifiées dans notre approche (types génétiques, stades physiologiques et rangs de lactation). Les réponses ont été analysées par modalité et la fréquence de citation de chacune de ces modalités a été calculée (plusieurs modalités possibles pour un même éleveur). Des citations des éleveurs enquêtés ont permis d'illustrer et de préciser cette analyse. Nous avons également étudié si les réponses des éleveurs différaient selon la classe de diversité-robustesse de leur troupeau.

2. RESULTATS

2.1. CARACTERISATION DE LA DIVERSITE INTRA-TROUPEAU

En moyenne, sur les 92 troupeaux laitiers étudiés, l'index synthétique de diversité ($Div_synth_{2000-2016}$) s'élève à 3,96 ± 0,47. Il est négativement corrélé avec $PLmoy_{2000-2016}$ (Figure 2, r=-0,63, p<0,0001).

Trois profils de diversité intra-troupeau sont observés dans la population. Le premier (Div-, n=29) présente une faible diversité génétique et des diversités de rangs et de stades de lactation significativement plus faibles que dans les deux autres profils (tableau 1). Les troupeaux Div+ (n=43) se caractérisent par une faible diversité génétique mais une forte diversité de rangs et de stades de lactation. Les troupeaux Div++ (n=20) ont les valeurs de diversité les plus élevées pour les trois composantes analysées (tableau 1).

2.2 LIEN ENTRE DIVERSITE INTRA-TROUPEAU ET ROBUSTESSE DES PERFORMANCES

Les robustesses de la production laitière moyenne du troupeau et des IVV moyens sont positivement corrélées avec l'index synthétique de diversité intra-troupeau (r = 0,46, p<0,001 et r = 0,23, p=0,02, respectivement). Sur les quatre variables testées ($Div_gen_{2000-2016}$, $Div_stad_{2000-2016}$, $Div_rang_{2000-2016}$ et $PLmoy_{2000-2016}$) seules $PLmoy_{2000-2016}$ et $Div_stad_{2000-2016}$, ont un effet significatif sur $R_PLmoy_{2000-2016}$ et seules $PLmoy_{2000-2016}$ et $Div_rang_{2000-2016}$ ont un effet significatif sur $R_IVVmoy_{2000-2016}$. La robustesse de la production laitière moyenne diminue avec $PLmoy_{2000-2016}$ (p<0,001) et augmente avec $Div_stad_{2000-2016}$ (p<0,05). La robustesse des IVV moyens augmente avec $PLmoy_{2000-2016}$ (p<0.05) et $Div_rang_{2000-2016}$ (p<0 ,001).

Les troupeaux BB ont une diversité intra-troupeau inférieure à celle des troupeaux SF (3,60 ± 0,33 *vs* 4,14 ± 0,42, p<0,01) et une moindre robustesse de leurs production laitière moyenne ($2,1.10^{-3}$ ± $0,9.10^{-3}$ *vs* $2,7.10^{-3}$ ± $0,8.10^{-3}$, p<0,001) et de leurs IVV (0,05 ± 0,02 *vs* 0,07 ± 0,03, p<0,01). Sur l'ensemble des 92 troupeaux étudiés nous observons trois classes ayant des profils de diversité-robustesse distincts. Les troupeaux de la classe 1 (Div-/R-, n=44) sont les moins diversifiés globalement et présentent les index de diversité

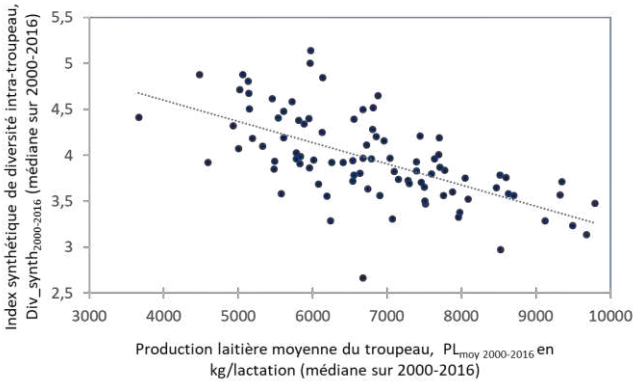


Figure 2 : Relation entre l'index synthétique de diversité intra-troupeau et la médiane de la production laitière moyenne du troupeau sur la période 2000-2016 (n=92).

	Div-	Div+	Div++
Effectif	29	43	20
$Div_synth_{2000-2016}$	3,5 ± 0,29 a[1]	3,95 ± 0,21 b	4,63 ± 0,24 c
$Div_gen_{2000-2016}$	0,09 ± 0,16 a	0,08 ± 0,10 a	0,69 ± 0,22 b
$Div_stad_{2000-2016}$	1,89 ± 0,19 a	2,21 ± 0,08 b	2,17 ± 0,07 b[2]
$Div_rang_{2000-2016}$	1,53 ± 0,11 a	1,66 ± 0,15 b	1,77 ± 0,14 c

Tableau 1 : Caractérisation des trois classes de diversité obtenues à partir de l'ACP1-CAH1 réalisée sur les différents index de diversité (moyennes ± écart type). [1] Les valeurs ayant des lettres différentes sur une même ligne diffèrent au seuil de p<0,05 (test de Kruskall-Wallis). [2] p=0,06 avec Div+.

élémentaires les plus faibles (tableau 2). Ce sont majoritairement des troupeaux du BB (59 %) qui présentent la production laitière moyenne la plus élevée sur la période 2000-2016 et les IVV moyens les plus importants. Ils comportent en moyenne 1,5 (± 0,6) types génétiques, ont des vêlages étalés sur 9,3 ± 1,3 mois et leur rang moyen de lactation est le plus faible (2,5 ± 0,3). Les troupeaux de cette classe ont les plus faibles robustesses de la production laitière et des IVV. Les troupeaux des classes 2 ($Div+/Div_{stad}+/R+$, n=31) et 3 ($Div+/Div_{gen}+/R+$, n=17) sont majoritairement des troupeaux SF (87 % et 94 % respectivement). Ceux de la classe 2 ont une diversité de stades physiologiques plus élevée que ceux de la classe 3. Ces derniers ont la plus forte diversité intra-troupeau et sont les moins productifs. Ils se distinguent des troupeaux de la classe 2 par une diversité génétique 5,5 fois plus importante. Les troupeaux des classes 2 et 3 ont des IVV moyens semblables et inférieurs à ceux des troupeaux de la classe 1. Ils ont les mêmes niveaux de robustesse pour la production laitière et pour les IVV (tableau 2).

2.3. INTERETS DE LA DIVERSITE POUR LES ELEVEURS

Parmi les 40 éleveurs enquêtés, 17 sont dans la classe 1 (Div-/R-, 15 dans la classe 2 ($Div+/Div_{stad}+/R+$) et 8 dans la classe 3 ($Div+/Div_{gen}+/R+$). A la question " *Qu'est-ce qui vous fait dire qu'un troupeau est diversifié ?* ", les éleveurs enquêtés évoquent d'abord des différences phénotypiques (couleur, morphologie) (45 %, n=18), puis de tempérament (40 %, n=16), la diversité génétique (38 %, n=15), des différences de production laitière (25 %, n=10) ou de santé (10 %, n=4). Les diversités de rangs de lactation et de stades physiologiques ne sont spontanément citées que par 2 et 1 éleveurs, respectivement. Ces perceptions de types de diversité ne diffèrent pas entre les 3 classes de diversité- robustesse, excepté pour la diversité génétique (test de khi², p<0,05) qui est citée par 88% des éleveurs de la classe

1

	Population	Classe 1 : Div-/R-	Classe 2 : Div+/Div_{stad}+/R+	Classe 3 : Div+/Div_{gen}+/R+
Effectif	92	44	31	17
Troupeaux en zone BB (%)	34	59	13	6
$Div_synth_{2000-2016}$	3,96 ± 0,47	3,62 ± 0,31 a[1]	4,07 ± 0,20 b	4,64 ± 0,29 c
$Div_gen_{2000-2016}$	0,22 ± 0,29	0,09 ± 0,17 a	0,13 ± 0,13 a	0,72 ± 0,22 b
$Div_stad_{2000-2016}$	2,10 ± 0,19	1,99 ± 0,20 a	2,23 ± 0,07 b	2,14 ± 0,11 c
$Div_rang_{2000-2016}$	1,64 ± 0,16	1,54 ± 0,10 a	1,71 ± 0,13 b	1,78 ± 0,14 b
$R_PLmoy_{2000-2016}$	$2,5.10^{-3}$ ± $0,9.10^{-3}$	$2,0.10^{-3}$ ± $0,5.10^{-3}$ a	$2,9.10^{-3}$ ± $0,6.10^{-3}$ b	$3,3.10^{-3}$ ± $1,1.10^{-3}$ b
$R_IVVmoy_{2000-2016}$	0,060 ± 0,029	0,046 ± 0,018 a	0,078 ± 0,035 b	0,062 ± 0,021 b
$PLmoy_{2000-2016}$ (kg/vache/an)	6771 ± 1278	7461 ± 1162 a	6498 ± 991 b	5484 ± 781 c
$IVVmoy_{2000-2016}$ (jours)	406 ± 20	417 ± 20 a	397 ± 17 b	397 ± 17 b
Nombre moyen de types génétiques	1,9 ± 0,8	1,5 ± 0,6 a	1,7 ± 0,5 b	3,1 ± 0,6 c
Nombre moyen de mois de vêlage	10,0 ± 1,2	9,3 ± 1,3 a	10,9 ± 0,5 b	10,3 ± 0,8 c
Rang de lactation moyen	2,7 ± 0,4	2,5 ± 0,3 a	2,9 ± 0,3 b	3,1 ± 0,5 b

Tableau 2 : Caractérisation des trois classes de diversité-robustesse (ACP2-CAH2) sur l'ensemble des variables étudiées (moyenne ± écart type). [1] Les valeurs ayant des lettres différentes sur une même ligne diffèrent au seuil de p<0,05 (test de Kruskall-Wallis).

Div+/Div_{gen}+/R+ alors qu'elle n'est évoquée que par 19 % et 33 % des éleveurs des classes Div-/R- et Div+/Div_{stad}+/R+, respectivement.

Trente-deux pourcent (n=13) des 40 éleveurs enquêtés considèrent que la diversité génétique (différentes races ou croisements) au sein du troupeau est un levier de performance économique (*" Cette diversité de race m'apporte des taux quasiment réguliers sur l'année, donc une meilleure paye de lait que si j'avais tout en Noires. " ; " Les Brunes des Alpes c'est pour maintenir les taux et donc le prix du lait, les Montbéliardes c'est une meilleure plus-value sur les réformes et les vente de veaux. "),* 17 % (n=7) lui attribuent un intérêt pour la conduite des vaches (*" Les Noires vous en faites ce que vous voulez, mais les Montbéliardes, quand ça veut pas, ça veut pas, c'est pour ça que je mets pas tout mon troupeau en Montbéliardes."*), 12,5 % (n=5) pour la santé du troupeau (" *Les Holstein…, elles apportent du lait mais au niveau de la solidité, des pattes, elle vieillit moins bien, elle a plus de soucis que la Brune*. ") et 10 % (n=4) lui associent une dimension émotionnelle (*" Ces races me vont bien et puis ça fait partie du plaisir de l'éleveur d'avoir des vaches qu'il aime. "*). Seul un éleveur a mis en avant l'intérêt de la diversité génétique comme levier d'adaptation aux aléas (*" Une Holstein qui tombe malade, elle baisse le lait mais en 4 jours elle est revenue au sommet alors qu'une Montbéliarde ou une Abondance non, c'est pour ça c'est qu'on s'est mis à l'aimer un peu et en mettre dans notre troupeau. "*). Dans un objectif d'amélioration de la performance, le choix de la diversité des races n'est pas partagé par tous les éleveurs. Certains préfèrent miser sur le croisement : " *Avec les croisées, on a tout sur la même vache, c'est les meilleures du troupeau.* " ; *" Mes croisées, elles ont presque le lait d'une Holstein et la matière grasse de la Normande. ".*

L'intérêt que les éleveurs portent à la diversité génétique ne diffère pas selon les trois classes de diversité-robustesse, excepté pour l'intérêt économique (p<0,001) qui est cité par 88 % des éleveurs de la classe Div+/Div_{gen}+/R+ alors qu'il n'est cité que par 18 % et 20 % des éleveurs des classes Div-/R- et Div+/Div_{stad}+/R+, respectivement. La diversité des stades physiologiques est perçue comme un levier d'adaptation aux contraintes structurelles de l'exploitation (disponibilité de la main d'œuvre, taille du bâtiment, volume du tank) pour 77,5 % (n=31) des éleveurs (*" Le troupeau s'est agrandi. Avec un volume de lait comme on a, dire " on va tout vêler à l'automne ", j'ai du mal à imaginer. ")* et comme un support de performance économique pour 65 % d'entre eux (*" Du point de vue de la coopérative déjà, si on fait du lait étalé sur toute l'année, on a une incitation financière. "* ; *" Si vous faites vos vêlages tous en même temps, vous avez beaucoup de veaux qui se ramènent dans le commerce. Après, les prix ça chute. "* ; *" On ne peut pas se permettre un mois à zéro litre de lait, on n'y arriverait pas. Tous les mois, il y a quelque chose à payer. " ; " Il faut quand même faire du lait un peu tout le temps, car si tu attends les 6 derniers mois pour faire ta référence et que tu la fais pas, le contrat il n'est pas fait. ")*. Elle est considérée comme un moyen de limiter les risques sanitaires sur les veaux pour 15 % (n=6) des éleveurs. Seuls deux éleveurs considèrent que la diversité des stades physiologiques peut être un levier d'adaptation aux aléas climatiques *(" Au niveau du troupeau…, on essaye d'avoir tous les stades parce qu'après c'est plus régulier au niveau des taux et puis on est moins tributaire du facteur année… Parce que vous pouvez manquer votre printemps, votre été…, donc, on ne met pas nos œufs dans le même panier. ")*. L'intérêt que les éleveurs portent à la diversité des stades de lactation ne diffère pas selon les classes de diversité-robustesse, à l'exception de l'intérêt pour la santé des veaux qui n'est pas cité par les éleveurs de la classe Div-/R- alors qu'il est cité par 27 % et 25 % des éleveurs des classes Div+/Div_{stad}+/R+ et Div+/Div_{gen}+/R+, respectivement (p=0,07).La diversité des rangs de lactation résulte des décisions de réforme, qu'elles soient subies *(" Avoir un troupeau jeune, c'est subi car il y a beaucoup de réformes involontaires "),* ou pilotées (*" Comme il y a des génisses derrière, je ne garde pas. "*). Seuls 25 % des éleveurs voient un intérêt à faire vieillir les vaches car cela permet de diminuer le coût du renouvellement et dans une moindre mesure, d'avoir un troupeau plus calme et plus facile à conduire.

3. DISCUSSION

Dans cette étude, la diversité intra-troupeau a été qualifiée au travers d'index qui rendent compte de la composition (types génétiques) et de la structure du troupeau (stades et rangs de lactation). Ces index permettent d'apprécier indirectement la diversité fonctionnelle présente dans le troupeau (Magne *et al.*, 2019) dans la mesure où le fonctionnement biologique des vaches et notamment la façon dont elles priorisent leurs fonctions de vie en situation de contrainte (Friggens *et al.*, 2017) diffère selon les races et le statut physiologique des animaux (Blanc *et al*., 2013). Cette diversité fonctionnelle, plus que la diversité génétique *sensu stricto*, est celle qui détermine l'aptitude des systèmes à répondre aux perturbations et à être résilients (Mori *et al.*, 2013). Parmi les troupeaux étudiés, les profils de diversité sont assez contrastés. Quarante-sept

pourcent sont peu diversifiés et majoritairement localisés en zone de plaine (Div-/R-), tandis que les autres (Div+/Div_{stad}+/R+ et Div+/Div_{gen}+/R+) se situent majoritairement en zone de montagne et se caractérisent par une plus forte hétérogénéité de stades physiologiques et de rangs de lactation, à laquelle peut s'ajouter une forte diversité génétique. Lorsqu'elle est présente de manière significative, cette diversité génétique se caractérise par un nombre moyen de races par troupeau important (3,1 ± 0,6 pour la classe Div+/Div_{gen}+/R+, tableau 2). Pourtant elle ne permet pas d'améliorer la robustesse de la production laitière et des IVV, ce qui est assez inattendu dans la mesure où de précédents travaux ont montré que la capacité des vaches à faire face à des environnements contraignants diffèrent selon les races (Dillon *et al*., 2003). Pour ce qui concerne la production laitière, c'est l'asynchronie des états physiologiques au sein du troupeau qui joue le rôle d'effet tampon et confère de la robustesse au troupeau. Ce résultat va dans le sens de l'hypothèse énoncée par Blanc *et al.* (2013) selon laquelle l'hétérogénéité des stades au sein d'un troupeau permet de diluer et donc d'amortir les effets de la perturbation. Un tel effet de dilution a également été montré par Benoit *et al.* (2020) sur les systèmes ovins allaitants : les troupeaux avec plusieurs périodes d'agnelage par an sont plus robustes que ceux n'ayant qu'une seule période d'agnelage vis-à-vis de perturbations affectant la productivité des brebis. Nos résultats montrent que la robustesse des IVV est positivement corrélée à la diversité des rangs de lactation, ce qui signifie que les IVV sont plus stables dans les troupeaux où le rang moyen de lactation, et donc la longévité productive des vaches, est élevé. Ces troupeaux (Div+/Div_{stad}+/R+ et Div+/Div_{gen}+/R+) sont aussi ceux pour lesquels les IVV sont les plus courts. Dans ces troupeaux, les vaches semblent donc avoir de meilleures performances de reproduction que dans la classe Div-/R-, ce qui explique en partie leur longévité supérieure (rang moyen de lactation supérieur à 2,9, tableau 2). Ainsi, la robustesse des IVV est plus importante dans les troupeaux présentant de meilleures performances de reproduction (corrélation entre $R_IVVmoy_{2000\text{-}2016}$ et IVVmoy, r=-0,57, p<0,001). L'effet positif de la diversité des rangs de lactation sur la robustesse des IVV serait la conséquence indirecte de meilleures performances de reproduction. Nos résultats révèlent un trade-off entre la robustesse de la production laitière et la quantité de lait produite mais montrent que ce trade-off peut être atténué par une plus grande diversité des stades physiologiques au sein du troupeau. Par cette composante de la diversité, le niveau troupeau apparait comme pouvant contribuer au pouvoir tampon du système et être complémentaire des autres leviers de robustesse présents dans les systèmes d'élevage : capacités adaptatives des animaux, combinaison de plusieurs espèces, interactions entre les éléments du système, pilotage adaptatif de l'éleveur (Blanc *et al.*, 2006 ; Nozières *et al*., 2011 ; Dumont *et al*., 2020, Mugnier *et al*., 2021). Excepté la diversité génétique, les critères que nous avons utilisés pour définir la diversité intra-troupeau diffèrent de ceux que citent spontanément les éleveurs et qui renvoient plus à de la diversité phénotypique (physionomie, comportement, performances) que structurelle. Contrairement à ce que rapportent Magne *et al.* (2019), la diversité des races n'a pas été perçue comme un levier d'adaptation aux aléas. Le principal bénéfice que les éleveurs associent à cette diversité est l'amélioration des performances économiques du troupeau grâce à la complémentarité des types génétiques qui permet une meilleure valorisation des produits animaux. Ce résultat a également été rapporté par Magne *et al.* (2019).

Parmi les trois composantes de la diversité que nous avons abordées avec les éleveurs, la diversité des stades physiologiques est clairement celle qui présente le plus d'intérêt adaptatif : ajustement aux contraintes structurelles présentes sur l'exploitation, moindre sensibilité à la variabilité des prix de vente des produits animaux, étalement de la trésorerie, effet tampon en cas d'aléa. En plus d'être un levier de robustesse, la diversité des stades physiologiques est identifiée par les éleveurs comme un levier d'adaptation aux limites des facteurs de production, mais induit en contrepartie, une charge de travail importante toute l'année : *" il faut toujours tout faire et c'est plus fatiguant ".*

CONCLUSION

Notre étude a permis de mettre en évidence le rôle de la diversité intra-troupeau et plus particulièrement de l'asynchronie des stades physiologiques sur la capacité du troupeau à maintenir des performances stables sur le long terme. Elle a également révélé une moindre stabilité de la production laitière dans les troupeaux les plus productifs. Pour les éleveurs, la diversité intra-troupeau est avant tout un levier de performance économique et d'adaptation aux contraintes structurelles de l'exploitation. Ces résultats montrent que les adaptations stratégiques qui génèrent de la diversité intra-troupeau (sélection et croisements pour la diversité génétique, règles de renouvellement-réforme pour la diversité des rangs, conduite de la reproduction pour la diversité des stades) sont à prendre en compte dans les réflexions sur l'amélioration de la résilience des systèmes d'élevage, en complément des adaptations tactiques que les éleveurs mobilisent en cas d'aléas (achat d'aliments, ventes d'animaux, modifications des horaires de pâturage…). Des recherches permettant de mieux apprécier la contribution respective des adaptations stratégiques *vs* tactiques à la robustesse des troupeaux mériteraient d'être développées.

Les auteurs remercient G. Combelles - Contrôle laitier 15, J.P. Garnier Chambre Agriculture 03, pour leur appui dans la sélection des élevages et les 40 éleveurs pour le temps consacré aux entretiens conduits par E. Steiner et S. Chamarier, stagiaires ISARA. Cette étude a bénéficié des financements INRAE et de la région Auvergne (Programme PSDR Auvergne 2015-2019 NewDeal).

Altieri, M. A., Nicholls, C. I., Henao, A., Lana, M., 2015. Agron. Sustain. Dev. 35, 869–890.

Benoit, M., Joly, F., Blanc, F., Dumont, B., Sabatier, R., Mosnier, C., 2020. Agron. Sustain. Dev. **40,** 34.

Biggs, R., Schlüter, M., Biggs, D., Bohensky, E.L., BurnSilver, S., Cundill, G., Dakos, V., Daw, T.M., Evans, L.S., Kotschy, K., Leitch, A.M., Meek, C., Quinlan, A., Raudsepp-Hearne, C., Robards, M.D., Schoon, M.L., Schultz, L., West, P.C.,2012. Rev. Environ. Resour., 37, 421-448.

Blanc, F., Bocquier, F., Agabriel, J., D'Hour, P., Chilliard, Y., 2006. Animal Research, 55, 489–510.

Blanc, F., Ollion, E., Puillet, L., Delaby, L., Ingrand, S., Tichit, M., Friggens, N.C., 2013. Renc. Rech. Rumin. 20, 265–272.

Darnhofer, I. 2014. European Review of Agricultural Economics, 41 (3), 461–48.

Dillon, P., Snijders, S., Buckley, F., Harris, B., O'Connor, P., Mee, J.F., 2003. Livestock Production Science 83, 21–33.

Dumont, B., Fortun-Lamothe, L., Jouven, M., Thomas, M., Tichit, M., 2013. Animal, 7, 1028–1043.

Dumont, B., Puillet, L., Martin, G., Savietto, D., Aubin, J., Ingrand, S., Niderkorn, V., Steinmetz, L., Thomas, M. 2020. Front. Sustain. Food Syst. 4, 109.

Friggens, N.C., Blanc, F., Berry, D.P., Puillet, L., 2017. Animal, 11, 2237–2251.

Magne, M.C., Nozières-Petit, M.O., Cournut, S., Ollion, E., Puillet L., Renaudeau, D., Fortun-Lamothe, L., 2019. INRA Prod. Anim. 32(2), 263-280.

Mori, A.S., Furukawa, T., Sasaki, T.,2013. Biol. Rev., **88**, 349–364.

Mugnier, S., Husson, C., Cournut, S., 2021. Renewable Agriculture and Food Systems 36, 344–352.

Nozières, M.O, Moulin, C. H., Dedieu, B., 2011. Animal, 5:9, 1442–1457.

Sneessens, I., Sauvée, L., Randrianasolo-Rakotobe, H., Ingrand, S. 2019. Agric. Syst. 176, 102658.

Urruty, N., Tailliez-Lefebvre, D., Huyghe, C., 2016. Agron. Sustain. Dev., 36 ,15.

Croisement bovin laitier trois voies en agriculture biologique : bilan après 7 ans de mise en place sur la station expérimentale de Trévarez

TROU G. (1), BROCARD V. (2), DOMINIQUE S. (2), CLOET E. (1)
(1) Chambre d'agriculture de Bretagne - rue Maurice Le Lannou - CS 74223 - 35042 Rennes cdx, France
(2) Institut de l'Elevage, 149 rue de Bercy, 75595 Paris cdx 12, France.

RESUME
En 2020, 43% des élevages laitiers ont réalisé au moins une insémination en croisement laitier (Dominique S., 2020). Le croisement permet de profiter de la complémentarité des différentes races laitières et/ou de pallier les faiblesses sur les caractères fonctionnels de la race Prim'Hostein, la plus représentée en France. Depuis 2015, la station expérimentale de Trévarez (29) a mis en place un croisement 3 voies sur ses 60 vaches conduites en agriculture biologique : la Prim'Holstein a été croisée avec la Normande et la Jersiaise. Les conditions de vêlages ont été peu modifiées. Les femelles croisées semblent plus fertiles, produisent moins de lait, mais avec des taux plus élevés que les Prim'Holstein, ce qui amène une quantité de matière utile produite et un produit lait supérieurs (+ 24 kg de matière utile produite sur 305 premiers jours de la 1ère lactation). Les veaux croisés sont moins bien valorisés alors que les réformes ont un produit viande similaire, mais très variable selon le type génétique. Les mesures réalisées permettent de fournir des références de poids et de tour de poitrine pour les génisses.

Three-breed rotational crossbreeding in organic dairy cattle herd: results after 7 years of implementation at the Trévarez experimental station

TROU G. (1), BROCARD V. (2), DOMINIQUE S. (2), CLOET E. (1)
(1) Chambre d'agriculture de Bretagne - rue Maurice Le Lannou - CS 74223 - 35042 Rennes cdx, France
.

SUMMARY
In 2020, 43 % of the French dairy farms made at least one insemination in dairy crossbreeding (Dominique S., 2020). Crossbreeding provides the opportunity to benefit from the complementarity between breeds and/or compensate the weaknesses of the Holstein breed (most used dairy breed in France) on functional traits. Since 2015, Trévarez experimental french farm has implemented a 3 breeds rotational crossbreeding on 60 organic dairy cows. Holstein cows were crossed with Normande and Jersey breeds. No impact was noted on calving ease, but fertility seems higher with the crossbreds. The latter produce less milk but with more fats and proteins compared to Holstein cows: this led to a higher milk solids production (+ 24 kg on the 305 first days of the first lactation) and a higher milk profit. In average, crossbred calves were sold with a lower price than Holstein calves contrary to culled cows sold at a similar price, but with a high variability according to the type of crossing. Thanks to the measurements done, recommendations on weight and heart girth for crossbred heifers are now available.

INTRODUCTION

Bien que la race Prim'Holstein (P) représente 64% des lactations en France en 2021, le nombre d'élevages laitiers ayant réalisé au moins une insémination en croisement laitier est passé de 33% en 2010 à 43% en 2020 (Dominique S. 2020). Avec 5% des lactations au contrôle laitier, les croisées sont la 4ème « race » (Idele, 2021). Le croisement permet de profiter de la complémentarité des races laitières et/ou de pallier les faiblesses de la P sur les caractères fonctionnels (Swan et Kinghorn, 1992 ; Verrier et al., 2010). Le croisement « 3 voies », c'est-à-dire rotatif avec 3 races laitières est la modalité qui permet d'optimiser l'effet d'hétérosis (Freyer et al., 2008). Les publications concernent en majorité le croisement P x Montbéliarde x Rouge scandinave, parfois avec de la Normande (N) ou de la Jersiaise (J) sur une génération, dans des troupeaux conduits dans des systèmes intensifs (Heins et al., 2006, Hazel et al., 2014). Or en France, le croisement est davantage présent en agriculture biologique (AB), avec des races très variées (Bougouin et al., 2010 ; projet GenAB, 2017 ; Pailler et al., 2017). Enfin, les approches économiques publiées concernent soit les systèmes américains, soit des systèmes français en agriculture conventionnelle (Dezetter et al., 2020).
Depuis 2015, la station expérimentale de Trévarez (29) a mis en place un croisement 3 voies : les P ont été croisées avec la N et la J. L'objectif est de décrire la mise en place du croisement en vue de proposer un mode d'emploi aux éleveurs, d'étudier son impact sur les performances techniques et économiques de la naissance à la réforme et de définir les adaptations de conduite nécessaires.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1 SYSTEME LAITIER

Le troupeau de Trévarez est converti à l'AB depuis 2015. Les vaches vêlent sur 2 périodes de 3 mois, à l'automne et au printemps, et sont traites avec un robot. Les animaux sont conduits dans un système maxi-pâturage (60 % d'herbe pâturée dans la ration annuelle), recherchant l'autonomie (600 kg de concentré/vache et 550 kg/génisse), et un objectif de 1er vêlage à 24 mois. Les veaux non utilisés pour le renouvellement (mâles de races laitières et veaux croisés viande) sont vendus à 3 semaines.

1.2 MISE EN PLACE DU CROISEMENT ET CONDUITE DE LA REPRODUCTION

L'objectif est de rechercher une vache adaptée au système : des taux supérieurs à ceux de la P, des vaches flexibles face aux fluctuations alimentaires tout en conservant un meilleur état d'engraissement (surtout en hiver, sur des régimes déficitaires en azote), adaptées au robot (santé et conformation de la mamelle, tempérament docile mais dynamique), fertiles (vêlages groupés et précoces), et adaptées au pâturage (bonnes pattes, gabarit limité). L'objectif était également de travailler avec des races françaises, si possible de l'Ouest de la France. La N a été choisie pour sa production, ses taux, sa bonne reproduction et sa mixité, avec un point de vigilance sur la qualité de ses aplombs. La J a été choisie pour ses taux, la qualité de ses pattes et de la mamelle, sa précocité, et sa réputation de rusticité et d'adaptation au pâturage. Cette vache de petit gabarit risque toutefois d'apporter une hétérogénéité dans le

troupeau et de compromettre la valorisation des mâles et des réformes. La P permet de limiter la baisse de production.
Afin d'obtenir rapidement un troupeau croisé 3 voies, le taux de renouvellement est volontairement élevé jusqu'en 2023 (43 % de primipares de 2018 à 2022), année où le rythme de croisière sera atteint, les P puis les F1 étant réformées prématurément.
Toutes les femelles P du troupeau initial ont été génotypées en 2015. La moitié a été inséminée en N (femelles avec des index lait les moins élevés et taux les plus élevés) et l'autre moitié en J (index lait les plus élevés et taux les plus faibles). La femelle et ses filles conservent le même sens de croisement pour toute leur carrière.
Les taureaux ont été choisis dans les catalogues du centre de sélection partenaire, Evolution. Pour chaque race, 4 à 5 taureaux ont été retenus à chaque plan d'accouplement bisannuel. Ils étaient choisis parmi ceux ayant des index lait les plus élevés, des index taux et fonctionnels positifs, un index facilité de naissance supérieur à 90, et un index qualité des aplombs élevé. La femelle est ensuite accouplée avec le taureau qui semble le plus adapté à son génotypage si c'est une P, ou en fonction de ses performances ou de celles de sa mère et des index du père, pour les croisées.
L'usage de semences sexées a permis d'obtenir rapidement un troupeau croisé 3 voies, tout en minimisant le nombre de naissances de veaux mâles croisés de type laitier difficilement valorisables. Les génisses sont inséminées en races laitières avec des semences sexées femelles en 1ère insémination artificielle (IA1) et en IA2, puis en semences conventionnelles. De 2015 à 2019, les vaches laitières (VL) considérées comme fertiles ont été inséminées en sexé en IA1 puis en conventionnel à partir de l'IA2, les autres étant inséminées en conventionnel lait dès l'IA1. A partir de l'hiver 19/20 (troupeau 3 voies conçu), les quelques VL à inséminer en race laitière pour compléter le renouvellement sont inséminées avec des semences sexées en IA1 puis en semence conventionnelle de taureau viande. Les autres vaches sont inséminées en croisement viande dès l'IA1. Les taureaux viande (Blanc Bleu Belge, INRA95, Limousin, Charolais ou Parthenais) ont été choisis avec la même rigueur que les taureaux laitiers (facilité de vêlage en croisement, couleur de robe des veaux nés, conformation des veaux…) et utilisés sur tous les types génétiques. Le nombre de femelles à inséminer est défini en fonction des performances de reproduction des saisons précédentes (objectif de 26 vêlages par saison, avec une hypothèse de 25 à 30 % de réforme). Les réformes « obligatoires » sont les vaches à problème de santé ou de mamelle, ou vides.
Les résultats de reproduction sont analysés pour les femelles mises à la reproduction entre l'automne 2015 et l'été 2022 : taux de réussite en première IA (TRIA1), nombre d'IA et pourcentage de gestantes par femelle inséminée, part de femelles sans IA.

1.3 MESURES ET REPRODUCTION DES GENISSES

Les génisses sont pesées à la naissance, au sevrage, tous les mois en hiver, une fois en cours de saison de pâturage, à la rentrée en étable, et au vêlage s'il a lieu en bâtiment. Les données de croissance et reproduction de 130 génisses croisées ont été analysées. Les 65 F1 issues du croisement P x J (PJ) ou P x N (PN), sont nées entre septembre 2016 et juin 2019, les 62 G2 issues des F1 inséminées avec la 3ème race (PNJ pour celles issues des mères PN ou PJN si la mère est PJ) sont nées entre aout 2018 et mars 2022. Les croissances entre 2 pesées permettent d'interpoler des poids à âge type (PAT) à 6, 12 et 15 mois, et comparer ceux-ci au poids objectif défini par la moyenne du poids objectif des 2 parents : moyenne des poids objectifs des 2 races pures (Sicot et al., 2013 ; Jersiaise France, 2013) pour les F1, moyenne des objectifs des F1 et de la race pure du père pour les G2. Les génisses sont inséminées lorsque leur poids atteint l'objectif de poids à 15 mois (pour un vêlage à 24 mois). Les génisses n'atteignant pas cet objectif sont décalées à la période suivante ou réformées.
Depuis octobre 2019, la mesure du tour de poitrine (TdP) des génisses est réalisée en même temps que les pesées à l'aide d'un ruban barymétrique, du sevrage à 15 mois. 579 mesures ont ainsi été réalisées sur 74 génisses F1 et G2, soit en moyenne 8 mesures par génisse, jusqu'en mai 2022. Une relation a été établie entre le TdP et l'âge pour donner des repères pour des croisées comme en P (Porhiel JY, 2005).

1.4 MESURES SUR VACHES LAITIERES ET ECONOMIE

Actuellement, 48 F1 (PN et PJ) sont entrées en lactation depuis 2018 et 39 G2 (PNJ et PJN) depuis 2020. Ce sont 97 lactations terminées de F1 et 26 de G2 qui ont pu être valorisées (durée supérieure à 200 jours). La production laitière a été mesurée à chaque traite et la composition du lait analysée toutes les semaines (TB et TP). Les résultats sur les 305 premiers jours de lactation sont comparés aux moyennes des performances des P ayant vêlé de fin 2015 à début 2020 en système AB. Les vaches sont pesées 1 à 2 fois par mois d'octobre à avril. La matière utile (MU), qui correspond à la somme de la matière grasse et protéique produite par l'animal a été calculée. Afin de s'affranchir du contexte de prix du lait, le produit lait a été calculé par saison de vêlage, à partir de la date de vêlage moyenne et le prix du lait mensuel moyen sur la période 2016-21. Les plus-values taux ont été calculées à partir du prix de valorisation actuel : 6,6 € par g de TP supérieur à 32 g/l et 5 € par g de TB supérieur à 38 g/l.
Le produit viande correspond à la valorisation réelle des animaux, le contexte de prix ayant peu évolué sur la période étudiée (2017 à 2021). L'année 2017 correspond au début de la valorisation de la viande en AB. La note EUROP qui évalue la conformation de l'animal et la note d'engraissement qui évalue la couverture en gras proviennent des notations de l'abattoir. Le produit veau est comparé à celui du troupeau P conventionnel de Trévarez sur les mêmes périodes.

2. RESULTATS

2.1 CONDITIONS DE VELAGES PRESERVEES

Sur 309 vêlages, la part de vêlages sans aide est en moyenne équivalente à celle d'avant croisement (76%) malgré davantage de vêlages de primipares, de veaux issus de taureaux viande mais toutefois plus de veaux femelles. Quelques variations sont constatées selon le type génétique des parents (tableau 1). Le sang J semble apporter des facilités de vêlage, a contrario du sang N.

% sans aide	mère					
père	P	PJ	PJN	PN	PNJ	n
J	86%			92%		93
N	72%	77%				104
P	85%		63%		94%	45
Viande	31%	89%	64%	68%	63%	67
n	154	53	22	55	25	309
% de primipares	30%	49%	82%	42%	84%	
% viande	10%	34%	27%	35%	32%	
% femelles	60%	82%	71%	75%	63%	

Tableau 1 Part de vêlages sans aide en fonction de la race du père et du type génétique de la mère

2.2. DES REPERES DE POIDS ET DE TOUR DE POITRINE POUR UN PREMIER VELAGE A 25 MOIS

Après 7 ans, le bilan sanitaire des veaux et génisses croisés est similaire à celui des P avec un taux de mortalité inférieur à 10%. Grâce aux pesées régulières pour réajuster l'alimentation, les femelles croisées ont pu vêler à 25 mois, réduisant ainsi l'âge au vêlage de 2 mois. Les poids à 15 mois sont proches des poids attendus. L'hétérogénéité selon les types génétiques des poids des génisses F1, de la naissance au vêlage (tableau 2), semble s'atténuer en G2.
La corrélation entre le poids et le TdP est forte (R^2=0,97). L'écart type reste cependant important : +/- 9,7 kg entre 95 et 130 cm ; +/- 18 kg entre 130 et 170 cm et +/- 29 kg entre 170

et 200. La répétition des mesures de TdP pour un même animal a permis d'établir une relation entre le TdP et l'âge pour les différentes générations, selon l'équation : TdP = x A²+y A+z, la valeur des coefficients x, y et z étant propre à chaque génération et type génétique (tableau 3).

Age type (mois)	PN	PJ	**PNJ**	**PJN**
3	99	110	**105**	**106**
6	120	127	**124**	**124**
12	157	156	**155**	**155**
15	173	167	**167**	**169**
R² (%)	97	90	95	95
Nb de mesures	28	18	237	296
Nb d'animaux	6	4	34	30
Coefficient X	-0,0788	-0,1038	-0,0997	-0,0827
Coefficient Y	7,5818	6,5818	6,9557	6,6873
Constante z	77,327	91,578	85,458	87,035

Tableau 3 Tour de poitrine des génisses vêlant à 25 mois

2.3. PERFORMANCES DE REPRODUCTION AMELIOREES

Le TRIA1 des croisées est de 56% pour les génisses et 55% pour les vaches avec une part de semences sexées élevée (75% sur génisses et 23% sur vaches). Il est supérieur à celui des vaches P pour la Bretagne (Reproscope 2018/19) et à celui des P de Trévarez au début du croisement (tableau 4). La part de vaches sans IA (non vues en chaleur) est passée de 27% entre 2016 et le printemps 2019, sur un troupeau P majoritaire, à 6% entre l'automne 2019 et 2021, avec 100% croisées. Le sens du croisement ne semble pas entrainer de différences (tableau 4). Le nombre plus faible d'IA peut être lié au groupage des vêlages.

2.4 PERFORMANCES DES VACHES LAITIERES

Le croisement entraîne en moyenne une baisse de production laitière (PL) en F1 et G2 sur les 305 premiers jours de lactation (tableau 5). Mais la moyenne par génération cache des disparités : les primipares PN ont une production similaire aux primipares P, alors que les PJ sont en deçà. Les TB et TP sont plus élevés, avec un avantage pour les PJ par rapport aux PN. Ces taux compensent la baisse de lait et permettent une quantité de matière utile (MU) produite supérieure ou égale aux P sur les 2 premières lactations, les PN étant supérieures aux PJ. Ces tendances semblent similaires avec les G2, mais restent à confirmer avec plus d'effectifs. La variabilité est moindre au sein des croisées que chez les P. Les croisées ont en moyenne des poids inférieurs aux P, mais avec les PJ très en deçà des P, et des PN avec des poids supérieurs et égaux aux P.

2.5. IMPACT SUR LES PRODUITS LAIT ET VIANDE

Le produit lait des F1 est supérieur à celui des P de 117 € sur 305 jours de lactation en 1ère lactation puis similaire en 2ème et semble inférieur en 3ème lactation. La moindre PL est compensée par une plus-value taux importante : + 70 € en moyenne pour les F1 en 1ère lactation par rapport à + 19 € pour les P (72 € contre 12 € en 2ème lactation et 82 € contre 16 € en 3ème lactation). Les taux plus élevés des PJ permettent une plus-value plus importante que pour les PN, Les PN compensent cependant par une PL plus élevée entraînant un meilleur produit lait.

Comparativement au troupeau P conventionnel de la ferme, sur la même période et le même marchand de veaux, les veaux croisés lait vendus à 3 semaines sont en moyenne moins bien valorisés que des veaux P (64 € contre 91 €). De même pour les croisés viande : 106 € pour ceux issus des croisées lait contre 230 € pour ceux issus de P (tableau 6). En moyenne, les réformes F1 ont un produit viande similaire aux P vendues en AB malgré un âge à l'abattage plus jeune du fait de leur réforme forcée pour intégrer les G2 dans le troupeau (tableau 7). On observe une grande disparité entre types génétiques, avec un prix de valorisation allant pour les extrêmes de 439 € (pour une PJ) à 1 756 € (pour une PN), notamment par une meilleure conformation des PN (certains animaux valorisés en R ou O) et un meilleur engraissement.

Veaux vendus à 3 semaines de 2016 à 2021	Troupeau AB (croisés lait)		Troupeau conventionnel (P)	
	n	€/veau	n	€/veau
Toutes races	124	91	376	126
dont père race lait	52	64	271	91
dont père race viande	45	106	96	230

Tableau 6 Prix moyen des veaux vendus à Trévarez

Type racial	P	PJ	PN
Effectifs	49	10	11
Age (années)	5,0	3,6	4,0
Poids carcasse (kg)	300	229	341
Prix au kg (€)	3,2	3,1	3,5
Prix animal (€)	984	723	1.211
% EUROP = P	98	100	82
Etat d'engraissement	2,3	2,6	2,9

Tableau 7 Valorisation des vaches de réformes

3. DISCUSSION ET CONCLUSION

Les 7 premières années de mise en œuvre du croisement 3 voies sur le troupeau de Trévarez ont permis de préciser certains éléments à destination des éleveurs : la conception du plan d'accouplement nécessite d'intégrer la difficulté de gestion des stocks d'IA croisées quand les taureaux choisis sont issus de doses commandées (report à utiliser). La plupart des taureaux utilisés étant issus de sélection génomique, il est préférable d'en choisir plusieurs dans chaque race. Il n'est pas toujours possible d'utiliser le même taureau en sexé et en conventionnel par manque de disponibilité des semences. Quand plusieurs sens de croisement sont utilisés, il convient de garder la trace de la race des parents sur 3 générations.

En termes de résultats, le croisement avec une race plus tardive comme la N ne remet pas en cause le vêlage précoce. En revanche, l'hétérogénéité des animaux implique un système de mesure pour inséminer au bon moment sans perdre de temps ou réajuster l'alimentation. Utiliser la moyenne des races parentales pour définir le poids objectif à l'IA pour un vêlage précoce semble un bon repère. Cette étude complète les références de poids de génisses croisées avec d'autres races, la variabilité des poids de chaque génération étant conforme à celle observée par Duval et al. (2020). Les mesures de TdP permettent d'apporter des premières références pour des génisses croisées et compléter ainsi les références existant déjà en races pures (Porhiel et al., 2005 ; Houssin et al., 2012 ; Brunschwig et al. 2013). Ces données méritent cependant d'être confirmées sur d'autres élevages avec des effectifs plus importants. La conversion des TdP en poids reste hasardeuse, les écart-types de poids en fonction du TdP étant du même ordre de grandeur pour les croisées que ceux trouvés pour la race N (Houssin et al., 2012). Les poids moyens de la 3ème lactation et plus permettront de valider que les objectifs de poids à l'IA correspondent à 60 % du poids adulte, comme recommandé par Troccon et al. (1993). Heins et al. (2006) concluaient à une amélioration des conditions de vêlage et de la mortinatalité sur un croisement PN avec la rouge scandinave, ce qui n'a pas été observé ici. Les performances de reproduction des croisées semblent améliorées par rapport aux P du troupeau. L'amélioration de 10 points du taux de réussite en IA1 est conforme à d'autres études sur d'autres types de croisement (Hazel et al., 2020 et Heins et al., 2006) mais restent proches des performances moyennes de P de la région, sans doute à cause de l'utilisation de semences sexées pour limiter le nombre de veaux sans débouchés, et à une alimentation hivernale non optimisée.

Le faible nombre de lactations de F1 adultes et de lactations de G2 terminées, et la confusion avec l'effet année, ne permettent pas de conclure. La baisse de lait et l'augmentation des taux est conforme aux conclusions de Hazel et al. (2020), avec une amplitude qui dépend du choix des races utilisées. Les effets vont dans le même sens que

les simulations de Dezetter et al. (2020), mais avec un effet qui semble moins négatif sur le lait et plus fort sur les taux.
L'expérimentation à Trévarez semble montrer un effet de la saison, avec au pâturage des croisées qui présentent une production similaire aux P (Cloet, 2022), alors qu'en hiver, avec une conduite alimentaire maximisant l'autonomie, la production des croisées semble plus faible. Aussi, un avantage semble se dessiner pour les PN par rapport aux PJ, au niveau des performances laitières, ainsi que pour le produit viande, ce qui pourrait leur permettre un meilleur produit atelier que les P. Ce qui rejoint les conclusions de Dezetter et al. (2020) qui trouvait un impact positif pour les PN et négatif pour les PJ dans le système extensif, par rapport aux P. Ces tendances restent à confirmer sur les prochaines lactations et les G2, afin de conclure sur le sens du croisement à privilégier ou pas.
Enfin, l'augmentation forte des taux quand les F1 entrent en production nécessite d'adapter le plan lacté pour les veaux (diminution des quantités de lait).
Cette étude sera poursuivie sur les générations suivantes afin d'étudier l'impact sur la longévité des animaux. L'impact économique pourra alors être approfondi.

Nous remercions l'équipe de Trévarez pour la qualité du travail réalisé, ainsi qu'Evolution pour sa participation.

Bougouin M., Le Mezec P., 2010. Renc. Rech. Ruminants, 17, 464.
Brunschwig P., Ogereau J., Gaudilliere N., Bart P-Y., 2013. Renc. Rech. Ruminants, 20, 119.
Cloet E., 2022, Terra, 14 janvier 2022, 25
Dezetter C., Person S., Philippe M., Boittin J.C., Bareille N., 2020. Renc. Rech. Ruminants, 25, 432-436
Dominique S., 2020, Le croisement laitier 2020, 16 p, Idele.
Duval M., Le Cozler Y., Chergelegue F., Novak S., 2020. Renc. Rech. Ruminants, 25, 583
Freyer G., Konig S., Fischer B., Bergfeld U., Cassell B.G., 2008.
J. Dairy Sci., 91, 3725-3743.
GenAB, 2017. Disponible sur https://www.produire-bio.fr
Heins B.J., Hansen L.B., Seykora A.J., 2006. J. Dairy Sci., 89, 2805-2810, 4944-4951 et 2799-2804
Hazel A.R., Heins B.J., Seykora A.J., Hansen L.B., 2014. J.Dairy Sci.97, 2512-2525
Hazel A.R., Heins B.J., Hansen L.B.2020. J.Dairy Sci.103, 8683-8697,et 10917-10939
Houssin B., Hardy A., Quesnel C., 2012. Renc. Rech. Ruminants, 19, 300
Idele, 2021. Résultats de contrôle laitier France 2021
Pailler I., Jégat P., Trou G., Briend A., Pape C., 2017. Terra, 10 novembre 2017, 23-29
La Jersiaise, 2013. Disponible sur http://www.lajersiaise.fr
Le Mezec P., 2012. Le croisement laitier en France. 2p., Doc, satellite 3R Genesys, Idele-INRAE-FCEL. Disponible sur https://idele.fr
Porhiel JY., Brunschwig P., Jegou V., 2005. Renc. Rech. Ruminants, 12, 346
Reproscope 2018/2019. Disponible sur http:www.reproscope.fr
Sicot et al., 2013. Réussir l'élevage des génisses laitières, de la naissance au vêlage, guide pratique, 75 p., Chambre régionale d'agriculture des Pays de la Loire
Swan AA. & Kinghorn BP., 1992. J. Dairy Sci 75:624-639
Troccon J.L., Daburon E., Gallard Y., Muller A., 1993. INRA Productions Animales.,6,345-356
Verrier E., Le Mezec, P., Boichard, D., Mattalia, S., 2010. Bulletin de l'Académie vétérinaire de France, 163, 73-81.

En kg	PN (n=35)		P J (n=30)		PN J (n=33)		PJ N (n=29)	
Age (mois)	Poids vifs	Objectif	Poids vifs	Objectif	Poids vifs	Objectif	Poids vifs	Objectif
0	41 (+/-5)	45	34 (+/-9)	33	34 (+/-6)	35	35 (+/-9)	41
3,4 (sevrage)	118 (+/-19)		98 (+/-16)		101 (+/-15)		103 (+/-14)	
6	192 (+/-43)	210	155 (+/-32)	163	162 (+/-20)	167	167 (+/-19)	190
12	312 (+/-46)		273 (+/-38)		285 (+/-35)		292 (+/-32)	
15 (obj de poids min à l'IA)	364 (+/-41)	400 (>380)	318 (+/-47)	333 (>305)	349 (+/-33)	342 (>305)	371 (+/-24)	374 (>345)
Croissance moyenne (g/j)	710	780	626	659	692	751	738	731
Age au vêlage (mois)	25,3		25,3		23,9		24,4	

Tableau 2 Croissance moyenne (+/- écart type) des génisses de 0 à 15 mois, selon le sens de croisement et la génération

	PN	PJ	PJN	PNJ	**Moy croisées**	BZH croisées	**Moy P**	BZH P
Nb de génisses inséminées	35	31	29	29	**124**		**23**	
TRIA1 génisses	51	55	55	62	**56**	64	**43**	59
Nb IA / GL inséminées.	1,5	1,4	1,5	1.4	**1,5**	1,6	**2,3**	1,7
% gestantes / inséminées	77	94	90	97	**89**		**87**	
Nb de vaches inséminées	46	41	20	21	**128**		**91**	
TRIA1 vaches	57	56	45	62	**55**	53	**33**	45
Nb IA / VL inséminées	1,3	1.5	1.4	1.3	**1,4**	1,9	**1,6**	2,2
% gestantes / inséminées	89	83	75	81	84		**73**	

Tableau 4 Résultats de reproduction par type génétique & référence Reproscope 2018/2019 pour la Bretagne (BZH)

Sur 305 jours		Effectifs	PL (kg)		TB (g/kg)		TP (g/kg)		MU (kg)		Produit lait (€)		Poids (kg)
			Moy	ET	Moy	ET	Moy	ET	Moy	ET	Moy	ET	Moy
1ère lactation	P	57	4 122	765	40,7	3,0	30,3	1,8	294	56	1 911	362	554
	F1	48	3 974	662	46,8	3,7	33,0	1,6	318	49	2 028	317	510
	Dont PJ	26	3 813	573	48,4	3,7	32,9	1,6	311	50	1 975	312	457
	PN	22	4 165	721	45,0	3,0	33,1	1,6	326	49	2 090	322	574
	G2	26	3 464	594	47.7	3,3	33,5	1,7	282	48	1 794	256	457
2ème lactation	P	54	5 894	940	39,3	2,7	30,2	1,7	411	68	2 685	442	616
	F1	35	5 248	638	46,3	4,7	33,4	1,7	418	44	2 673	273	553
	Dont PJ	17	4 961	638	49,2	4,1	34,0	1,8	396	54	2 624	342	493
	PN	18	5 519	521	43,5	3,3	32,9	1,5	424	32	2 718	207	614
3ème lactation et +	P	38	6 143	1 024	40,0	2,7	30,2	1,5	434	77	2 817	491	640
	F1	14	5 283	1 246	47,8	5,7	33,7	1,7	427	87	2 716	525	600

Tableau 5 Performances des vaches laitières moyennes (moy) et écart type (ET)

Evaluation du fonctionnement, des performances et de l'efficience alimentaire de deux systèmes de polyculture-élevage : premiers enseignements de la diversification en systèmes autonomes

PUECH T. (1), STARK F. (2)
(1) ASTER, INRAE, 88500 Mirecourt, France.
(2) SELMET, Institut Agro Montpellier, Université Montpellier, INRAE, CIRAD, 34060 Montpellier, France

RESUME
Les systèmes de polyculture-élevage sont des pistes à explorer dans le cadre de la transition agroécologique depart les processus écologiques qu'ils mobilisent (autonomie, diversité, intégration). L'objectif de ce travail est d'évaluer le métabolisme azoté et les performances de production de deux systèmes de polyculture-élevage, issus d'une expérimentation système autonome en agriculture biologique depuis plus de quinze ans. La première expérimentation visait la conduite de systèmes à dominance « bovin lait », alors que la seconde est fortement diversifiée et vise un usage direct des sols pour l'alimentation humaine pour limiter les concurrences feed/food. Nos résultats montrent (i) que dans les deux cas, l'efficience « système » est supérieure à l'efficience de chaque composante de production et (ii) que du point de vue de la production de denrées alimentaires, si le système diversifié est moins productif que le système à dominance laitière, il est toutefois plus efficient dans la valorisation des ressources.

Assessment of the functioning, performances and food efficiency of two mixed crop-livestock systems: first results of diversification into self-sufficient systems

PUECH T. (1), STARK F. (2)
(1) ASTER, INRAE, 88500 Mirecourt, France.

SUMMARY
Mixed farming systems are of interest in the search of sustainability because of their ecological process (self-sufficiency, diversity, crop-livestock integration). The issue of their paper is to assess nitrogen metabolism and biotechnical performances of two crop-livestock systems from a whole-farm experimentation. This system are conducted in a self-sufficient logic and in organic farming for about fifteen years. The two configurations differed both in their type of production (dairy system versus diversified system) and in their strategies (striving for self-sufficiency versus maximizing food crop outputs). Our results show that in both cases, efficiency at farm system scale is higher than efficiency of each production component. We show also that the configuration geared to maximizing food production is the less productive of the two but is the more efficient in the use of resources.

INTRODUCTION

Durant la seconde moitié du XX^{ème} siècle, la spécialisation des systèmes agricoles européens a entrainé une progressive déconnexion entre (i) productions végétales et animales et (ii) systèmes agricoles et systèmes alimentaires. Cette spécialisation a entrainé une dépendance accrue des agrosystèmes aux intrants (fertilisants minéraux, produits phytosanitaires, alimentation animale). Ces développements ont eu des conséquences sur l'environnement (pollution de l'eau, érosion de la biodiversité) et sur les systèmes agricoles (Therond et al., 2017). Les systèmes basés sur les principes de l'agro-écologie (diversité biologique, intégration cultures-élevage, régulations biologiques…) font ainsi partie des pistes à explorer pour améliorer leur durabilité (Gliessman, 2004). Dans cet article, nous nous appuyons sur l'hypothèse que les systèmes mixtes cultures-élevages présentent des propriétés d'intérêt (autonomie, productivité, efficience…) par les processus biologiques qu'ils mobilisent (Bonaudo et al., 2014). Pour autant, la capacité de ces systèmes à produire des denrées alimentaires n'a été que peu traitée dans la littérature et mérite d'être approfondie. En effet, la question de l'intégration cultures-élevages et du recyclage des nutriments questionne l'allocation qui est faite des ressources (alimentation humaine / animale) et par conséquent de « l'équilibre » notamment du point de vue de la finalité des ressources intermédiaires à destination de l'alimentation animale (Mottet *et al.*, 2017).
D'un point de vue méthodologique, l'analyse des systèmes agricoles a fait l'objet de nombreux développements, en particulier du point de vue de leur durabilité, mais ces approches rendent généralement peu intelligibles le fonctionnement et la complexité des agrosystèmes. L'objectif de cet article est de rendre compte du métabolisme (i.e. l'organisation et l'intensité des flux de matière y circulant) et des performances biotechniques et alimentaires (au sens alimentation humaine) de deux agrosystèmes conduits à l'échelle ferme entière, le premier caractérisé par un système de polyculture-élevage autonome orienté « bovin-lait », alors que le second, très diversifié, visant un usage direct des terres pour l'alimentation humaine.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. DEUX EXPERIMENTATIONS « SYSTEME »

Ce travail s'appuie sur une expérimentation système conduite sur l'Installation Expérimentale (IE) INRAE ASTER à Mirecourt, France. Cette ferme expérimentale est composée de 135 ha de prairies permanentes et 106 ha de terres labourables sur des sols à dominance argileuse avec un climat de type semi-continental. Les expérimentations dites « système » visent à concevoir et mettre en œuvre des systèmes cohérents, selon une démarche « pas à pas » permettant une amélioration continue basée sur l'expérience acquise en cours d'expérimentation. Deux configurations de système, mises en œuvre au cours de ces quinze dernières années, ont servi de support à ce travail. Ces deux configurations ont intégralement été conduites selon le cahier des charges de l'agriculture biologique.
La première configuration correspond à un système orienté vers la production bovin lait (qualifié par la suite de « système laitier »).

Cette configuration a été conduite entre 2006 et 2015, est dominée par la production de lait (env. 100 vaches laitières et leur suite) bien qu'une partie des céréales produites sont destinées à l'alimentation humaine (blé meunier et seigle ; les autres céréales et méteils sont autoconsommés par les bovins). Ce système correspond au regroupement des deux systèmes décrits par Coquil *et al.*, 2009. Ce système est conduit dans l'objectif de recherche d'autonomie : pas d'achat d'animaux, ni de fourrages ou de matières organiques fertilisantes sur la période d'étude (les effectifs animaux sont adaptés aux fourrages disponibles).

La configuration « diversifiée » est conçue depuis 2016 sur la même ferme (Coquil *et al.*, 2019). Elle s'appuie sur un unique système fondé sur des logiques d'autonomie et de diversification des productions animales et végétales. Ce système privilégie un usage direct des terres pour l'alimentation humaine : toutes les cultures annuelles sont strictement destinées à l'alimentation humaine avec une vingtaine d'espèces annuelles cultivées. Les conduites d'élevage des bovins ont évolué (vêlage de printemps, monotraite, croisement de races, élevage des génisses sous vaches nourrices) pour lever certaines difficultés vécues sur les troupeaux précédents, libérer de la surface et du temps de travail à destination de la diversification. Une troupe d'environ 120 brebis allaitantes a été introduite à l'automne 2017 en complément du troupeau laitier (pâturage simultané vaches laitières – brebis suitées au printemps, croisement de races, herbivorie stricte, plein air intégral). De la même façon, une troupe de porcs à l'engraissement en plein air intégral sur une parcelle de luzerne-graminées a été introduit en 2017 pour valoriser l'ensemble des productions non commercialisables en alimentation humaine produites sur le système (issues de tri des cultures annuelles, lait non commercialisable…).

1.2. MODELISATION DU METABOLISME DES SYSTEMES

Dans le cadre de ce travail, nous mobilisons la notion de métabolisme appliqué à des systèmes agricoles (Madelrieux *et al.*, 2017) et qui consiste à quantifier la nature et l'intensité des flux de nutriments entre les différentes composantes des systèmes sur un pas de temps annuel (par exemple : les flux de matières liés au pâturage des bovins sur les prairies permanentes). Les deux systèmes sont représentés sur la base d'un même formalisme, basé sur le système le plus diversifié de manière à pouvoir comparer certains indicateurs (voir 1.3). De ce fait, les systèmes sont représentés selon 5 composantes productives (bovins laitiers, ovins allaitants, porcs, prairies permanentes et terres labourables), complétées par 3 composantes de stockage (fourrages grossiers, effluents d'élevage, concentrés fermiers).

Dans ce cadre, nous étudions le métabolisme azoté des systèmes compte tenu que l'azote est couramment utilisé pour étudier le métabolisme des systèmes agricoles et alimentaires (Garnier et al., 2016 ; Billen et al., 2021), qu'il permet de représenter conjointement le métabolisme des systèmes de cultures et d'élevage et qu'il représente un proxy d'intérêt en matière d'alimentation humaine (protéines), au cœur de débats sur l'origine des protéines alimentaires en particulier du point de vue des concurrences d'usage des sols agricoles pour l'alimentation humaine versus animale (Solagro, 2016 ; Gliessman, 2006) et un des principaux facteurs limitants en système biologique (Barbieri *et al.*, 2021).

Le métabolisme des systèmes est caractérisé à partir du système d'information rattaché au dispositif expérimental (Trommenschlager and Gaujour, 2010). Compte tenu des informations disponibles, il est caractérisé sur les années 2011-2015 pour le système laitier et des années 2018-2020 sur le système diversifié (les années 2016 et 2017 ont été retirées en l'absence du troupeau ovin). Les flux de matière sont exprimés en azote et calculés (i) par le traçage systématique dans les systèmes d'information des flux physiques (épandages organiques, effectifs pâturants, produits vendus) et les analyses associées (par ex. analyses d'effluents d'élevage, teneur en matières utiles du lait) et (ii) par une estimation de la fixation symbiotique (Anglade *et al.*, 2015), des pertes par lixiviation (Anglade, 2015) ou volatilisation (Peyraud *et al.*, 2012).
Les données utilisées dans cet article sont disponibles (Puech, 2021).

1.3. PERFORMANTES AGRO-ECOLOGIQUES ET ALIMENTAIRES

Nous mobilisons le cadre conceptuel de l'Ecological Network Analysis (ENA – Latham, 2006). L'ENA a été initialement développée en écologie pour étudier le fonctionnement d'écosystèmes et les propriétés associées à des configurations plus ou moins complexes (Ulanowicz *et al.*, 2009). Ces approches ont récemment été remobilisées en agronomie-zootechnie système pour étudier le fonctionnement et les performances d'agrosystèmes diversifiés (Rufino *et al.*, 2009a, Stark *et al.*, 2016; Steinmetz *et al.*, 2021). Ce cadre conceptuel permet d'évaluer :

- L'activité du système définie comme l'ensemble des flux circulants dans le système (Total System Throuhflows - TST),
- L'intensité des flux internes (Total internal Throughflows - TT), correspondant aux flux circulants au sein du système,
- L'organisation du réseau de flux (Realized Uncertainty = AMI/Hr) à partir de sa configuration et de la distribution du réseau (voir Rufino *et al.*, 2009b pour des applications simples).

D'un point de vue agronomique, nous proposons de compléter ces descripteurs avec trois indicateurs permettant de caractériser les propriétés des systèmes pour produire des denrées alimentaires i.e. valorisables en alimentation humaine :

- La productivité P à l'échelle système défini par la production totale de denrées alimentaires par unité de surface agricole utile.
- Le Nitrogen Use Efficiency est classiquement utilisé en agronomie (NUE - Godinot *et al.*, 2014) pour évaluer l'efficience d'un système, nous proposons de l'adapter pour rendre compte de l'efficience du système pour produire des denrées pour l'alimentation humaine en définissant l'efficience de conversion alimentaire (Food Conversion Efficiency - FCE) défini par la part alimentaire de la NUE (calculé à l'échelle système et de chaque composante, soit l'ensemble des productions valorisables en alimentation humaine rapporté aux intrants mobilisées).
- Un second indicateur d'efficience qualifié d'efficience de production alimentaire (Food Production Efficiency - FPE), calculé à l'échelle système, il est défini par l'ensemble des productions alimentaires ramené à la production primaire consommée durant le processus de production.

En effet, si le FCE permet de rendre compte de la capacité d'un système à convertir des ressources en denrées alimentaires, il ne permet pas d'intégrer le contexte dans lequel évolue le système. Or nous faisons l'hypothèse (i) que le potentiel agronomique d'un milieu est dynamique : il dépend des conditions climatiques pour son processus de production (particulièrement dans des systèmes herbagers autonomes ayant peu recours à des intrants exogènes type fertilisants ou irrigation) et (ii) que la production primaire (issu de la photosynthèse des prairies et des cultures annuelles) est un proxy permettant de rendre compte des dynamiques interannuelles de ces conditions de milieu (Dardonville *et al.*, 2020). Cet indicateur permet en particulier de comparer des configurations conduites de manière asynchrones ayant bénéficié de conditions météorologiques différentes pour leur processus de production et la construction de leurs performances alimentaires.

2. RESULTATS

2.1. METABOLISME DES CONFIGURATIONS ETUDIEES

Du fait d'une priorisation de l'usage des terres labourables exclusivement à destination de l'alimentation humaine dans le système diversifié, les surfaces fourragères ont été réduites de 19 % (213 ha dans le système laitier, 173 ha dans le système diversifié). Avec un chargement animal identique entre les deux systèmes (0.8 UGB/ha fourragers), les effectifs animaux sont inférieurs dans le système diversifié (123 UGB bovins, 9 UGB ovins, 3 UGB porcs) que dans le système laitier (171 UGB bovins). La Figure 1 montre une diminution des ventes de produits bovins (lait et viande, - 36 %) liés à une baisse d'effectifs, un régime en herbivorie stricte sur l'ensemble du troupeau bovin et au passage en monotraite (- 35 % de lait produit par vache, en volume). Cette diminution des ventes de produits animaux s'est accompagnée d'une augmentation des productions végétales commercialisées pour le système diversifié (+ 40 %). La figure 1 montre que les productions de diversification ont entrainé une évolution relativement marginale du métabolisme entre les deux configurations (le troupeau bovin reste majoritaire dans le système diversifié) ; la configuration du réseau de flux est relativement similaire entre les deux configurations (AMI/Hr = 0.5) et intermédiaire entre des systèmes peu diversifiés et hétérogènes (AMI/Hr = 1) et des systèmes très diversifiés et relativement homogènes (AMI/Hr = 0, Stark *et al.*, 2018). L'activité totale du système diversifié (TST=213.8 kgN/ha) est réduite de 27% par rapport au système spécialisé (TST=291.7 kgN/ha). De la même façon, l'activité interne du système diversifié (TT=161.9 kgN/ha) est inférieure de 29 % au système laitier. Ces différences s'expliquent d'une part par une diminution des effectifs animaux (donc moins de flux d'intégration cultures-élevages liés aux fourrages et aux effluents), et d'autre part par une baisse de la production primaire des prairies (- 33 % entre 2018-2020 par rapport à la période 2011-2015). Il nous semble que le principal facteur explicatif de cette baisse de production est un creusement du déficit hydrique estival (+ 140 % entre avril et octobre) sur les années d'étude du système diversifié (- 346 mm) par rapport au système laitier (- 143 mm).

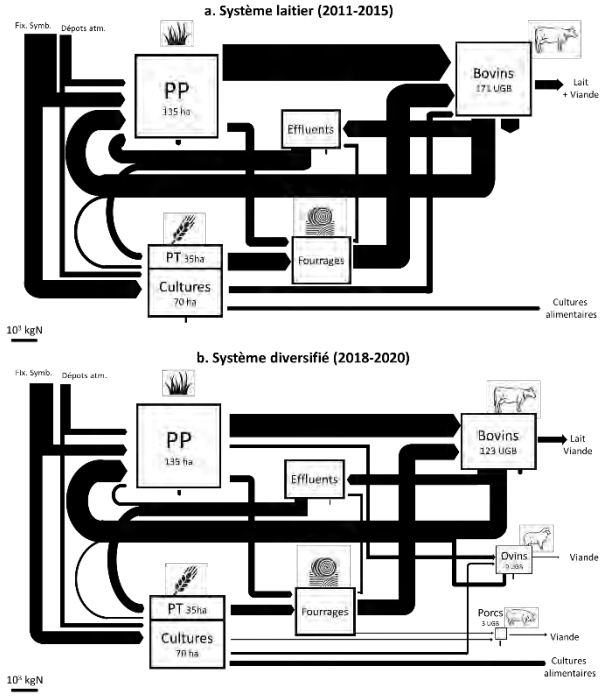


Figure 1 : Caractérisation du métabolisme azoté des configurations laitière (a) et diversifiée (b). PP : Prairies permanentes, PT : prairies temporaires

La figure 1 montre également que par les choix initiaux, le niveau d'autonomie des deux configurations est supérieur à 75% (78% pour le système laitier, 76% pour le système diversifié) : moins d'un quart de l'activité des configurations est liée à des importations de nutriments. Par ailleurs, on montre que les nutriments introduits dans le système sont exclusivement d'origine renouvelable (70% issu de la fixation symbiotique, 30% issu des dépôt atmosphériques).

Si les deux configurations se différencient peu du point de vue de la part de fourrages prélevés directement au pâturage (66%), la part des fourrages grossiers est plus conséquente dans le système diversifié (87%, du fait notamment de l'herbivorie stricte des herbivores) que dans le système laitier (79%). On note également, du point de vue de la production de fourrages grossiers, que le système laitier est globalement excédentaire sur la période étudiée (+7%), contrairement au second, déficitaire (-10%).

2.2. PERFORMANCES BIOTECHNIQUES ET ALIMENTAIRES

Du point de vue de la productivité (qui n'inclut que les ventes de denrées alimentaires et animaux car aucun produit non alimentaire type fumure ou fourrage n'est exporté du système), nous observons que la productivité du système diversifié est plus faible (P=15.4 kgN/ha) que celle du système laitier (P=18.3 kgN/ha). La part des protéines animales exportées a été réduite de 74% pour le système laitier à 57% pour le système diversifié, du fait de la stratégie de diversification végétale à visée alimentation humaine, de la réduction des effectifs animaux et de la production des vaches laitières (monotraite).

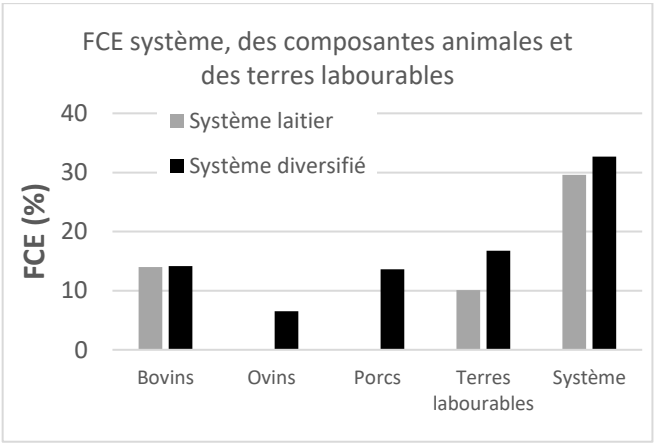


Figure 2 : Efficience de conversion alimentaire des systèmes et de leurs composantes. Les prairies permanentes et les compartiments de stockage (effluents, fourrages) ne produisent pas de food products, l'ECA de ces composantes est nulle pour les deux systèmes, ils ne sont pas représentés sur la figure.

Du point de vue de l'efficience de conversion alimentaire, la figure 2 présente deux résultats majeurs de ce travail. D'une part, nous montrons que dans les deux cas, l'efficience « système » est supérieure à l'efficience de chacune des composantes pour produire des denrées pour l'alimentation humaine. Cela traduit d'une part le rôle des animaux pour valoriser des ressources non valorisables en alimentation humaine (prairies) et d'autre part que la recherche de complémentarités fonctionnelles entre les composantes des deux configurations permet d'accroitre l'efficience globale du système (d'autant plus que le système est autonome). Par ailleurs, si l'efficience de conversion alimentaire des terres labourables du système diversifié est directement liée aux choix de viser un usage direct pour l'alimentation humaine (47% des productions annuelles sous forme de grains valorisés en alimentation humaine dans le système laitier – principalement du blé meunier, 90% dans le système diversifié), on observe par ailleurs que la FCE du troupeau bovin est peu différente entre les deux systèmes : la diminution de la production laitière lié au passage à la monotraite dans le système diversifié est en grande partie compensée par (i) une meilleure efficience du régime alimentaire (herbivorie stricte), (ii) une augmentation des taux de matière utile et en particulier

protéiques (TP) des laits (TP : 35.7g/kg) par rapport au système laitier (TP=32.9g/kg) et (iii) une diminution des effectifs bovins improductifs liés pour partie à une avancée des vêlages de 36 mois dans le système laitier à 24 mois lié à l'élevage sous vaches nourrices (voir la communication de Puech et Brunet dans ce congrès). Enfin, on montre ici que le système diversifié (FCE=32.7 %) est, sur la période d'étude, plus efficient que le système laitier (FCE=29.6 %) pour produire des denrées alimentaires au regard des intrants mobilisés.
De la même façon, nous montrons que l'efficience de production alimentaire du système diversifié (FPE=19.8 %) est supérieure à celle du système laitier (FPE=17.4 %). Cette différence traduit une meilleure efficience du système diversifié pour valoriser la production primaire du système permise par les conditions singulières de milieu des 3 années d'étude au regard de la période étudiée pour le système laitier.

3. DISCUSSION

3.1. ANALYSER LES RELATIONS ENTRE PROPRIETES DES SYSTEMES

Nous mettons en avant l'intérêt de développer des indicateurs vis-à-vis des performances des agrosystèmes à produire des denrées alimentaires (alimentation humaine). Ces travaux peuvent alimenter le débat sur l'usage des sols et le rôle des productions animales dans les agrosystèmes (Mottet *et al.*, 2017). En particulier dans le cas du système diversifié, nous considérons qu'il n'y a pas de concurrences dans l'usage des sols entre alimentation humaine et alimentation animale (Laisse *et al.*, 2018), considérant (i) que les productions déclassées pour cause de qualité (issues de tri des cultures, lait à comptages cellulaires élevés…) ne sont pas valorisables en alimentation humaine, (ii) que les prairies temporaires jouent un rôle essentiel dans le maintien de la fertilité et la maitrise des adventices en système biologique autonome et par conséquent ne sont pas exclusivement substituables par des cultures annuelles et (iii) que les prairies permanentes ne peuvent pas être labourées compte tenu de la nature très argileuse et souvent peu profonde des sols, les rendant difficilement labourables.
Nous montrons dans ce travail que si le système laitier est plus productif que le système diversifié du point de vue de la production de denrées pour l'alimentation humaine par unité de surface, ce dernier est plus efficient dans l'utilisation des ressources, notamment à travers un bouclage des cycles et une organisation des chaines trophiques plus efficientes (herbivorie stricte des ruminants, cultures alimentaires destinées l'alimentation humaine). De la même façon qu'Ulanowicz *et al.* (2009) montrent l'existence de compromis entre certaines propriétés émergentes dans des écosystèmes, ces résultats suggèrent qu'il existe une tension entre propriétés en système autonome (productivité, efficience). Toutefois, les trois années d'étude du système diversifié ont été marquées par un régime hydrique estival de sécheresse : l'analyse des propriétés des systèmes, en particulier vis-à-vis de leur capacité à produire des denrées alimentaires dans une gamme plus variée de conditions de milieu permettrait de monter en généricité sur les résultats observés.

3.2. ANALYSER LES DYNAMIQUES DE TRANSITION

En effet, une partie des performances biotechniques et alimentaires du système diversifié ont été acquises à partir de ressources produites antérieurement à la période d'étude (en particulier du point de vue de la production fourragère où le système est déficitaire de 10% sur la période étudiée). Par conséquent, en système autonome, particulièrement dépendant des conditions de milieu pour leur métabolisme, le stockage de nutriments (par exemple sous forme de fourrages) est un levier majeur dans la régulation pluriannuelle du métabolisme et des performances des systèmes diversifiés pour limiter l'impact des conditions de milieu et de leur variabilité. Ce levier est d'autant plus important (i) que les composantes des systèmes diversifiés s'appuient sur des cycles biologiques hétérogènes de l'ordre de quelques mois à plusieurs années selon la nature des productions (Sabatier *et al.*, 2017) et (ii) que leurs inerties respectives ne permettent pas de valoriser la variabilité des conditions de milieu, d'autant que cette variabilité s'exprime conjointement à une échelle annuelle et pluriannuelle.
Nous proposons de prolonger ces travaux par une étude dynamique : les situations contrastées de ces dernières années (années humides 2016 et 2021, années sèches 2017 à 2020) constituent en ce sens des situations originales pour explorer les dynamiques des systèmes en transition agro-écologique. Les expérimentations « systèmes » pluriannuelles et leurs systèmes d'informations associés constituent en cela des situations exceptionnelles pour explorer des dynamiques difficilement accessibles en ferme commerciale généralement représentées par des fonctionnements et performances « moyennes » (Rufino *et al.*, 2009a; Stark *et al.*, 2018; Steinmetz *et al*., 2021).
Par ailleurs, si les transitions peuvent être étudiées sous l'angle du métabolisme et des performances des systèmes techniques, leur analyse sous l'angle des transformations des activités des acteurs présente un intérêt dans le cadre de la transition agro-écologique. Par exemple, dans le cas des systèmes expérimentés sur l'IE ASTER de Mirecourt, la diversification s'est faite avec une globale baisse d'effectifs du collectif technique. Outre les activités relevant de l'activité de production de connaissances scientifiques (relevés agronomiques – par ex relevés de flore spontanée, et zootechniques – par ex pesées et notations d'état corporels des animaux), le volume d'activités « agricoles » (soin des animaux, traite, conduite de cultures, fenaison…) a peu évolué entre les deux systèmes laitiers et diversifiés. En effet, Coquil *et al.* (2018a) estiment en 2015 à 11 300h le volume de travail agricole nécessaire sur le système laitier. Une analyse équivalente conduite en 2021 montre que le volume horaire de travail agricole s'élève à 10 700h annuelles (résultats non présentés dans cet article). Si cette approche « comptable » du travail agricole ne rend pas compte des évolutions des métiers, des compétences et des pratiques du collectif technique et plus généralement du travail dans le cadre de la transition agro-écologique (Coquil *et al.*, 2018b), elle montre toutefois que la diversification, à travers certains choix de système (monotraite, élevage des génisses sous nourrices, maximisation du pâturage) mis en place sur l'installation expérimentale, s'est faite sans augmentation majeure du volume de travail agricole. Ces dimensions restent toutefois largement à explorer.

CONCLUSION

Les systèmes diversifiés représentent une voie à explorer dans le cadre de la transition agro-écologique. A partir de l'étude du métabolisme et des performances alimentaires de deux systèmes autonomes conduits de manière asynchrone, nous montrons (i) que l'efficience « système » est supérieure à l'efficience de chacune de leurs composantes et (ii) que le système diversifié est moins productif mais plus efficient que le système laitier. Nous montrons enfin que les conditions de milieu et les processus biologiques jouent un rôle de premier ordre dans le métabolisme des systèmes biologiques autonomes et qu'il est nécessaire de les prendre en compte dans leur évaluation. L'analyse des relations entre propriétés émergentes (autonomie, productivité, efficience) et des dynamiques de transitions de ces systèmes reste encore à explorer.

Les auteurs remercient le relecteur anonyme pour ses commentaires sur une version antérieure de cet article, Catherine Mignolet pour ses suggestions et l'ensemble du collectif technique sur l'IE ASTER pour leur engagement et la qualité des données nécessaires à ce travail.

Anglade J, Billen G, *et al.*, 2015. Ecosphere 6, 37
Anglade J, 2015. These UMPC, Paris
Barbieri P, Pellerin S, *et al.*, 2021. Nat Food 2:363–372
Bonaudo, T, Burlamaqui Bendahan A, *et al.*, 2014. Europ. J. Agronomy, 57, 43–51.
Billen G, Aguilera E, *et al.*, 2021. One Earth 4 : 839-850
Coquil, X, Blouet, A, *et al.*, 2009. Inra Prod. Anim., 22 (3), 221-234
Coquil X, Franck C, *et al.*, 2018a. Fourrages, 235, 175-180
Coqui, X, Cerf M, *et al.*, **2018b**. Agron. Sustain. Dev., 38 : 47
Coquil X, Anglade J, *et al.*, 2019. Innovations Agronomiques, 72, 61-75
Dardonville M, Urruty N *et al.*, 2020. Agr. Systems, 184
Garnier J, Anglade J, *et al.*, 2016. Environmental Science & Policy 63:76–90.
Gliessman S, 2006. *In Agroecology: the ecology of sustainable food systems*, 269-285.
Gliessman S, 2004. *in: Diane & Francis (Eds.), Agronomy Monographs.* American Society of Agronomy, USA, pp. 19–29.
Godinot O, Carof M, *et al.*, 2014. Agr. Systems 127:41–52.
Laisse S, Baumont R, 2018. INRA Prod. Anim. 31 (3) 269-288
Latham LG, 2006. Ecological Modelling 192:586–600.
Madelrieux S, Buclet N, et al., 2017. Cah. Agric., 26, 24001
Mottet A, de Haan C, *et al.*, 2017. Global food security, 14, 1-8
Peyraud JL, Cellier P, 2012. EsCO INRA.
Puech T, 2021. Portail Data INRAE
Rufino M, Tittonell P, *et al.*, 2009a. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 85 (2)
Rufino M, Rowe E, *et al.*, 2009b. Agr. Ecosyst. Env. 112, 261-282
Sabatier R, Joly F, Hubert B, 2017. Agr. Systems 157, 146–156.
SOLAGRO, 2016. Afterres 2050
Stark F, Fanchone A, *et al.*, 2016. Eur. J. Agron., 80, 9–20
Stark F, Gonzales-Garcia E, *et al.*, 2018. Agron. Sustain. Dev., 38: 4
Steinmetz L, Veysset P, *et al.*, 2021. Agron. Sustain. Dev., 41:42
Therond O, Duru M, *et al.*, 2017., Agron. Sustain. Dev. 37.
Ulanowicz RE, Goerner SJ, *et al.*, 2009. Ecological Complexity 6:27–36.

SCOR³®, un outil destiné à (re)concevoir des systèmes de polyculture-élevage mieux intégrés

FLAMENT M. (1), RAMETTE C. (1), PERNEL J. (1), DELABY L. (2)

(1) Agro-Transfert Ressources et Territoires, 80200, Estrées-Mons.

(2) INRAE, l'Institut Agro, Physiologie, Environnement et Génétique pour l'Animal et les Systèmes d'Elevage, 35590 Saint Gilles.

RESUME - En région Hauts-de-France, a contrario de la dynamique de spécialisation des exploitations, certains agriculteurs visent une stratégie de polyculture-élevage plus intégrée entre ateliers d'élevage et végétaux. Le projet Complémentarités cultures-élevage a mis au point l'outil SCOR³® (Simulateur de Cohérence Ration-Rotation pour les Ruminants) pour appuyer la reconception de ces systèmes de production. L'outil accompagne l'utilisateur dans l'équilibrage du système en chiffrant les caractéristiques structurelles de l'atelier d'élevage à partir de la détermination de l'atelier cultures ou inversement. In fine, les sorties sont les productions animales et végétales du système de production. Les spécificités de l'outil sont : la détermination par l'utilisateur des périodes d'alimentation en conformité avec la temporalité des élevages et l'automatisation des calculs pour limiter le tâtonnement. Son utilisation s'étend du changement technique jusqu'à l'évolution du système de production.

SCOR³®, a tool to (re)design a more integrated crop and livestock systems

FLAMENT M. (1), RAMETTE C. (1), PERNEL J. (1), DELABY L. (2)

(1) Agro-Transfert Ressources et Territoires, 80200, Estrées-Mons.

SUMMARY - In the Hauts-de-France region, in contrast to specialisation dynamics of farms, some farmers aim at a more integrated strategy of mixed crop and livestock systems. The project « Complémentarités cultures-élevage » has developed SCOR3® (Ration-Crop rotation Simulator for Ruminants), a tool to support the redesign of these production systems. The tool assists users in balancing the system. It quantifies structural characteristics of livestock units from crops' and vice versa. Eventually, the outputs are animal and crop productions. The specificities of SCOR3® are: definition by users of feeding periods in accordance with temporality of livestocks and automation of calculations to limit round trips. Its use extends from technical change to the evolution of production system.

INTRODUCTION

La région des Hauts-de-France, région à fort potentiel agricole, a vu ses territoires historiquement orientés en polyculture-élevage se spécialiser, en grandes cultures et cultures industrielles. De 2010 à 2020, le nombre d'exploitations d'élevage a diminué de 30 %, contrairement aux exploitations en grandes cultures en hausse de 2 % (Agreste, 2021). L'élevage surtout laitier se concentre aujourd'hui principalement dans les boutonnières argileuses de la région (Boulonnais, Thiérache et Pays-de-Bray).

Le maintien de l'élevage et la diversité d'exploitations associées constitue un enjeu fort de territoire : (i) enjeu économique et social (en 2012, 4938 emplois étaient associés à la collecte et transformation du lait – Institut de l'élevage, 2016), (ii) enjeu environnemental (en 2015, 14 % des surfaces agricoles de la région étaient utilisées en prairie – Institut de l'élevage, 2016). Cette forte préoccupation pour l'avenir de l'élevage en région a fait naître le projet de recherche et développement territorial « Complémentarités cultures-élevage » (CCE - 2016 – 2020). La finalité du projet était de faire émerger des solutions de complémentarités individuelles ou collectives entre activités d'élevage et de cultures à destination des agriculteurs pour renforcer la performance et la résilience des élevages.

Du fait de ses surfaces en grandes cultures et cultures industrielles, la région des Hauts-de-France offre des opportunités de complémentarités originales entre cultures et élevage (consommation de pulpes de betterave ou de drèches de brasserie par les troupeaux, fertilisation des cultures par les effluents d'élevage…). Cependant, les liens entre cultures et élevage restent distendus, même au sein des systèmes de polyculture-élevage qui peuvent être qualifiés de poly-spécialisés (Perrot et al. 2011). Certains agriculteurs ne se satisfont pas de ce découplage (variabilité des charges, peu d'autonomie décisionnelle…) et souhaitent entamer une transition vers des systèmes de culture-élevage plus intégrés notamment à l'échelle de l'exploitation. En collaboration avec ces agriculteurs-pilotes, le projet Complémentarités cultures-élevage a mis au point une démarche d'accompagnement au changement en polyculture-élevage (Ramette et al, 2021).

1. DE L'EXPERIMENTATION D'UNE DEMARCHE D'ACCOMPAGNEMENT A LA CONSTRUCTION D'UN OUTIL D'AIDE A LA CONCEPTION

La démarche d'accompagnement conçue dans le cadre du projet CCE répond à deux objectifs opérationnels : (i) lever les freins au changement, (ii) aboutir à la mise en place de modes de production qui améliorent les performances des systèmes et répondent aux attentes des agriculteurs. Cette démarche inclut une méthode de conception participative, les ateliers de co-conception, qui s'apparente à la démarche de co-innovation décrit par Lacombe et al. (2018).

Lors de ces ateliers, un agriculteur se place en « agriculteur commanditaire ». Il présente sa situation et ses objectifs aux agriculteurs dits « consultants ». Les consultants vont ensuite concevoir et proposer au commanditaire un ou plusieurs nouveaux systèmes techniques. Les premiers ateliers ont permis i) de comprendre le cheminement choisi par les agriculteurs pour définir et atteindre les objectifs de la conception, ii) de tester des outils d'animation existants (PraiCoS, Mission EcoPhyto®, Rami Fourrager®).

Le cheminement agro-zootechnique des agriculteurs se distingue selon deux entrées : (i) la constitution du cheptel puis des rations (plus souvent empruntée par les agriculteurs à la « fibre élevage »), (ii) la constitution du cheptel puis de l'assolement (« fibre polyculture »). Face à la complexité du

système de polyculture-élevage (comprenant le cheptel, les rations, l'assolement, les rotations et les prairies permanentes), les agriculteurs consultants ont des difficultés à quantifier les conséquences fonctionnelles de leurs propositions et à vérifier l'atteinte des objectifs du commanditaire. La mobilisation d'outils existants a pour partie remédié à cette difficulté. Néanmoins, du fait des spécificités des enjeux associés à la méthode Coll'Innov, ces outils n'ont pas donné entière satisfaction aux agriculteurs concepteurs et animateurs. Les besoins exprimés comprenaient 1/ l'identification des agriculteurs aux systèmes simulés (périodes alimentaires de taille variable, ajustement des références de rendements, systèmes alimentaires et de culture diversifiés), 2/ la rapidité et la fluidité des simulations (forte réactivité entre le travail de conception des agriculteurs, la saisie dans l'outil et la fourniture des résultats par l'accompagnateur), 3/ la facilitation de l'appropriation des interactions entre les sous-systèmes (prendre en compte les impacts de changements d'un atelier sur l'autre, vérifier la cohérence d'ensemble).

Un 1er prototype d'outil d'aide à la conception a alors été conçu. Il a été étoffé au fil de 7 ateliers. Ce calculateur est associé à une série chronologique de questions afin de guider les agriculteurs dans leur raisonnement, tout en leur laissant le choix de la porte d'entrée. À la suite de cette expérience liminaire, Agro-Transfert RT et INRAE ont formalisé et développé l'outil SCOR^{3}® (Simulateur de Cohérence Ration-Rotation pour Ruminants) aujourd'hui disponible. Un module supplémentaire, à savoir la simulation de la création *ex nihilo* d'un atelier d'élevage dans une exploitation de polyculture a été ajouté.

2. SCOR^{3}® : UN SIMULATEUR DESTINE A CONCEVOIR DES SYSTEMES DE POLYCULTURE-ELEVAGE MIEUX INTEGRES

SCOR^{3}® permet d'aider en temps réel, à la conception et l'évaluation technique de nouveaux systèmes de production composés de systèmes d'élevage de ruminants et de cultures, en interaction dans une exploitation agricole. Ces interactions sous-entendent que : (i) toute modification des rations d'un troupeau impacte *in fine* les besoins en fourrages et les productions végétales vendues, (ii) à l'inverse un changement dans les surfaces en cultures impacte la production laitière ou de viande via la disponibilité en fourrages. Au-delà de ces interdépendances structurelles fortes, la production fourragère, notamment la production d'herbe, est variable et saisonnée tout comme les besoins de certaines catégories d'animaux. Ainsi SCOR^{3}® vérifie que le système conçu répond aux objectifs techniques souhaités et garde une cohérence globale (équilibre par saison des rations, satisfaction des besoins alimentaires du troupeau par tout ou partie des surfaces de la ferme, rotations et assolement cohérents). L'outil offre 3 clés d'entrée distinctes, correspondant aux 2 approches rencontrées lors des ateliers de conception et à l'introduction d'un atelier d'élevage. Les diverses voies d'accès cheminent via les rations, le bilan fourrager ou les rotations, grâce à 3 feuilles de calcul dédiées. Ces 3 cheminements sont détaillés en *Figure 1*.

2.1. DIMENSIONNEMENT ET CHOIX METHODOLOGIQUES

L'outil est conçu pour au plus : (i) deux sous-systèmes d'élevage (exemple : un système bovin lait et un système bovin viande naisseur-engraisseur), (ii) 4 périodes d'alimentation et de pâturage modulables en durée, (iii) 5 sous-systèmes de cultures (8 cultures et 8 dérobées par sous-système). Les rations peuvent comprendre jusqu'à 10 aliments (herbe pâturée, fourrages et concentrés).

Les références contenues dans l'outil portent sur les besoins alimentaires des animaux, les valeurs alimentaires des fourrages et concentrés, les réponses de productions animales, laitière et de viande, et la production herbagère. Elles proviennent de trois sources : (i) une sélection et des calculs à partir de l'ouvrage « Alimentation des bovins, ovins et caprins. Besoins des animaux – Valeurs des aliments. Tables Inra 2007 mise à jour 2010. Editions Quae », (ii) les réseaux régionaux de suivis de la croissance de l'herbe, (iii) une expertise interne INRAE et Agro-Transfert RT. Les besoins alimentaires des animaux ainsi que les productions ont été renseignés pour les bovins. L'outil propose 9 types de prairies, fonction du potentiel de rendement et de l'humidité du sol (exemples : prairie humide à bon potentiel de rendement, prairie séchante à faible potentiel de rendement). Les valeurs de production fourragère et la diversité des aliments ont été renseignées pour correspondre aux conditions des Hauts-de-France et peuvent être modifiés par l'utilisateur pour assurer plus de conformité territoriale ou pour modifier les contraintes évaluées.

La particularité majeure de SCOR^{3}® est la détermination des périodes d'alimentation et de pâturage, laissée à la discrétion des utilisateurs. Ainsi, un utilisateur peut choisir la durée et le nombre de périodes d'alimentation selon les modalités présentées au Tableau 1. De cette périodicité découle la possibilité ou pas de grouper les mises-bas. Les besoins des animaux et les productions d'herbe par période sont ensuite recalculés au regard de ces éléments périodiques.

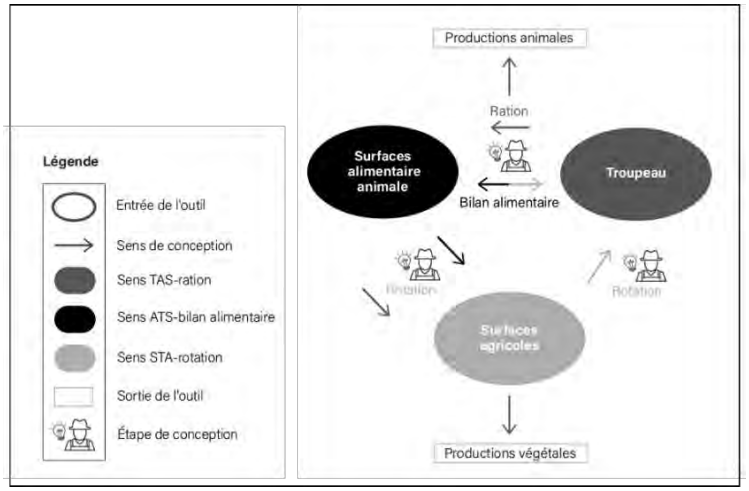


Figure 1 : Schéma de fonctionnement de l'outil SCOR[3]® présentant les trois sens de conception (T : troupeau, A : surfaces pour l'Alimentation animale, S : surfaces cultivées)

	Nombre de périodes	Durée des périodes	Exemple
A minima (lot principal)	2 périodes	60 jours	Hiver : 212 / Eté : 153
A maxima (lot principal)	4 périodes	305 jours	Hiver : 151 / Printemps : 61 / Eté : 92 / Automne : 61
Lots secondaires	≤ nombre de périodes lot principal	= lot principal OU ∑ lot principal	Hiver : 151 / Printemps : 61 / Eté : 153

Tableau 1 : Modalités des périodes d'alimentation et pâturage de l'outil SCOR[3]®

2.2. LES SORTIES PRODUITES PAR L'OUTIL

Les sorties finales de l'outil SCOR[3]® (Figure 2) sont génériques et ne dépendent pas de la clé d'entrée retenue lors de la conception. Il s'agit de données techniques concernant les productions animales et végétales et l'évaluation de la cohérence du nouvel équilibre proposé.

Les productions animales sont : (i) la production laitière annuelle, (ii) le lait vendu /an, (iii) la production de viande vive annuelle. La production laitière annuelle dépend des rations (besoins de production distincts en-deçà et au-delà de la production théorique). Le lait vendu / an tient compte des pertes de lait et de la consommation par les veaux. La production de viande vive annuelle tient compte de l'engraissement des animaux à l'exception des vaches de réforme où il est pris leur poids théorique.

Les productions végétales sont celles vendues, déduction faite des intra-consommations.

2.3. DONNEES D'ENTREES ET CALCULS INTERMEDIAIRES

Les données d'entrées, ainsi que le cheminement calculatoire de l'outil dépendent de la clé d'entrée choisie (Figure 2). Une entrée par les rations nécessite de définir le cheptel et l'alimentation des différents lots d'animaux par période. L'outil somme ensuite les quantités d'aliments et fournit les surfaces prairiales et en cultures nécessaires à une alimentation autonome du troupeau. L'utilisateur agence alors ces surfaces en rotations cohérentes. Une entrée par le bilan alimentaire implique une détermination du cheptel et des surfaces dédiées à l'alimentation du troupeau. L'outil calcule l'adéquation annuelle entre les besoins alimentaires du troupeau et la fourniture d'aliments par les surfaces. Déduction est faite de la sécurité alimentaire permise par le système et des pertes au stockage. L'utilisateur renseigne ensuite les rotations, ainsi que les rations pour une vérification de l'équilibre du système à l'échelle de la période d'alimentation. Une entrée par les rotations entraine à partir de celles-ci le calcul des surfaces fourragères et des UGB potentiellement nourris grâce à ces surfaces. L'utilisateur renseigne alors les caractéristiques du cheptel et l'outil fournit les effectifs de chaque lot d'animaux. Pour finir l'utilisateur renseigne les rations pour une vérification de l'équilibre du système à l'échelle de la période d'alimentation.

3. EXEMPLE DE MOBILISATION DE SCOR[3]® DANS LE CADRE D'UN ATELIER DE CO-CONCEPTION

En amont d'un atelier, l'agriculteur commanditaire définit une cible de conception qui consiste en un objectif de production associé à une contrainte. Par exemple : Simplifier la conduite du troupeau en achetant au maximum 50 tonnes de concentrés azotés par an (soit une diminution de 45 % des achats actuels).

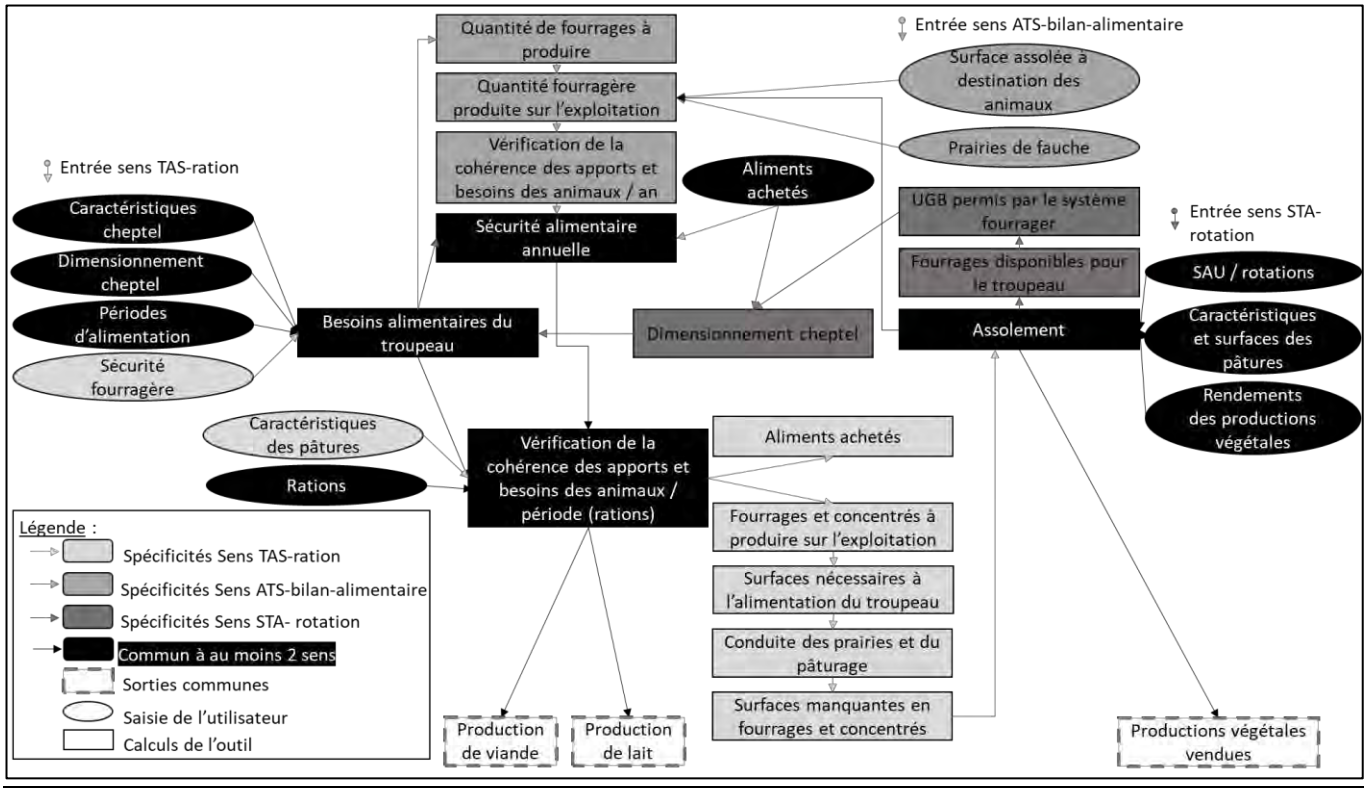


Figure 2 : Schéma fonctionnel détaillé de l'outil

Données d'entrée	**Calculs intermédiaires**	**Données de sorties**
Dimensionnement du troupeau : - 70 vaches laitières - Productivité laitière 7500 l/an - 2 périodes de vêlages (printemps et automne)	Besoins alimentaires du troupeau par lot et par période *En italique : exemple fil-rouge pour une vache laitière en vêlage de printemps :* *Période printemps* / *UE 16,6* / *UF 20,8* / *PDI 1915*	Taille du troupeau : 139 UGB
Caractérisation des périodes d'alimentation Hiver : 152 / Printemps : 61 / Eté : 92 / Automne : 60 jours		
Type de pâture par lot et par période *Prairies à bon potentiel* Surfaces au pâturage par lot et par période *21 ares / UGB printemps / été / automne*	Ingestion journalière d'herbe au pâturage *14,8 kg MS/jour* Encombrement de la ration et équilibre PDIE / UFL	Production laitière : 570 000 litres/an Lait vendu : 530 500 litres/an Quantité d'aliments achetés /an : 26 tonnes tourteau de soja
Aliments et quantités dans les rations par lot et par période *Au printemps :* - *Herbe pâturée (quantité définie par l'outil)* - *Maïs grain humide : 2 kg / jour*	*Besoins* / *16,6* / *20,8* / *1915* *Apports* / *16* / *16* / *1621* *PDIE / UFL = 96,6* *Production de lait permise par l'alimentation de printemps= 24 kg/jour*	
Rendements des productions végétales de l'exploitation Ensilage de maïs = 14 tMS/ha …	Surfaces nécessaires à l'alimentation du troupeau : 68 ha, dont 20 ha de méteil, 7,8 ha de maïs ensilage… Conduite des prairies et du pâturage 27 ha pâturés (+ fauchés), 7 ha fauchés	
SAU : 98 ha Rotations des cultures et surfaces des rotations	Surfaces manquantes en fourrages et concentrés (à acheter) : 0 ha	Productions vendues : 6 ha de maïs, 20 ha de blé et 20 ha d'orge Assolement

Tableau 2 : Principales données d'entrée et de sortie de l'outil SCOR[3]® concernant l'atelier de co-conception n°11 du projet Complémentarités cultures-élevage *(en italique : exemple fil-rouge pour une vache laitière en vêlage de printemps)*

Les consultants proposent des pistes d'amélioration qui correspondent à trois leviers : (i) augmenter la valeur azotée des fourrages herbagers (luzerne dans le mélange prairial des prairies temporaires), (ii) optimiser la valorisation des prairies (redistribution des paddocks entre les vaches laitières et les génisses, optimisation de la temporalité journalière du pâturage et de la complémentation à l'auge, chemin d'accès aux paddocks), (ii) augmenter la production de fourrages riches en protéines (dérobées). Ces divers changements vont modifier le système et son équilibre actuel. Il s'agit d'en évaluer la nouvelle cohérence et la faisabilité technique. L'un des groupes a testé la clé d'entrée Ration de l'outil SCOR[3]®. Le Tableau 2 présente les informations produites par l'outil au regard des données d'entrée renseignées par les concepteurs.

Les achats de concentrés du nouveau système sont conformes à la cible (inférieur à 50 tonnes/an). Vingt-trois ha supplémentaires sont dédiés à l'alimentation du troupeau. La conduite en deux lots ne répond cependant pas à l'objectif de simplification de l'agriculteur.

CONCLUSION

L'outil SCOR^3® permet de quantifier les conséquences techniques associées à la (re)conception de systèmes de polyculture-élevage complexes (nombreux lots, rations diversifiées, surfaces pâturées dépendantes de la saison, culture à double fin…) avec une périodicité variable conforme à la temporalité des élevages. Le compromis entre rigueur technique et ergonomie permet d'équilibrer un système en 30 à 90 minutes de travail au sein d'un collectif de 3 à 5 agriculteurs ou en binôme agriculteur/conseiller. L'outil n'est pas un modèle d'optimisation. Ceci implique des ajustements et des allers-retours sur les choix techniques en cas de non-atteinte des objectifs, ainsi qu'un regard critique sur le système obtenu. C'est un outil performant pour faciliter l'appropriation d'un raisonnement systémique et stimuler l'exploration des possibles au sein d'un groupe de pairs. Le retour d'expérience du projet CCE indique qu'il est particulièrement apprécié des agriculteurs peu familiers de la conception systémique. Les agriculteurs plus expérimentés acquièrent des automatismes qui les rendent moins demandeurs des informations intermédiaires calculées par l'outil. Les sorties de l'outil peuvent ensuite alimenter des calculateurs de performances économiques (trop chronophage à calculer lors d'un même atelier). L'expérience du projet Complémentarités cultures-élevage a montré que les agriculteurs sont demandeurs de ces éléments techniques complémentaires. Ils correspondent à la validation du nouveau système conçu. Les cadres de mobilisation possibles de l'outil SCOR^3® sont variés (de l'enseignement à la co-conception collective par des agriculteurs).

Agreste Hauts-de-France, 2021. *Hauts-de-France : Premières tendances du recensement agricole 2020.* Etudes, n°5, 4p.

Institut de l'élevage. 2016. Observatoire de l'élevage en région Hauts-de-France. Edition 2016. 20 p.

Lacombe C., Couix N., Hazard L., 2018. Designing agroecological farming systems with farmers : A review. Agricultural Systems 165, 208-220.

Perrot C. Caillaud D., Chambaut H., 2011. Economie d'échelle et économies de gamme en élevage bovin laitier. Rapport d'étude, Idèle, 126 p.

Prost L., Reau R., Paravano L., Cerf M., Jeuffroy M-H., 2018. Designing agricultural systems from invention to implementation : the contribution of agronomy. Lessons form a case study. Agricultural systems 164, 122 – 132.

Ramette C., Flament M., Pernel J., Delaby L. 2021. Coll'Innov, une démarche d'accompagnement collective d'agriculteurs vers des changements de système de production. Fourrages 248, 11 – 20

Une traque à l'innovation paysanne pour repérer des systèmes d'élevage autonomes en intrants aux Antilles et à La Réunion

FANCHONE A. (1), LE MERLUS E. (2), ALEXANDRE G. (1), MEYNARD J.M. (3), FONTAINE O. (4), CHOISIS J.P. (5)
(1) INRAE, UR ASSET, Petit-Bourg, Guadeloupe, France
(2) INRAE, UMR Agronomie, Thiverval Grignon, France
(3) INRAE, UMR SADAPT, AgroParisTech, Université Paris-Saclay, Paris, France
(4) CIRAD, UMR Selmet, Saint-Pierre, Réunion, France
(5) INRAE, UMR Selmet, Saint-Pierre, Réunion, France

RESUME
Le développement de l'élevage Biologique dans les DROM est confronté à de nombreuses contraintes, dont la forte dépendance aux intrants importés (aliments concentré et produits fertilisants). Nous faisons l'hypothèse que (i) l'intégration culture-élevage (ICE) constitue un levier permettant de réduire la dépendance des systèmes agricoles vis-à-vis des intrants, et que (ii) de nombreuses solutions innovantes, adaptées au contexte local, sont mises au point par les producteurs et constituent une source intéressante d'inspiration pour le développement de l'élevage biologique. Une traque à l'innovation de systèmes d'élevage alternatifs a été conduite dans trois DROM insulaires (Guadeloupe, Martinique et Réunion) afin de rechercher, caractériser et évaluer des systèmes ou pratiques innovantes d'ICE différents de ceux déjà connus par la recherche et le développement. 40 fermes enquêtées ont été jugées innovantes. On y observe une diversité de combinaisons d'ateliers de culture (maraichage, arboriculture, plantes aromatiques à parfum et médicinales (Papam)...) et d'élevage (bovins, porcins, ovins, caprins, volailles de chair et pondeuses). Les pratiques innovantes identifiées ont été analysées et classées selon les fonctions qu'elles servent au sein du système de production. Elles concernent non seulement l'alimentation animale et la fertilisation des cultures, mais également la santé animale, le désherbage et la protection des cultures. Les indicateurs de satisfaction des éleveurs portent sur l'état des animaux et leurs productions, sur la productivité et les résultats économiques, et le travail. Ces résultats constituent un support de réflexion pour construire des cas-types de systèmes de polyculture-élevage AB, dont le développement sera considéré comme pertinent et possible.

Tracking on-farm innovations to locate self-sufficient livestock systems in Guadeloupe, Martinique and Reunion Island

FANCHONE A. (1), LE MERLUS E. (2), ALEXANDRE G. (1), MEYNARD J.M. (3), FONTAINE O. (4), CHOISIS J.P. (5)
(1) INRAE, UR ASSET, Petit-Bourg, Guadeloupe, France

SUMMARY
Development of organic livestock production in French Overseas departments faces a lot of constraints of which the strong dependence to inputs imports (feed concentrates and fertilizer products). It is hypothesized that (i) crop-livestock integration is a lever to reduce the dependence of agricultural systems on inputs and that (ii) many innovative solutions, adapted to the local context, are developed by farmers and constitute an interesting source of inspiration for the development of organic farming. A tracking on-farm innovation was carried out in three French overseas departments (Guadeloupe, Martinique and Réunion). Innovations are associated with the presence of organic farming and/or crop-livestock integration, both being applied little in practice. 40 farms surveyed were considered as innovative. We observed a diversity of crops (market gardening, fruit growing…) and livestock (cattle, pigs, sheep, goats, poultry, laying hens). Innovative practices were analyzed in terms of strategies and classified according to the functions they served within de production system (animal feeding, management of weeds, organic fertilization…). The indicators of satisfaction of farmers covered the conditions of animals, the productivity of animals and crops, the economic results and work. These results provide a basis for reflection to build organic mixed crop-livestock models whose development will be considered as relevant and possible.

INTRODUCTION

Les productions végétales biologiques connaissent une forte croissance dans les Départements et Régions d'Outre-Mer, contrairement à l'élevage biologique qui peine à se développer. Celui-ci se heurte à de nombreuses contraintes qui interrogent la faisabilité d'un changement d'échelle de la Bio. Parmi elles, la forte dépendance aux intrants exogènes serait l'un des premiers freins.
L'objectif du projet SelbioDOM, financé par le méta-programme INRAE Métabio, est de déterminer les voies de développement de l'élevage bio dans les DROM. Nous faisons l'hypothèse que l'intégration culture-élevage (ICE) constitue un levier permettant de réduire la dépendance des systèmes vis-à-vis des intrants exogènes. En effet, les DROM sont marqués par une spécialisation productive centrée sur les monocultures d'exportation (Marzin et al, 2021) et le développement d'ateliers d'élevage spécialisés du fait d'une taille d'exploitation réduite (moyenne respective de 4,4 ha, 6,2 ha et 8,2 ha pour la Guadeloupe, la Réunion et la Martinique). Les exploitations mixtes (polyculture-élevage, polyélevage) ne représentent que 17% à 19,7%, selon le département

(Agreste, 2021). Sachant que la majorité des exploitations comprises dans ce groupe statistique se composent d'ateliers de productions animales et végétales spécialisés ayant de faibles interactions entre les 2. Stark et al. (2019) ont montré que, en Guadeloupe, des exploitations ayant des cultures et de l'élevage mettent en œuvre peu de pratiques d'ICE. Il s'agit donc de rechercher, caractériser et évaluer des systèmes ou pratiques innovantes d'ICE mobilisables pour développer l'élevage bio.

1. MATERIEL ET METHODES

La « traque aux innovations » (Meynard, 2012, Salembier et al, 2016) a été mobilisée pour identifier des pratiques d'ICE et des systèmes innovants et analyser la trajectoire et le fonctionnement de ces systèmes. On a qualifié d'innovante toute pratique peu présente sur le terrain et peu connue des professionnels de l'élevage. Cette étape de définition du caractère innovant d'une pratique s'est faite en sollicitant l'expérience d'acteurs ancrés sur le terrain (techniciens et chercheurs) qui travaillent depuis longtemps en étroite relation avec des éleveurs sur le territoire. Ces acteurs ont permis également de caractériser le « système standard », c'est dire les systèmes et pratiques que l'on a choisi d'écarter de l'étude. Les exploitations ayant ce caractère innovant, certifiées ou non en AB, ont été repérées en interrogeant les réseaux de développement et de formation (chambres d'agriculture, GAB à la Réunion, GDA EcoBio en Guadeloupe, GRAB à la Martinique, GDS, lycées agricoles…) et en mobilisant la méthode « boule de neige ». Il s'agissait de repérer et d'enquêter des agriculteurs mettant au moins en place une pratique innovante d'ICE. Aucun seuil de taille de l'exploitation et de l'atelier animal n'a été fixé.
Les pratiques, les critères de performance et de satisfactions propres aux producteurs et la logique agronomique des innovations ont été analysés sur la base d'entretiens semi directifs, selon la démarche proposée par Salembier *et al* (2016). La posture choisie était l'écoute compréhensive. Les enquêtes ont duré entre une et trois heures. Les questions s'attachaient à analyser les logiques d'action et les savoirs empiriques sous-jacents aux pratiques innovantes. Le questionnaire abordait l'historique de l'exploitation et ses caractéristiques structurelles, puis il renseignait les innovations rencontrées : description, historique, itinéraire technique, intérêts et conditions de réussite et de satisfaction. Les critères de satisfaction pour suivre et évaluer leurs pratiques innovantes sont essentiels à la diffusion de ces innovations à d'autres agriculteurs, qui manipulent souvent les mêmes types d'indicateurs (Lamé *et al.,* 2015, Salembier et al., 2021).
Le travail a été conduit, en parallèle, dans 3 DROM insulaires (Guadeloupe, Martinique et la Réunion). Un comité de pilotage a assuré la mise en œuvre de la méthodologie, la gestion de l'information et l'interprétation des résultats.
Au total, 46 éleveurs ont été enquêtés (tableau 1).

Département	GUA	MAR	REU
Nombre d'éleveurs enquêtés	13	11	22
Nombre d'enquêtes retenues	13	9	18

Tableau 1 : Nombre d'éleveurs enquêtés par département

2. RESULTATS

Quarante fermes, dont les systèmes ont été jugés innovants, ont été retenues pour l'analyse.

2.1. CARACTERISTIQUES DES FERMES ET PROFILS DES EXPLOITANTS

Sur les trois îles, les systèmes les plus représentés sont l'association d'un ou de plusieurs ateliers d'élevage (bovins, porcins, ovins, caprins, volailles de chair et pondeuses) avec du maraichage ou des vergers, mais aussi des prairies ou des Papam. Aux Antilles, ces ateliers de productions de fruits et de légumes sont très diversifiés, sur le modèle du jardin créole (Baron, 2021 ; Pioche, 2021). Celui-ci permet de diversifier les revenus et de maximiser la production sur une surface très réduite en mettant en place un système stratifié. Les exploitations étudiées sont de petite dimension : en moyenne 7,4 ha en Guadeloupe et 5,3 ha en Martinique. Les cultures y sont polyvalentes, c'est dire qu'elles sont utilisées selon les besoins, les quantités produites et l'aspect des produits, pour la vente, la consommation personnelle ou l'alimentation/les soins aux animaux. L'atelier d'élevage est le plus souvent faible effectif en comparaison des ateliers d'élevage conventionnels (e.g. à la Réunion, 10 à 15 truies vs 35 truies, respectivement) et sa fonction est de valoriser les déchets et co-produits des cultures, et de produire de la fumure organique pour entretenir la fertilité du sol. la Réunion, ce type de système a le plus souvent été rencontré dans les exploitations en agriculture biologique, avec une SAU moyenne proche de 6ha. Il coexiste, au sein de l'échantillon de fermes enquêtées, avec des exploitations en polyélevage de taille plus importante (40 à 50 ha) qui conservent des pratiques conventionnelles et des systèmes de production intégrés aux filières, mais cherchent à diversifier leur activité en installant un atelier alternatif complémentaire (Le Merlus, 2021).
Les exploitants se différencient par i) leur modalité d'installation en agriculture : dans la continuité de l'activité des parents *vs* hors cadre familial, notamment à l'issue d'une reconversion professionnelle, ii) l'inscription dans des réseaux professionnels et de commercialisation : coopérative *vs* indépendant (voire mixte pour diversifier les modes de commercialisation), iii) la présence d'autres sources de revenu que l'agriculture et iv) leur âge. Ces différentes modalités sont reliées. Ainsi, l'installation hors cadre familial est corrélée à une reconversion professionnelle et une installation hors coopérative. À l'inverse, une installation dans le cadre familial est corrélée à la vente de ses productions à la fois à des coopératives et en circuits courts, et l'absence de revenu autre que celui provenant de l'activité de production agricole. Six profils distincts ont été identifiés. Ils sont présents sur les 3 DROM, mais avec des pondérations différentes, du fait, par exemple d'une organisation en coopératives d'élevage plus marquée à la Réunion.

2.2 LES INNOVATIONS REPEREES

Au cours de l'enquête, une grande diversité de pratiques innovantes a été identifiée (tableau 2). Ces pratiques ont été analysées en termes de stratégies, et classées selon les fonctions qu'elles servent au sein du système de production (alimentation animale, gestion de l'enherbement ou de la flore adventice, fertilisation etc).
Un des grands enjeux en élevage dans les DOM est l'autonomie alimentaire de l'élevage : celle-ci permet de diminuer la dépendance aux achats d'aliments importés, et souvent de réduire les coûts. L'enquête a mis en lumière différentes stratégies d'ICE développées par les éleveurs pour diversifier l'alimentation des animaux, voire augmenter l'autonomie alimentaire du cheptel, en tirant profit des ressources alimentaires présentes sur l'exploitation ou sur le

territoire (tableau 2). Une stratégie souvent rencontrée est la distribution de co-produits végétaux, issus de la ferme, permettant de valoriser, via l'engraissement des animaux d'élevage, des productions végétales non valorisables en alimentation humaine (écarts de tri de légumes et fruits non commercialisés, tiges et feuilles des tubercules et fruits commercialisés). Cette stratégie ne permet cependant pas toujours de réduire les quantités d'aliments achetés (hormis dans les cas où le nombre d'animaux est réduit). En revanche, les différentes techniques de pâturage, ou bien la distribution de co-produits issus du territoire (disponibles en plus grande quantité que ceux produits sur l'exploitation) permettent plus souvent d'améliorer l'autonomie alimentaire de l'atelier de production animale. Toutes ces pratiques sont cependant plus coûteuses en main d'œuvre que les pratiques dominantes de distribution de fourrages conservés et d'aliments complets, souvent mécanisées, à des animaux en bâtiments (Fanchone *et al* 2022) ; lesquelles permettent d'économiser du temps passé à l'entretien et la récolte des cultures destinées à l'alimentation des animaux, et de faciliter leur distribution.

Les pratiques innovantes de fertilisation, mobilisant de manière atypique les effluents d'élevage (mélanges d'effluents de différentes espèces et/ou d'effluents et de végétaux, fabrication de purin) sont moins nombreuses.

Les enquêtes ont permis de mettre en lumière d'autres leviers pour augmenter l'autonomie des exploitations via l'ICE que ceux ciblés lors de la construction du projet selbioDOM (alimentation des animaux et fertilisation des cultures). Les ateliers d'élevage peuvent jouer d'autres rôles importants dans le fonctionnement des ateliers de culture : le pâturage des animaux permet de gérer la hauteur de l'enherbement et la pousse des adventices, voire de diminuer la pression de certains bioagresseurs. Ce type d'ICE permet non seulement d'alimenter les animaux avec des ressources « à moindre coût », mais aussi de réduire les coûts liés à la mécanisation, à la consommation de carburant, à l'achat des désherbants, et à la rémunération de la main d'œuvre, tout en ayant un impact moindre sur le plan environnemental.

Enfin, une autre fonction attribuée à l'ICE par certains éleveurs est le maintien d'une bonne santé du troupeau par la distribution, à titre préventif, de plantes cueillies sur l'exploitation ou le territoire. Ces plantes cultivées (bananier, moringa, papaye, curcuma…) ou spontanées sont utilisées pour prévenir les maladies (notamment le parasitisme et les troubles gastro-intestinaux) ainsi que pour les soins aux animaux (effet calmant de la menthe, antiseptique et cicatrisant du curcuma…).

On remarque qu'une pratique identifiée comme innovante peut remplir plusieurs fonctions, comme c'est le cas pour le pâturage de vergers. En outre, certains éleveurs combinent plusieurs types d'innovations, dans une réflexion à l'échelle du système. On observe ainsi un schéma récurrent, que l'on peut qualifier d'innovation systémique : le choix d'élever leurs animaux en plein air et de les nourrir avec des ressources locales conduit souvent ces éleveurs à croiser des races sélectionnées avec des races rustiques - notamment locales quand elles sont accessibles (Naves et al., 2018) - résistantes aux maladies, adaptées à la vie en plein air, moins exigeantes en termes d'alimentation, et à accepter une moindre productivité. Cela implique ainsi d'allonger les durées d'élevage, de laisser plus de temps aux animaux, mais également d'avoir un modèle économique bien raisonné pour assurer une rentabilité malgré cette moindre productivité. C'est pourquoi ces éleveurs recherchent souvent des débouchés différents (restaurateurs, hôtels, AMAP, magasins spécialisés, vente directe à la ferme ou sur les marchés) et travaillent sur des produits différenciés en termes de qualité gustative, afin de tirer une plus-value beaucoup plus importante sur leurs produits que dans les systèmes conventionnels. Ainsi, le prix de vente permet de ne pas chercher à maximiser le potentiel génétique des animaux, et d'avoir des rations moins précises, composées de ressources locales.

Le choix du plein air est justifié au regard de plusieurs principes agroécologiques : la fourniture de ressources naturelles ou cultivées pour l'alimentation, la fertilisation directe des parcours qui relèvent de l'ICE, mais également le bien-être et la santé animale.

Les éleveurs fondent ainsi souvent leur système sur le principe de diversité (Dumont et al., 2013), et ce à différentes échelles : diversité génétique au sein de chaque type de production, diversité d'espèces animales et végétales au sein de la même exploitation, diversité de débouchés pour écouler les produits. En revanche, peu mentionnent la biodiversité sauvage comme un élément important de leur système.

Catégorie d'innovation intégrant culture et élevage	Fonction	Gua / Mar / Réu
Cultures innovantes pour l'alimentation	ALIM	5 / 1 / 5
Distribution de co-produits végétaux issus de la ferme (fruits, légumes, feuilles)	ALIM	4 / 5 / 8
Distribution de co-produits végétaux issus du territoire	ALIM	2 / 1 / 4
Pâturage de verger	ALIM, HERB, FERTI	1 / 1 / 2
Pâturage de friche	ALIM, INVA	4 / 0 / 5
Pâturage alterné de différentes espèces animales	ALIM, ADV	0 / 1 / 1
Épandage localisé de fumier	ADV	0 / 0 / 1
Mélange de différents effluents avant épandage	FERTI	0 / 1 / 1
Mélange d'effluents et de végétaux	FERTI	3 / 1 / 2
Utilisation de plantes en santé animale	SANTE	4 / 2 / 7
Conduite d'élevage en plein air	BEA	4 / 4 / 15

Tableau 2 Nombre d'innovations recensées par catégorie dans chaque département

ALIM : alimentation animale, HERB : gestion de l'enherbement, ADV : Gestion de la flore adventice, FERTI : Fertilisation des cultures, INVA : Lutte contre les espèces invasives, SANTE : Maintien de la santé du troupeau, BEA : Favoriser le bien-être animal

2.3 CRITERES DE SATISFACTION DES PRODUCTEURS

Les indicateurs utilisés par les producteurs identifiés lors de la traque sont liés i) aux animaux : état de santé, bien-être, bonne croissance, « qui mangent de tout », animaux plus résistants aux maladies, adaptés au plein air, ii) à la qualité de leurs productions : qualité gustative de la viande, qualité nutritionnelle du lait, iii) à l'effet des apports d'effluents sur la croissance des cutures : effet rapide et long terme, iv) à l'économie de l'exploitation : diminution des coûts de production, dont les achats d'aliments (autonomie), valorisation de tous les produits de l'exploitation, et enfin v) au travail : confort, diminution du temps de travail, organisation du

travail qui permet de dégager du temps pour la sphère familiale. Ces 5 catégories de critères se retrouvent sur les trois terrains d'étude.

3. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

La traque à l'innovation a permis d'identifier une diversité de systèmes combinant des systèmes de culture (maraichage, arboriculture, Papam) et d'élevage (bovins, porcins, ovins, caprins, volailles de chair et pondeuses). Du fait des économies de charges induites, notamment sur l'achat des aliments concentrés, l'ICE constitue potentiellement un levier permettant de réduire la dépendance des systèmes agricoles vis-à-vis des intrants, mais ce levier est plus difficilement actionnable pour certains ateliers d'élevage, notamment dans les systèmes volailles-maraîchage, par rapport aux systèmes ayant des ruminants. Ainsi, même chez des éleveurs inscrits dans une démarche d'expérimentation et d'innovation par rapport au système dominant, des obstacles freinent l'adoption de certaines pratiques, notamment celles associées à la production de l'alimentation du bétail. Les principaux obstacles sont le manque de surface cultivable et le manque de savoir-faire en termes de techniques culturales et de formulation des rations.

De nombreuses solutions innovantes, adaptées au contexte insulaire, sont mises au point par les producteurs et constituent une source d'inspiration pour le développement de l'élevage biologique ; mais elles ont aussi leur limites : la diversification des productions conduit souvent à une complexification du système qui peut entrer en conflit avec la vivabilité de l'exploitation (accroissement de la charge de travail contradictoire avec les critères de satisfaction liés à la qualité du travail). On observe en effet que les systèmes innovants étudiés amènent à une substitution des intrants par du travail, ce qui impacte les conditions de l'activité et limite les dimensions de cheptel et de surface exploitables. De plus, une partie des éleveurs rencontrés ne vivent pas (ou du moins pas encore) de leur activité agricole. Ils ont une autre source de revenu, perçoivent des revenus sociaux, ou ont un conjoint salarié.

Du fait de la proximité de pratiques des élevages enquêtés à celles inscrites dans le cahier des charges AB, ces premiers résultats constituent le support de réflexion qui permettra de construire des 'cas-types', potentiellement certifiables en AB, dont le développement sera considéré comme pertinent et possible. Ils seront construits et validés par les partenaires dans le cadre d'ateliers participatifs, et évalués des points de vue économique et environnemental. Une analyse des freins et leviers au développement de l'élevage biologique sera conduite simultanément.

Les auteurs remercient tous les éleveurs qui leur ont accordé du temps, et tous les organismes qui ont contribué à identifier les éleveurs enquêtés. SelBioDOM est un projet financé par le méta-programme INRAE METABIO.

Agreste, 2021. Recensement agricole 2020

Baron C., 2021. Mémoire Master 2 BEE, Université des Antilles.

Dumont B., Fortun-Lamothe L., Jouven M., Thomas M., Tichit M., 2013. Animal, 7(6), 1028-1043.

Fanchone A., Alexandre, G., Hostiou, N., 2022. Agron. Sustain. Dev. 42, 54.

Lamé A., Jeuffroy M.H., Pelzer E., Meynard J.M., 2015. Environnement & Sociétés, 5(2), 47-54.

Le Merlus, 2021. Mémoire ingénieur AgroParisTech.

Marzin J., Fréguib-Gresh S.n Angeon V., Andrieu N., Banoviez Urrutia V., Cerdan C., Cialdella N., Huat J., Daviron B., 2021. Étude sur les freins et leviers à l'autosuffisance alimentaire : vers de nouveaux modèles agricoles dans les départements et régions d'outre-mer.

Meynard J.M. 2012. Innovations Agronomiques, 20, 143-153.

Naves M., Mandonnet N., Alexandre G., Gourdine J.L., Bambou, J.C., et al., 2018. Séminaire RITA Mayotte.

Pioche A., 2021. Mémoire Master 2 Agroécologie. Gembloux Agro-Bio Tech.

Salembier C, Elverdin JH, Meynard JM, 2016. Agron. Sustain. Develop. 36, 1-10.

Salembier C, Segrestin B, Weil B, Jeuffroy MH, Cadoux S, Cros C, Favreli re E, Gimaret M, Lechenet M, Noilhan C, Petit A, Petit MS, Porhiel JY, Reau R, Ronceux A, Meynard JM, 2021. Agron. Sustain. Dev. 41 :61.

Stark F., Archimède H., González-García E., Poccard–Chapuis R., Fanchone A., Moulin C.H., 2019. Innovations Agronomiques 72, 1-14.

Complémentarités entre céréaliers, vignerons et éleveurs dans le Minervois : quels potentiels et quelles conditions de développement ?

MORAINE M. (1), METTAUER R. (1), RYSCHAWY J. (2), GRILLOT M. (2), STARK F. (3)
(1) INNOVATION, Univ Montpellier, INRAE, CIRAD, L'Institut Agro – Montpellier, Montpellier, France
(2) AGIR, Univ Toulouse, INRAE, INP-ENSAT, Castanet-Tolosan, France
(3) SELMET, Univ Montpellier, INRAE, CIRAD, L'Institut Agro – Montpellier, Montpellier, France

RESUME
En réponse à la spécialisation agricole sur les territoires, les complémentarités culture - élevage semblent une voie d'intérêt. Dans le territoire viticole du Minervois, des agriculteurs ont développé des systèmes de culture biologiques intégrant des légumineuses fourragères, valorisées par des éleveurs par la fauche et des bergers en pâturage direct. Cet article analyse les complémentarités culture - élevage - vigne mises en œuvre dans ces systèmes, leur potentiel de développement et leurs conditions de pérennité. Les entretiens réalisés et les ateliers multi-acteurs ont permis d'identifier des scénarios de gestion appuyés sur la disponibilité et la répartition spatiale et temporelle des ressources fourragères du territoire. Ils dessinent des pistes de concertation pour renforcer la place de l'élevage dans des systèmes agricoles méditerranéens re-diversifiés.

Synergies between crop farmers, winegrowers and livestock keepers in the Minervois region: assessing their potentials and levers for development

MORAINE M. (1), METTAUER R. (1), RYSCHAWY J. (2), GRILLOT M. (2), STARK F. (3)
(1) INNOVATION, Univ Montpellier, INRAE, CIRAD, L'Institut Agro – Montpellier SupAgro, Montpellier, France

SUMMARY
Crop-livestock complementarities seem good alternatives to the agricultural specialization of territories. In the Minervois, a region producing mainly wine, crop farmers have developed organic cropping systems based on fodder legumes which are either mowed by remote livestock keepers or grazed directly by shepherds. This paper presents an analysis of the existing synergies between crops, vineyards and livestock, their potentials of development and conditions of sustainability. Interviews with farmers and concertation with local stakeholders allowed us to identify several scenarios based on the amount, spatial and temporal distribution of grazing or fodder resources on the territory. These scenarios draw pathways for the reinforcement of livestock production systems within re-diversified Mediterranean production systems.

INTRODUCTION

La place de l'élevage dans les systèmes agricoles et alimentaires doit être repensée pour limiter la compétition entre alimentation animale et humaine, valoriser au mieux une diversité de ressources et de milieux (co-produits, espaces semi-naturels) et favoriser le bouclage des cycles des nutriments à l'échelle locale, ainsi que la fourniture d'un ensemble de services rendus aux territoires (Van Zanten et al., 2019 ; Dumont et al., 2019). Pour cela, il est nécessaire de reconnecter cultures et élevage à une échelle pertinente pour valoriser les services liés à l'intégration de l'élevage dans les systèmes de culture (Martin et al., 2016) et favoriser la coordination des acteurs de la production agricole, des filières et du territoire (Asai et al., 2018). A l'échelle des territoires, ces initiatives d'intégration culture-élevage (ICET) font face à des freins techniques et organisationnels multiples : connaissances insuffisantes, absence de réseaux de pairs, absence de règles de gouvernance, etc. (Moraine et al., 2020). Ce travail vise à analyser les complémentarités existantes entre culture et élevage dans le territoire du Minervois (Aude), et à identifier leurs conditions de pérennisation et de développement potentiel. Nous explorons en particulier le potentiel d'autonomie fourragère pour les élevages présents sur le territoire, et la possibilité d'augmenter les cheptels animaux en vue de maximiser le pâturage hivernal des vignes.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. LE MINERVOIS, UN TERRITOIRE VITICOLE SPECIALISE

Le territoire du Minervois est fortement spécialisé en viticulture, mais a vu se développer depuis les années 2000 une production de céréales suite aux campagnes d'arrachage de vignes. Une partie de ces céréales est cultivée en agriculture biologique en lien avec une coopérative créée par des agriculteurs. Les systèmes de culture biologiques intègrent des légumineuses fourragères (luzerne et sainfoin) dans leurs rotations, valorisées en partie par des éleveurs d'un territoire proche, et en partie par des bergers itinérants. Les deux modalités, fauche et exportation de la luzerne d'une part, pâturage direct d'autre part, sont complémentaires car elles ne valorisent pas les mêmes ressources. La fauche assure un débouché fixe pour la luzerne, et repose sur des accords de partenariat : mise à disposition sur pied, accord sur le niveau de qualité attendu. Le pâturage direct permet de valoriser des fourragères non intéressantes pour la fauche : la première pousse et les repousses automnales, et les troupeaux présents entretiennent aussi des espaces semi-naturels, de garrigues, sous-bois, zones inondables, ainsi que des parcelles de vigne en hiver, permettant ainsi le contrôle des herbes sans herbicide ni travail du sol.
La dynamique de développement de systèmes de culture biologiques, basée sur des interactions fortes, régulières et en partie structurées par des acteurs locaux (agriculteurs et association de développement agricole), est spécifique au territoire du Minervois, et semble constituer un modèle pour une transition vers l'agriculture biologique à l'échelle du territoire. Cette étude propose donc de caractériser le modèle esquissé sur ce territoire, d'identifier les équilibres entre ressources et usages sur lesquels il repose, et d'appréhender sa robustesse. L'équilibre entre offre de ressources et demande des éleveurs et bergers, autrement dit le niveau d'autonomie fourragère sur le territoire, détermine l'intérêt et la facilité pour les bergers de rester sur le territoire sur une partie de l'année. L'autonomie est donc un objectif partagé par les éleveurs et bergers, les céréaliers et dans une moindre mesure les vignerons qui souhaitent accueillir des troupeaux pour le pâturage hivernal.

1.2. DES RESSOURCES AUX SCENARIOS DE GESTION

La méthode construite consiste à analyser le fonctionnement des systèmes de production participant à l'ICET entre céréales, vignes et élevages, identifier les freins et leviers à leur développement, et construire des scénarios de développement suivant plusieurs hypothèses de disponibilité de ressources fourragères et pastorales. Des entretiens auprès de 2 éleveurs faisant leur foin sur les parcelles du Minervois, 2 bergers pâturant sur le territoire, 10 céréaliers et 8 vignerons ont permis de caractériser la situation actuelle en termes de taille de cheptel ovin, d'occupation de l'espace et de modes de conduite animale et végétale. Les références techniques produites ont ainsi permis d'estimer les besoins du cheptel et de réaliser un bilan offre / demande de ressources fourragères (distribué/pâturé), estimé en tonne de matière sèche par animal et par jour (tMS/j) ramené à un nombre de brebis/jour pouvant être alimentées sur le territoire d'étude. Les ressources végétales disponibles dans leur diversité sont cartographiées pendant les entretiens, et associées à un niveau de production atteint 4 années sur 5 (Figure 1). La cartographie des ressources actuellement disponible, et les entretiens avec les acteurs ont permis d'élaborer différents scénarios basés sur des hypothèses de différentes natures. Les hypothèses climatiques structurent des scénarios d'années sèches ou humides, impactant la ressource fourragère disponible. Les hypothèses sur les modalités de gestion des troupeaux et d'équilibres fauche/pâture structurent des scénarios sur la mobilité des animaux (avec ou sans départ en estive, accès à de nouvelles surfaces pâturables, mise à disposition de foin pour les troupeaux itinérants). Ces scénarios sont construits et évalués par les chercheurs sur la base des idées et informations collectées lors des entretiens.

2. RESULTATS

Les résultats montrent comment les ICET, et en particulier la présence de l'élevage sur le territoire, impactent positivement différentes parties de l'écosystème : réduction du travail du sol pour la gestion des inter-rangs viticoles sans pesticides, mosaïque d'habitats favorables à la biodiversité, entretien des espaces semi-naturels et boisés, qui contribue à la lutte contre les incendies. Cependant, les synergies cultures - élevages sont inféodées à la disponibilité des ressources fourragères. La fauche n'est réalisée que lorsque la culture fourragère est bien implantée et suffisamment développée, sinon le déplacement des machines et le transport du fourrage n'est pas intéressant économiquement. Le pâturage direct dépend de la possibilité pour les bergers itinérants de circuler sur le territoire, en privilégiant les zones où ils disposent de parcelles contiguës, sans obstacle majeur à franchir, avec un accès à l'eau pour l'abreuvement, la possibilité d'installation d'un habitat mobile à proximité. La présence de « zones refuge » pour quitter les parcelles viticoles en cas de fortes pluies pour éviter le tassement des sols, et la possibilité d'éviter les secteurs de chasse en saison sont également des facteurs déterminants pour la stabilisation dans le temps d'un parcours de pâturage.

En termes de ressources, les résultats soulignent la vulnérabilité des formes actuelles d'ICET par rapport aux variations climatiques. En effet, si le bilan actuel offre-demande permettrait d'accroitre légèrement le cheptel actuel (Figure 2), les ressources limitantes en été et automne deviennent insuffisantes en scénario année sèche (S1) toute l'année sauf au printemps (Figure 3). Ces projections limitent fortement la possibilité d'augmenter le cheptel du territoire sans augmentation des surfaces mises à disposition pour le pâturage, notamment au vu des prévisions climatiques sur les années à venir.

Les autres scénarios concernent l'évolution du système d'ICET. Le scénario S2 teste l'augmentation des surfaces disponibles pour le pâturage à l'ensemble de la SAU du Minervois déclarée au RPG 2019, hypothèse extrême mais qui permet de donner une idée du potentiel d'accueil animal maximal. Ce scénario accentue le déséquilibre saisonnier, donnant une grande disponibilité de ressources en hiver sur les vignes, au printemps sur les prairies temporaires (autour de 16000 brebis-jour), avec une forte chute en été (autour de 8000 brebis-jour). Ces résultats montrent néanmoins qu'il existe un « réservoir » de surfaces qui pourraient a minima sécuriser le cheptel actuel voir permettre une augmentation modérée, en tenant compte des aléas climatiques testés en S1. Le scénario S3 consiste à attribuer une partie du foin exporté actuellement aux bergers du territoire pour sécuriser leur système d'alimentation par ce stock fourrager. Selon nos données, un stock de 27 tMS de foin suffirait à sécuriser les systèmes des bergers. Comparés aux 550 tMS mis à disposition des éleveurs hors-territoire en moyenne chaque année, ce volume semble modeste et risque peu de remettre en cause le partenariat entre céréaliers et éleveurs. En revanche, la logistique pour le stockage et l'affouragement des troupeaux rend difficile la mise en œuvre de ce scénario. Le scénario S4 explore la variation du cheptel sur le territoire selon les saisons, avec une transhumance hivernale pour permettre de maximiser les surfaces de vigne pâturées, et une mise en estive d'une grande partie du cheptel pour éviter le déficit fourrager en été. Ce scénario permet une bonne adéquation ressources / cheptel, mais sa mise en œuvre soulève des questions d'accueil des troupeaux en hiver (logements pour les bergers, circulation des animaux) et des difficultés d'estive, plusieurs bergers n'ayant pas de place en estive actuellement, ou redoutant la prédation et la concurrence entre bergers sur les estives de faible altitude dont la ressource baisse fortement ces dernières années. Enfin, le scénario S5 teste la répartition plus homogène des troupeaux présents sur le territoire, avec une stratégie d'allotement permettant d'avoir moins d'animaux au même endroit au même moment. Ce scénario, testé à la demande de bergers, permet d'optimiser l'usage des ressources, mais les contraintes de déplacement et de garde des troupeaux restent très limitantes pour sa mise en œuvre.

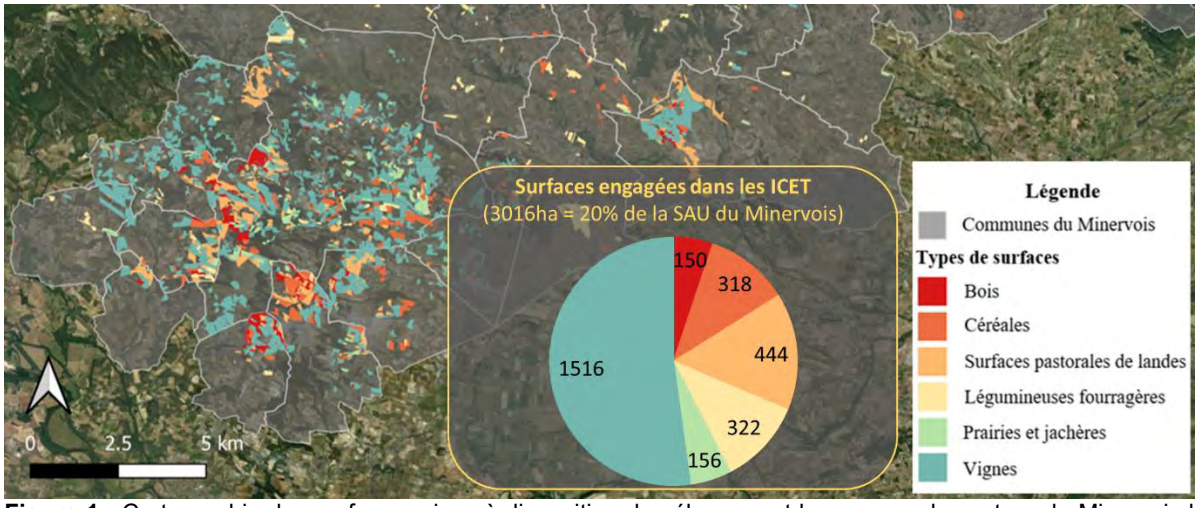


Figure 1 : Cartographie des surfaces mises à disposition des éleveurs et bergers sur le secteur du Minervois le plus concerné par les échanges céréaliers - éleveurs (en ha).

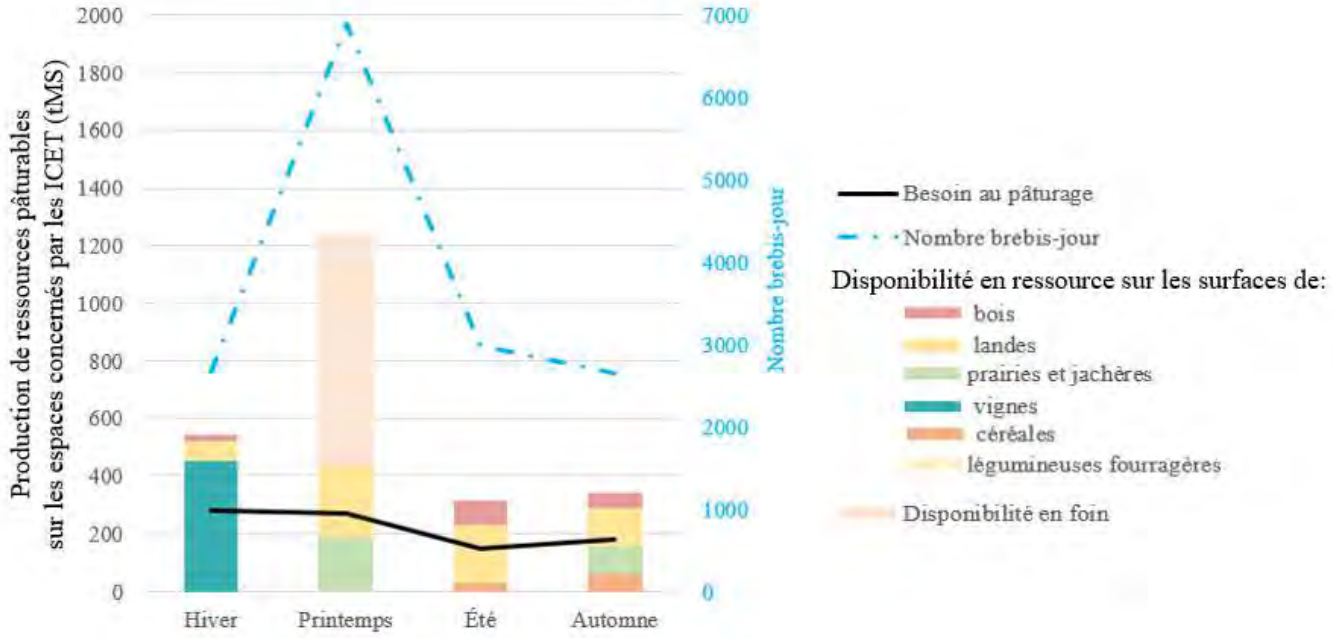


Figure 2 : Nature et volume des ressources fourragères disponibles par saison dans la situation actuelle

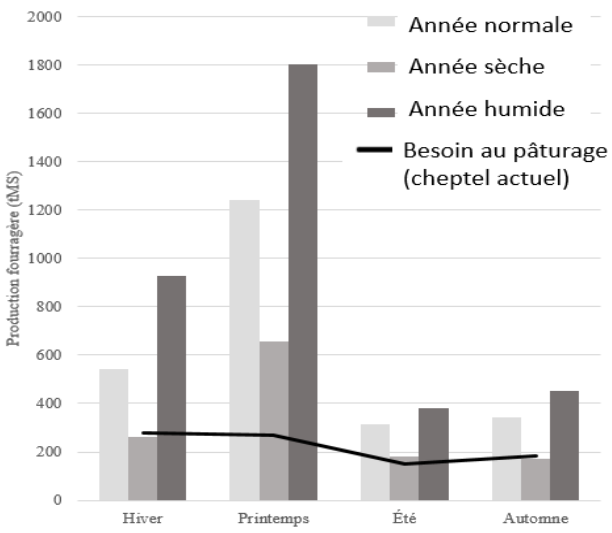


Figure 3 : Volume des ressources disponibles par saison selon les conditions climatiques

3. DISCUSSION

La démarche, qui articule contribution des acteurs et modélisation de scénarios exploratoires, apporte des clés de réflexion pour renforcer la durabilité des ICET du Minervois, et plus largement de territoires en quête d'un modèle agricole diversifié valorisant les complémentarités culture - élevage. Les bilans et la cartographie des ressources permettent de discuter la pertinence de différents scénarios de gestion, de mettre en évidence les contraintes de déplacement des troupeaux et de trouver des compromis entre usages des différentes zones du territoire. L'évaluation des formes d'ICET pourrait être renforcée par une analyse des performances économiques, de la création et distribution de la valeur ajoutée entre les partenaires, et des bénéfices réels en termes de services rendus aux systèmes agricoles (fertilité des sols, régulation biologique, lutte contre l'érosion) et au territoire (prévention incendie, ouverture des milieux). L'accompagnement des ICET sur le territoire nécessite par ailleurs l'investissement d'acteurs locaux, la sensibilisation des habitants du territoire et la médiation en cas de conflit, comme proposé par la commune de Félines-Minervois qui accompagne depuis 10 ans l'installation et le maintien d'un berger sur la commune.

CONCLUSION

Dans les territoires méditerranéens fortement exposés au changement climatique et très marqués par les limites de la spécialisation agricole, accompagner la diversification des systèmes agri-alimentaires et la transition agroécologique, notamment par les complémentarités culture - élevage, représente un enjeu majeur pour le maintien durable de l'activité agricole. La construction de connaissances par la recherche dans une démarche participative permet d'appréhender des problèmes complexes mêlant des enjeux techniques, économiques, sociaux, en apportant des éléments de compréhension, de projection et de concertation entre acteurs des territoires. La réussite de ces concertations, et dans une certaine mesure le devenir des scénarios construits dans ce travail, dépend des configurations d'acteurs, des capacités de dialogue, de la présence d'acteurs « pivots » capables de faire le lien entre des porteurs d'enjeux a priori opposés. Pour les chercheurs, le défi est de prendre en compte ces configurations d'acteurs dans la manière de construire et mener le dispositif de recherche, en adaptant les méthodes et outils aux dynamiques du territoire.

Les auteurs remercient les agriculteurs et partenaires du projet SagiTerres. Ce travail a bénéficié d'une aide du Labex AGRO 2011- LABX-002, projet n°2123-039, intégré à l'I-Site Muse coordonnée par Agropolis Fondation et par la Fondation Daniel & Nina Carasso dans le cadre du dispositif CO3 - Co-Construction de Connaissances pour les transitions écologiques.

Asai M., Moraine M., Ryschawy J., de Witd J., Hoshidee A.K., Martin G., 2018. Land Use Pol. 73, 184-194.
Dumont B., Ryschawy J., Duru M., Benoit M., Chatellier V., Delaby L., Sabatier R., 2019. Animal, 13(8), 1773–1784.
Martin G., Moraine M., Ryschawy J., Magne M.-A., Asai M., Sarthou J.-P., Duru M., Therond O., 2016. Agron. Sustain. Dev. 36, 53.
Moraine M., Ryschawy J., Napoléone M., Ramonteu S., Choisis J.-P., 2020. Innovations Agronomiques, 80, 99-112.
Van Zanten, H.H.E., Van Ittersum, M.K., De Boer, I.J.M., 2019. Glob. Food Sec. 21, 18–22.

Elevages en plaines cultivées d'Auvergne-Rhône-Alpes: quels types de relations cultures-élevages ?

RAPEY H. (1), COCHETEL C. (1), HOSTIOU N. (1), HOUDART M. (1)
(1). Université Clermont Auvergne, AgroParisTech, INRAE, VetAgro Sup, UMR 1273 Territoires, Campus des Cézeaux, 9 avenue Blaise Pascal, CS 20085, F-63178 Aubière

RESUME - Peu de travaux s'intéressent aux petites plaines cultivées des régions d'élevage et aux relations cultures-élevages développées dans ce type de zones pour en repérer les formes et dynamiques particulières. Une trentaine d'enquêtes réalisées en 2021 auprès d'éleveurs de deux petites zones cultivées d'Auvergne-Rhône-Alpes permet de caractériser la diversité des élevages quant à leurs relations aux cultures. L'analyse met en évidence trois profils d'éleveurs dans chacune des deux zones et montre qu'ils se distinguent par leurs échanges avec d'autres exploitations. Un premier profil correspond à ceux qui complètent des besoins en végétaux par ces échanges, le deuxième à ceux qui complètent des besoins de fumure, le troisième à ceux qui vendent des matières végétales. Chacun des profils a aussi une stratégie globale de développement et de valorisation de l'élevage spécifique. Ceci montre que le développement des relations cultures-élevages passe par la prise en compte de cette diversité de stratégie des élevages, en termes d'échanges et de commercialisation dans ces zones cultivées.

Livestock farms in cultivated plains of french AURA region: what types of crop-livestock relationships?

RAPEY H. (1), COCHETEL C. (1), HOSTIOU N. (1), HOUDART M. (1)
(1). Université Clermont Auvergne, AgroParisTech, INRAE, VetAgro Sup, UMR 1273 Territoires, Campus des Cézeaux, 9 avenue Blaise Pascal, CS 20085, F-63178 Aubière

SUMMARY - Few studies focus on the small cultivated plains of livestock regions and on relationships between livestock farming and cereals cultivating to identify their particular forms and dynamics. This is why thirty surveys of breeders in two small cultivated areas of Auvergne-Rhône-Alpes region (France) were realized in 2021. Their analysis highlights three contrasted breeder profiles, present in each of the two different cultivated areas, according to farming practices of crop-livestock relations: the first profile who supplement vegetal needs through exchanges with another farm, the second one who supplement manure needs through such exchanges, the third one who sell vegetal matters. Each profile also has a specific overall strategy for the development and valuation of their animal productions. This shows that the development of practices for crop-livestock relations requires to consider the diversity of livestock farm strategies in terms of matters exchanges, trade and trade and marketing in these cultivated areas.

INTRODUCTION

Durant la dernière décennie, en France, les exploitations de polyculture-élevage ont deux fois plus disparu que la moyenne des exploitations (respectivement -41% et -21% entre 2010 et 2020 ; Agreste, 2022). De plus, dans les plaines cultivées, le petit nombre des exploitations d'élevage a continué de baisser. Pourtant, durant cette période, de nombreux acteurs agricoles et environnementaux ont mis en avant et manifesté un regain d'intérêt vis-à-vis de services agronomiques et écologiques que l'élevage peut apporter aux grandes cultures pour la transition agroécologique ou la réduction d'effets des aléas climatiques et économiques sur les systèmes agricoles (Martin *& al.*, 2016 ; Mosnier *& al.*, 2020). Depuis plusieurs années, des recherches et des démarches collectives d'agriculteurs visent à redévelopper les interactions cultures-élevage dans les zones de polycultures pour y maintenir des élevages à proximité et conforter les grandes cultures (CASDAR CEREL, PSDR POEETE, etc). Malgré cela, ces interactions peinent à prendre de l'ampleur et ne concernent pour le moment qu'un public limité et que quelques types de pratiques (échanges paille-fumier, pâturage d'intercultures). Ceci questionne sur les divers verrouillages subsistant au développement des interactions cultures-élevage et sur les leviers actionnables largement.

La région Auvergne-Rhône-Alpes (AURA) se distingue par la présence de petites zones spécialisées en grandes cultures (quelques centaines de km^2) dans un environnement agricole marqué par l'élevage (conseil, filière), comparativement à la plupart des autres zones de grandes cultures françaises (Marie *& al.*, 2014). Cette prépondérance de l'élevage dans le territoire AURA et la proximité géographique des acteurs des filières végétales et animales suscitent depuis quelques années des initiatives et des souhaits de rapprochement et de coopération concernant les échanges fourrages-fumier ou paille-fumier, ou le développement des cultures protéiques. Mais, comme ailleurs, peu de réalisations ont vu le jour. De plus, peu de travaux se sont intéressés à ces petites plaines cultivées des régions d'élevage et à leurs relations avec les productions animales voisines alors que ce type de plaines existent ailleurs en France, et en Europe du sud et de l'est. C'est pourquoi il est intéressant et utile de porter l'attention sur les élevages qui y subsistent et d'en analyser leurs relations avec leurs voisins céréaliers ou avec d'autres éleveurs proches ou éloignés. L'objectif de l'étude présentée ici est d'interroger les formes, les atouts, les freins et les dynamiques en cours de ces interactions dans ces petites zones cultivées, lorsque éleveurs et céréaliculteurs sont relativement proches, pour en repérer les spécificités. Il s'agit aussi d'analyser dans quelles conditions l'élevage peut se maintenir dans ces zones de grandes cultures et à proximité, et de repérer de quelles manières les coopérations éleveurs-céréaliculteurs jouent un rôle favorable ou non à sa présence. Pour cela, nous avons considéré deux petites zones spécialisées en grandes cultures au nord d'AURA : l'une est très marquée par la maïsiculture dans l'Ain, l'autre plus marquée par une diversité de cultures d'oléo-protéagineux et de maïs semences dans l'Allier et le Puy-de-Dôme. Les pratiques d'élevage et de cultures des

éleveurs présents ont été analysées, ainsi que les dynamiques de leur système et les interactions qu'ils développent avec d'autres exploitations.

1. MATERIEL ET METHODES

L'étude a été conduite en 2021 en Limagne au nord-ouest de la région AURA, et dans les côtières de la Dombes et plaine de l'Ain, plus à l'est de la région. Dans les communes ciblées pour ce travail, l'espace est occupé pour deux tiers par des surfaces agricoles et une majorité d'agriculteurs n'utilise aucune surface fourragère (sources : Geoclip et Recensement Agricole). Cependant, ces deux secteurs de plaine se distinguent par leur structure foncière (parcellaire plus découpé et plus petite taille d'exploitation en Limagne que dans l'Ain), par leur type de maïsiculture et de rotation culturale (plus orientée vers les semences et avec moins de monoculture en Limagne que dans l'Ain). Le contexte règlementaire marquant l'agriculture diffère aussi : le classement en zone vulnérable nitrates est ancien en Limagne (en 2007 sur une part de la Limagne -étendue à l'ensemble en 2015- ; en 2015 pour la plaine de l'Ain uniquement). Le zonage Natura 2000 concerne une très large part de l'espace dans l'Ain (secteur de la Dombes, zones de bordures alluviales de l'Ain et du Rhône dans le département de l'Ain) alors qu'il se limite aux bords d'Allier en Limagne. L'influence urbaine est plus marquée dans l'Ain avec la métropole voisine de Lyon (1 399 000 habitants, tandis que celle de Clermont-Ferrand en Limagne compte 294 000 habitants).

Des entretiens semi-directifs avec des éleveurs visaient à décrire et comprendre le fonctionnement et la dynamique des ateliers animaux et végétaux et leurs interactions, les modes de commercialisation des différentes productions, les échanges de matières entre productions animales et végétales (intra ou inter-exploitations, monétarisés ou non) et les modifications du système d'exploitation et des pratiques envisagées à court terme.
L'échantillonnage cherchait à rendre compte de la diversité d'orientation de production des élevages et de leur part de surfaces en prairies dans les exploitations pour chacune des zones. Au final, l'échantillon des élevages enquêtés dans chaque zone est constitué de seize exploitations (32 exploitations au total – 16 dans chaque zone - situées dans 25 communes). Elles ont été identifiées progressivement, d'abord à dire de conseillers de terrain puis d'agriculteurs, selon la méthode « boule de neige ».
Dans chacune des zones, la taille des exploitations (EA) enquêtées est contrastée (Tabl. 1) : 60 à 315 ha de surface agricole utilisée (SAU)/EA en Limagne, 28 à 470 ha dans l'Ain ; 1 à 3 Unités de Main d'Œuvre (UMO)/EA dans les 2 cas. Les ateliers d'élevage des exploitations présentent une diversité d'espèces animales :
-en Limagne, 7 EA avec des bovins viande, 2 avec des bovins lait, 1 avec des ovins viande, 1 avec des porcins, 5 avec des volailles (soient 3 élevages multi-espèces)
-dans l'Ain, 5 EA avec des bovins viande, 2 avec des bovins lait, 1 avec des ovins viande, 1 avec des équins, 3 avec des porcins, 4 avec des volailles (soient 6 élevages multi-espèces).
L'analyse des données s'est faite en quatre étapes :
-caractérisation des échanges de matière entre ateliers animal et végétal, intra et inter-exploitations, pour l'ensemble des 32 éleveurs enquêtés ;
-regroupement des exploitations selon leurs modalités spécifiques d'échanges inter-exploitations, puis analyse des caractéristiques de structure et fonctionnement au sein des groupes obtenus ;
-comparaison des 3 groupes du point de vue des dynamiques et perspectives d'exploitation, et des échanges de matière récemment développés ou projetés ;
-mise en évidence des spécificités de chacune des zones en termes de pratiques d'échanges actuelles et à venir.

Zones d'enquête	Limagne	Ain
SAU / EA	60 à 315 ha	28 à 470 ha
EA avec :		
-bovins viande	7 / 16	5 / 16
-bovins lait	2	2
-ovin viande	1	1
-porcins	1	3
-volailles	5	4
-équins	0	1

Tableau 1 Caractéristiques des exploitations enquêtées

2. RESULTATS

2.1 DES ECHANGES DE PAILLE, EFFLUENTS ET/OU FOURRAGES FREQUENTS

Dans les exploitations des deux zones une forte diversité de modalités d'échanges de matières inter-exploitations est observée entre les ateliers des productions animales et végétales. Les matières cédées sont variées (paille, fourrages sur pied ou conservés, grain, fumier), ainsi que les modes de rétrocession (matière/travail/monnaie). Le caractère informel (sans engagement écrit ou financier) de ces échanges prédomine et explique probablement cette variété d'échanges.

Les échanges inter-exploitations entre atelier animal et atelier végétal sont moins courants que les échanges intra-exploitations (respectivement 54 et 95 pratiques d'échanges relevées au total). Toutefois, près de 2/3 des EA cèdent (sans monétarisation) au moins une matière (végétaux, effluents) à une autre exploitation : 9/32 EA de la paille pour les animaux, 8 des effluents pour les cultures, 6 des fourrages et/ou grains. La moitié des échanges inter-exploitations concernant les fourrages, grains et effluents datent de moins de 10 ans. De plus, près de la moitié des élevages vendent ces matières à d'autres exploitations : surtout de paille et du foin, plus rarement de la luzerne, du grain ou du fumier.

Certaines pratiques d'échanges (inter ou intra-exploitations) se distinguent par leur mise en œuvre récente dans les élevages : le pâturage d'intercultures, l'autoconsommation de diverses plantes cultivées (légumineuses, graminées, crucifères) et l'apport d'effluents ou de matières végétales d'autres élevages (paille, grains, fourrages).

2.2. TROIS PROFILS D'ELEVAGE IMPLIQUES DANS DES ECHANGES ENTRE EXPLOITATIONS

Trois profils d'élevage se distinguent par leurs modes d'échanges de matière avec d'autres exploitations.

Les éleveurs-polyculteurs **complétant leurs besoins en végétaux grâce aux échanges** (11 EA ; P1 ; Fig. 1) : ces éleveurs comblent leurs besoins en fourrages, paille et grain ; ceci donne lieu à une cession de fumier dans seulement un tiers des cas. Ces structures sont plus grandes que la moyenne de l'échantillon enquêté : une majorité a plus de 170 ha. Leurs cultures de vente occupent moins de la moitié de la SAU. Ce sont majoritairement des exploitations à plusieurs UMO. Elles ont presque toutes des herbivores (10/11) et un tiers d'entre elles associent des porcins. Elles sont peu nombreuses à pratiquer le pâturage d'intercultures dans leur parcellaire. Elles commercialisent toutes leurs produits d'élevage en circuits longs conventionnels et se trouvent plus souvent dans l'Ain.

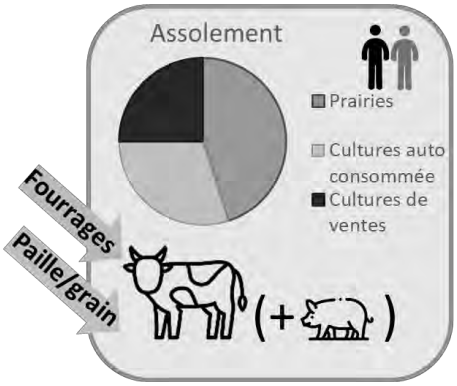


Figure 1 Représentation des caractéristiques du profil P1

Les polyculteurs-éleveurs **complétant leurs besoins de fumure grâce à l'échange** (8 EA ; P2 ; Fig. 2) : la pratique d'échange est presque exclusivement sous forme d'un don de paille contre du fumier. Ces exploitations sont les moins grandes de l'échantillon (autour de 125 ha de SAU). Les cultures de vente occupent plus de la moitié de leur SAU. Ce sont surtout des exploitations individuelles avec une seule espèce animale élevée. La moitié d'entre elles ont uniquement des herbivores, l'autre moitié uniquement des volailles. La plupart des élevages d'herbivores pratiquent le pâturage d'intercultures dans leur parcellaire pour compléter leurs besoins en fourrages. Ces structures commercialisent leurs produits d'élevage en circuits longs conventionnels, comme le profil précédent, mais elles se trouvent le plus souvent en Limagne.

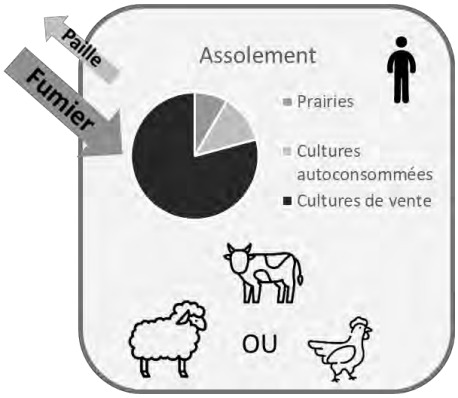


Figure 2 Représentation des caractéristiques du profil P2

Les éleveurs-polyculteurs vendant des matières végétales (13 EA ; P3) : ils pratiquent surtout la vente de paille ou foin à d'autres éleveurs. Ce groupe est plus hétérogène que les deux précédents. Il comprend une moitié d'exploitations de moins de 125 ha qui sont majoritairement en cultures de vente, et une moitié d'exploitations de plus de 200 ha avec une moindre part de cultures de vente. L'effectif de la main-d'œuvre est variable. Plus de 2/3 des exploitations élèvent des herbivores, dont 1/4 associent des volailles. Les autres exploitations élèvent uniquement des granivores (3/4 volailles). Un seul de ces élevages pratique le pâturage d'intercultures dans son parcellaire. Les éleveurs ont pour point commun de réaliser une part de commercialisation en circuits courts de formes variées (avec ou sans transformation fermière, individuellement ou collectivement, à des consommateurs ou bouchers). Les modalités dominantes de circuits courts diffèrent entre l'Ain et la Limagne (plus de transformation et vente fermière dans l'Ain). Les exploitations correspondant à ce profil se trouvent autant en Limagne que dans l'Ain.



Figure 3 Représentation des caractéristiques du profil P3

Ces profils montrent que les échanges de matière concernent beaucoup d'éleveurs de ces plaines cultivées. Les échanges prennent des formes, et visent des objectifs, de natures différentes selon les dimensions, orientations et modes de commercialisation des productions animales des exploitations. La majorité des élevages enquêtés complètent leurs besoins en matières végétales grâce à d'autres exploitations d'élevage qui sont situés le plus souvent dans leur zone. Il y a aussi une part significative d'éleveurs exploitant des structures de moindre dimension qui doivent faire appel à d'autres éleveurs de leur zone pour compléter leurs apports d'effluents et ainsi améliorer ou maintenir les rendements de leurs surfaces cultivées. Les échanges développés par tous ces éleveurs sont orientés essentiellement vers d'autres éleveurs de la plaine où ils se situent et ayant des besoins végétaux ou de fumure. Bien que peu nombreux dans les plaines cultivées d'AURA, ces élevages ont des stratégies et des besoins relativement complémentaires pour la paille, les fourrages et effluents.

2.3 DIFFERENTES DYNAMIQUES RECENTES DES ELEVAGES

Les changements récents (depuis 5 ans) de dimensionnement des élevages concernent plus le cheptel (7/32 EA avec augmentation du nombre d'animaux, 4/32 EA avec diminution) que la surface d'exploitation (5/32 EA avec augmentation des hectares utilisés, 2/32 EA avec diminution). Plus souvent, il y a eu une augmentation de la part de surface consacrée aux animaux (17/32), et près de la moitié des élevages (13/32) ont augmenté la valeur ajoutée de leur production animale avec plus de volumes négociés en circuits courts. Chacune de ces tendances ne présente pas la même occurrence selon les profils d'élevage (cf 2.2). Le premier profil recourant à des compléments végétaux d'autres exploitations présente plus d'augmentation du nombre d'animaux (6/11) que les deux autres profils (3/8 pour P2 et 2/13 pour P3). Le troisième profil compte le plus d'élevages ayant réduit le cheptel (4/13). L'augmentation de surfaces utilisées pour les animaux est aussi plus fréquente dans le premier profil (8/11 ; 3/8 pour P2 et 5/13 pour P3). Quant au développement récent de la valeur ajoutée des animaux, il est plus fréquent pour le troisième profil (8/13) que pour les deux autres (respectivement 3/11 et 1/8 pour P1 et P2). Ceci confirme que les spécificités des profils ne concernent pas seulement leurs échanges de matière mais touchent plus globalement leurs stratégies de développement et de valorisation de l'élevage : P1 axé sur les volumes d'animaux, P2 axé sur les volumes de cultures de vente, P3 axé sur la valeur ajoutée des animaux. Chacune de ces dynamiques d'élevage correspond aussi à certaines prépondérances et priorités d'interactions cultures-élevage intra et inter-exploitations : intercultures et végétaux « extérieurs » à moindre coût pour les animaux concernant P1 (avec développement récent de ces pratiques pour la moitié des EA) ; compléments de fumures pour maintenir la productivité des terres de cultures de vente pour P2 (avec pratiques récentes de cet échange pour la moitié des EA) ;

ventes de surplus végétaux sans surcharge de travail pour P3 (sans pratique récente pour ces EA).

Profils d'élevages réalisant des échanges inter-EA	P1 : avec importation de végétaux d'autres EA (11 EA)	P2 : avec importation de fumure organique d'autres EA (8 EA)	P3 : avec vente de végétaux à d'autres EA (13 EA)
Variation récente du nombre d'animaux :			
- ↗	6	3	2
- ↘	1	0	4
Variation récente de la SAU :			
- ↗	8	3	5
- ↘	2	0	1
Augmentation de la valeur ajoutée d'animaux	3	1	8

Tableau 2 Changements récents des exploitations enquêtées

Malgré ces dynamiques, les éleveurs identifient plusieurs menaces pour les échanges entre élevages et cultures dans leur zone : l'éloignement de plus en plus grand entre éleveurs du fait de la cessation et de l'agrandissement de certains élevages, les écarts de dimension des équipements -pour le travail des surfaces et les récoltes- qui ne cessent de s'accroitre entre éleveurs et polyculteurs, la moindre disponibilité en surplus végétaux dans les exploitations de la zone et autour à cause de la baisse des rendements en cultures pour des raisons agroclimatiques, et à cause du transfert de matière végétale vers la méthanisation.

3. DISCUSSION

Une majorité d'élevages présents dans ces petites zones de grandes cultures sont dans une logique d'échanges inter-exploitations non-marchands pour compléter leurs besoins en végétaux ou en fumure, et ainsi conforter soit leur atelier d'élevage, soit celui des cultures. Toutefois, la part des éleveurs prêts à céder du fumier est faible, même quand l'atelier d'élevage est de grande taille car ces exploitations ont aussi beaucoup d'hectares nécessitant de la fumure. Les échanges non-marchands impliquent surtout des éleveurs-polyculteurs géographiquement proches et, dans une moindre mesure, des céréaliculteurs proches ou des éleveurs d'autres zones. Ceci donne à comprendre pourquoi le recul de l'élevage dans les zones cultivées inquiète ces éleveurs et menace les échanges inter-exploitations. La distance géographique ou professionnelle entre les exploitants conditionne fortement le développement de ces échanges.

La diversité de dimension et d'orientation productive des élevages présents est forte dans ces petites zones cultivées ; ceci s'explique probablement par la présence des infrastructures et métiers nécessaires à ces activités animales (transports, négociants et abattoirs multi-espèces, boucheries de type et taille variés –artisanale, GMS-) et par la proximité et densité d'un bassin de consommation urbain. La diversité de dimension et d'orientation des élevages qui subsiste encore semble plutôt favorable aux échanges entre exploitations (entre P1 et P2 notamment).

De plus, les dynamiques de l'élevage dans les exploitations ne sont pas uniformes, même si elles comportent souvent un maintien de la taille du foncier (par contrainte ou choix) : augmentation du nombre d'animaux et des compléments fourragers « externes » (P1), réduction du nombre d'animaux avec amélioration de l'autosuffisance en fourrage et production de valeur ajoutée (P3). Dans d'autres cas moins courants, des élevages fortement orientés vers les grandes cultures (P2) n'envisagent pas de changement de dimension ou de valorisation de l'atelier animal ; l'attention des exploitants semble plus portée sur le maintien de la productivité et de la rentabilité de leurs cultures de vente en s'appuyant sur l'élevage avec des échanges intra-exploitation ou avec des éleveurs proches.

Malgré les multiples interactions entre élevages et cultures, favorisées par des objectifs de réduction d'intrants et d'augmentation de volumes produits, les pratiques mises en œuvre relient peu d'agriculteurs pour ces échanges et engagent peu de reconfigurations des systèmes de cultures (quant à l'assolement ou l'irrigation par exemple) ou d'élevage (quant à l'alimentation ou la conduite du pâturage par exemple) quels que soient les types d'élevage de ces zones (grands ou petits, circuits longs ou courts). Le besoin de sécurisation ou la difficulté de projection économique (quant aux ressources et marchés futurs) qui marque le secteur de l'élevage, quelles que soient les filières, constitue un frein à ces reconfigurations collectives de plus grande ampleur dans les élevages. Pour aller plus loin dans le développement des échanges cultures-élevage, les actions d'accompagnement doivent intégrer tout particulièrement ces freins et apporter des moyens de régulations et ajustements pluriannuels et pluriacteurs de ces échanges en collectifs restreints.

CONCLUSION

Dans les deux petites zones de grandes cultures étudiées en AURA, les éleveurs sont engagés dans des échanges très variés de matière, sans pour autant représenter des volumes, tonnages ou étendues importantes. Quelle que soit la zone, les échanges prennent de multiples formes et visent des objectifs différents selon les dimensions, orientations et commercialisations des productions de ces élevages. La diversité des élevages encore présents est favorable à des réciprocités d'échanges entre ces exploitations, et dans une moindre mesure à des échanges avec des polyculteurs ou des éleveurs éloignés. Cette diversité d'implication et d'attentes des éleveurs vis à vis des échanges doit être prise en compte pour que leurs développements futurs soient appropriés et élargis.

Merci à tous les agriculteurs et animateurs de terrain de l'Ain et de Limagne pour leur accueil et leur partage d'expérience. Ce travail a été possible grâce aux soutiens financiers de la Région AURA et d'INRAE dans le cadre du projet de recherche ELICAURA (2020-2023).

Marie M. *& al.*, 2014. Mappemonde, n°114, 24.
Martin G. *& al.*, 2016. Agron. Sustain. Dev., 36: 53.
Mosnier C. *& al.*, 2020.Cah. Agric. 29 : 30.

Des prairies et couverts diversifiés comme base de l'alimentation d'un système bovin laitier agroécologique adapté au changement climatique

Diversified grasslands and grazed crops as the basis for feeding an agroecological dairy system adapted to climate change

NOVAK S. (1), DIDIOT C. (1), BOURGOIN F. (1), GUYARD R. (1), CHARGELEGUE F. (1), AUDEBERT G. (1), DELAGARDE R. (2)
(1) INRAE, FERLUS, F-86600, Lusignan, doi: 10.15454/1.5572219564109097E12
(2) PEGASE, INRAE, Institut Agro, 35590, Saint Gilles, France

INTRODUCTION

Le pâturage de prairies multi espèces couplé à une diversification des ressources fourragères complémentaires semblent une voie prometteuse pour atteindre l'autonomie fourragère, voire protéique, dans un contexte de limitation d'utilisation des intrants et d'augmentation des contraintes climatiques (Dumont *et al.*, 2020). Afin de vérifier cette hypothèse, nous présentons les rendements valorisés des prairies et la ration du troupeau bovin laitier de l'expérimentation système OasYs (Novak *et al*., 2018), située en zone séchante (Lusignan, Vienne), sur une période de 4 ans (2017-2020).

1. MATERIEL ET METHODES

Le système fourrager (30 parcelles, 91 ha dont 60% en prairies, 3% en maïs, 9% en sorgho) est conduit sans irrigation et avec très peu d'engrais minéraux azotés. Il a pour objectif de produire le fourrage nécessaire pour alimenter le troupeau laitier (72 vaches) et les génisses de renouvellement, quels que soient les aléas climatiques. Les prairies de 4 ou 5 ans, avec 35% de légumineuses en moyenne, sont diversifiées sur l'assolement et au sein de chaque parcelle, en termes de familles, d'espèces, de variétés, d'âge et de conduite (Novak *et al*., 2018). La priorité est donnée à leur pâturage. La quantité d'herbe valorisée des prairies pâturées a été évaluée avec la méthode Herbvalo (Delagarde *et al.*, 2017). Pour les fourrages conservés, les rations mensuelles du troupeau laitier ont été déterminées grâce aux quantités distribuées journalièrement.

2. RESULTATS

2.1. RENDEMENTS DES PRAIRIES MULTIESPECES

Les rendements valorisés des prairies pâturées et/ou fauchées ont varié de 2,2 à 12,9 t MS/ha/an selon les années. Ils ont été en moyenne de 6,6 , 6,3 et 7,9 t MS/ha/an respectivement pour les prairies uniquement pâturées, pâturées et fauchées, et uniquement fauchées. Ils ont été statistiquement plus élevés pour i/les prairies fauchées comparativement aux prairies pâturées et fauchées et ii/pour les prairies contenant de la chicorée. Seules 18% des 71 parcelles.années en prairie ont été fertilisées avec de l'azote minéral, ce qui représente en moyenne 12 kg N/ha/an.

2.2 RATION DU TROUPEAU LAITIER

L'herbe a représenté en moyenne 70% (39% au pâturage et 31% sous forme conservée) de la ration annuelle du troupeau laitier, allant de 28 à 100% de la ration selon les mois (Tableau 1). L'herbe pâturée a été le principal fourrage durant les mois d'avril, mai et juin. Les autres fourrages pâturés ont été principalement de la betterave fourragère, des intercultures et des repousses de méteil ou de sorgho, et dans une moindre proportion des mélanges colza-navet et sorgho-lablab. Les fourrages conservés ont représenté de 0 (en mai) à 95% (en janvier) de la ration, avec une moyenne annuelle de 49%. Il s'agissait essentiellement d'herbe (foin ou enrubannage), mais également d'ensilages de sorgho (7%), de maïs (6%) et des enrubannages de méteils (5%). Les concentrés ont représenté de 0 à 10% de la ration, soit en moyenne 47 g/l de lait. La production laitière annuelle a varié de 6468 à 6978 l lait corrigé sur la matière utile /vache.

DISCUSSION / CONCLUSION

Les prairies temporaires multiespèces et riches en légumineuses ont permis de bons niveaux de production fourragère quelles que soient l'année et le mode d'exploitation (pâturage ou fauche), malgré le faible niveau de fertilisation. Les prairies comportant de la chicorée, la betterave fourragère et des intercultures ont permis d'allonger la saison de pâturage. Grâce à cette diversification des fourrages pâturés et conservés et à une large utilisation des légumineuses, le système à bas intrants OasYs a été proche de l'autonomie fourragère (98%) et protéique (94%) sur 2017-2020.

Les auteurs et autrices remercient R. Perceau, A. Martineau, D. Boutant, F. Ecalle et J. Chargelègue pour leur travail. Ces travaux ont été financés en partie par le Ministère de l'Agriculture (CASDAR Herbvalo) et par l'Europe (projet Interreg de l'Espace Atlantique Dairy-4-Future).

Delagarde, R., Caillat, H., Fortin, J. 2017. Fourrages, 229, 55-61.
Dumont, B., Puillet, L., *et al.*, 2020. Front. Sustain. Food Syst., 4.
Novak, S., Audebert, G., *et al.*,.2018. Fourrages, 233, 27-34.

% Matière sèche		Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Fourrages pâturés	Prairies	1	**27**	**40**	**87**	**89**	**92**	**49**	**20**	**12**	**19**	**27**	4
	Intercultures	0	1	8	8	11	1	9	5	6	3	2	0
	Betteraves	1	3	1	0	0	0	3	4	6	9	4	2
	Sorgho	0	0	0	0	0	0	0	4	3	0	0	0
	Colza-navet	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Concentrés		7	7	5	1	0	1	3	4	4	5	7	7
Fourrages conservés	Foin	10	12	7	1	0	0	2	3	6	12	10	7
	Herbe	**43**	**23**	**18**	1	0	6	**27**	**54**	**55**	**26**	**18**	**36**
	Céréales-protéagineux	6	5	3	0	0	1	7	7	4	8	8	5
	Sorgho monocoupe	**27**	**17**	**14**	1	0	0	0	0	0	2	8	**15**
	Maïs	5	4	5	0	0	0	0	0	4	**17**	**16**	**23**

Tableau 1 : ration mensuelle du troupeau bovin laitier de l'expérimentation système OasYs sur 2017-2020.
Les chiffres en gras indiquent les fourrages majoritaires dans la ration.

Diversité de fonctionnement des systèmes ovins allaitants associés ou non à un élevage bovin allaitant dans le nord du Massif Central

Diversity of functioning of meat sheep farms combined or not with beef cattle in the north of Massif Central, France

MUGNIER S. (1,2), COURNUT S. (1), HUSSON C. (1,2)
(1) Université Clermont Auvergne, AgroParisTech, INRAE, VetAgro Sup, UMR Territoires, F-63170 Aubière, France
(2) L'Institut Agro Dijon, 26 Boulevard Dr Petitjean, 21079 Dijon, France

INTRODUCTION

En France, 35 % des systèmes ovins sont associés à une production bovine (Base de données nationales d'identifications, 2018). Mugnier *et al.,* (2021) ont montré l'intérêt de cette mixité pour la durabilité des exploitations (EA) et identifié différentes façons de combiner les 2 espèces au pâturage et dans le travail. L'objet de cette étude est de voir si les formes d'association entre espèces dépendent du fonctionnement du système ovin.

1. MATERIEL ET METHODES

Une enquête en ligne a été réalisée auprès d'élevages ovins allaitants du nord du Massif Central, et obtenu un échantillon de 23 EA ovins spécialisés (60 à 500 brebis) et 43 EA mixtes « Ovin – Bovin allaitants » (70 à 860 brebis ; 15 à 210 vaches), importants dans cette région (Rapey *et al*., 2018). Nous avons caractérisé le fonctionnement des EA en considérant 5 dimensions : 1) le travail à travers le collectif de travail, son organisation, et la prise de congés et week-ends, 2) la conduite des animaux avec la caractérisation de la reproduction, des races utilisées et la productivité numérique, 3) la conduite des surfaces avec la part des prairies et des cultures, et le chargement animal, 4) la commercialisation avec la répartition des ventes et l'engagement dans des filières de qualité, et 5) la structure du parcellaire. Une analyse des correspondances multiples suivie d'une classification ascendante hiérarchique nous a permis d'identifier différents types de fonctionnement. Nous avons ensuite dans chaque type observé la part de systèmes mixtes, et pour ces derniers, l'intégration des 2 espèces au pâturage.

2. RESULTATS

Nous avons identifié 5 types de fonctionnement d'EA. Le 1er type (9 EA) correspond à des systèmes mixtes gérés par une seule personne non aidée, ne prenant ni congés ni week-ends. La conduite des animaux vise un étalement des ventes sur toute l'année grâce à plusieurs périodes de reproduction, et l'accélération des brebis. L'assolement comprend des prairies mais aussi quelques hectares de céréales et le parcellaire est groupé. Le 2ème type (14 EA dont 10 mixtes) correspond à des systèmes gérés par 1 personne aidée par un bénévole. Les animaux sont conduits de manière intensive avec des rythmes de reproduction accélérée, la recherche d'une forte productivité numérique et une vente d'agneaux sous signe de qualité centrée sur quelques mois au printemps ou à l'automne. Les surfaces font la part belle aux céréales et prairies temporaires. Le 3ème type (18 dont 14 mixtes) correspond à des systèmes avec un effectif important de brebis, gérés par 1 personne aidée par un salarié ou 2 personnes. Ces systèmes totalement herbagers, conduisent leurs animaux en 1 agnelage par an, pour une vente d'agneaux centrée sur les mois d'été. Le 4ème type (12 EA dont 3 mixtes) correspond à des systèmes en majorité spécialisés ovins, gérés par une personne aidée de plusieurs bénévoles, prenant des congés et des week-ends. La conduite des animaux et des surfaces est relativement variable ainsi que les profils de vente. Le 5ème type (13 EA dont 7 mixtes) correspond à des systèmes gérés par 1 personne aidée par un bénévole, ne prenant ni congés ni week-ends. Très herbagers avec un parcellaire éclaté, ils ont une petite troupe ovine qui pâture toute l'année et ne sont pas engagés dans des filières de qualité.

Les 5 types sont résumés dans le tableau 1, où nous avons synthétisé les différentes dimensions de notre analyse selon un gradient (de – à ++). Cela nous permet de constater certains liens. Ainsi, la prise de congés et de week-ends semble possible quand les éleveurs sont aidés de bénévoles ou salariés. Nous notons d'autre part la cohérence entre conduite des animaux et des surfaces. Pour les systèmes mixtes, nous constatons, que l'intégration des 2 troupeaux au pâturage (pâturage alterné ou simultané) semble favorisée par un parcellaire groupé.

3. DISCUSSION ET CONCLUSION

La mixité se retrouve dans les 5 fonctionnements identifiés. Un type, marqué par le manque de main-d'œuvre et la volonté d'étaler la production et le travail, ne concerne que des systèmes mixtes. Un autre présentant des conditions favorables en termes de main-d'œuvre et congés concerne une majorité de systèmes spécialisés. Ces résultats soulignent le poids de l'organisation du travail dans le fonctionnement des systèmes mixtes (Mugnier *et al.,* 2021). Des études complémentaires restent à mener sur ce sujet.

Mugnier, S., Husson, C., Cournut, S. 2021.Renew. Agric. Food Syst., 36, 344–352
Rapey, H., Gendron, P.J., Healy, S., Hiriart-Durruty, M., Veny, N., Miquel, M., Bonestebe, M., Dumont, B. 2018. Eco. Rurale, 365, 89-102

Variables	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4	Type 5
Collectif de travail	-	=	+	+	=
Prise de congés et de week-ends	-	=	=	+	-
Intensité de la conduite des troupeaux	+	+	-	=	-
Intensité de la conduite des surfaces	+	++	-	=	-
Etalement des ventes des agneaux	++	-	+	=	=
Engagement dans des filières qualités	=	+	=	=	-
Parcellaire groupé	+	=	=	=	-
Association des 2 espèces au pâturage	++	=	+	-	-

Tableau 1 Les 5 types de fonctionnement (- : faible ; = : moyen ou variable ; + : élevé ; ++ : très élevé).

La mixité d'espèces contribue à sécuriser et régulariser l'approvisionnement des filières
Mixed-species farms contribute to secure and regularise the supply of the sectors

COURNUT S. (1), MUGNIER S. (1,2) et HUSSON C. (1,2)
(1) Université Clermont Auvergne, AgroParisTech, INRAE, VetAgro Sup, UMR Territoires, F-63170 Aubière, France
(2) L'Institut Agro Dijon, 26 Boulevard Dr Petitjean, 21079 Dijon, France

INTRODUCTION

Dans le contexte actuel d'accroissement des incertitudes et d'incitation à la transition agro-écologique, la mixité des espèces animales au sein des exploitations est l'une des solutions mise en avant (Martin *et al.,* 2020). Des études ont montré que l'association d'ovins et de bovins sur une même exploitation permettaient de mieux valoriser les ressources, de sécuriser les revenus et de mieux organiser le travail (Mugnier *et al.,* 2021). Cependant, peu d'études se sont intéressées aux bénéfices potentiels de tels systèmes pour les filières.

1. MATERIEL ET METHODES

Les résultats présentés sont issus de deux études réalisées en 2019-2020 dans le nord du Massif central : l'une basée sur des enquêtes auprès de 37 exploitations mixtes « Ovins allaitants – Bovins », et l'autre sur des enquêtes en ligne auprès de 105 exploitations ovines associés ou non à des bovins. L'analyse des trajectoires des exploitations mixtes de la première étude a permis de comprendre comment elles s'adaptaient aux différents types d'aléas. L'analyse des ventes d'agneaux des exploitations de la seconde étude a permis d'identifier différents types de profils et de les caractériser. Pour cela une analyse des correspondances multiples suivie d'une classification ascendante hiérarchique a été réalisée.

2. RESULTATS

2.1. LA MIXITE OVIN-BOVIN PERMET AUX EXPLOITATIONS DE S'ADAPTER A DIFFERENTS TYPES D'ALEAS

Nous avons montré que pour adapter leur exploitation aux aléas climatiques, économiques et liés à la main d'œuvre, les éleveurs ont utilisé plusieurs mécanismes liés à la combinaison des deux espèces : modification du ratio brebis/vache, des périodes de reproduction, de la polyvalence des travailleurs, de la gestion du pâturage et de l'allocation des ressources entre les espèces (Tab. 1).

	Aléas		
	Travail	Climat	Marché
Ratio ovins/bovins	x	x	x
Articulation des périodes vêlages/agnelages	x	x	
Répartition de la main-d'œuvre entre les 2 ateliers	x		
Imbrication des circuits de pâturage	x		
Répartition des fourrages conservés entre les 2 espèces		x	
Diversification des produits			x

Tableau 1 Mobilisation des leviers liés à la mixité pour faire face à différents aléas

2.2. LA MIXITE OVIN-BOVIN PARTICIPE A LA CONSTRUCTION D'UNE DIVERSITE DE PROFILS DE VENTE D'AGNEAUX

Nous avons mis en évidence trois profils de vente d'agneaux dans les exploitations (figure 1) : le premier correspondant à des ventes étalées sur 5 à 7 mois centrées sur l'été, le second à des ventes étalées sur 8 à 12 mois et le dernier à des ventes sur de courtes périodes (2 à 4 mois) hors été. Ces profils de vente sont complémentaires à l'échelle de l'année, notamment parce que le premier profil, que l'on retrouve essentiellement dans les exploitations mixtes, permet de fournir des agneaux en été à une période où les exploitations des autres profils sont moins nombreuses à en fournir (Figure 2). Cette diversité des profils de vente s'observe chez tous les opérateurs.

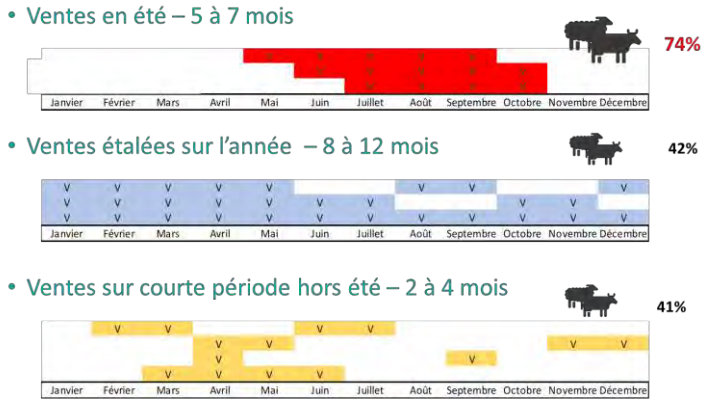


Figure 1 Illustration des 3 profils de vente : chaque ligne décrit les périodes de vente d'une exploitation
x% : % d'exploitations mixtes parmi le profil

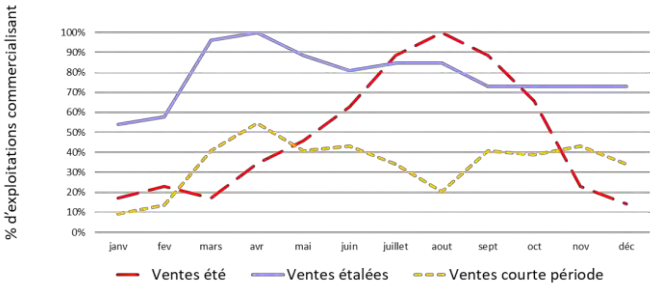


Figure 2 Complémentarité des profils de vente d'agneaux

3. DISCUSSION ET CONCLUSION

La mixité ovin-bovin réduit ainsi la sensibilité des exploitations aux aléas (Mosnier *et al*., 2021), contribuant ainsi à la sécurité de l'approvisionnement en agneaux des filières. L'analyse des profils de vente a par ailleurs montré que les systèmes mixtes contribuaient aussi à la régularité de cet approvisionnement. Ces systèmes peuvent de plus constituer une opportunité pour le renouvellement des générations d'éleveurs, préoccupation majeure des filières. En effet, d'après Perrot (2020), la mixité bovin-ovin concerne une installation sur trois en ovins. Les porteurs de projets recherchent dans cette diversification des productions un travail varié, l'intégration dans des collectifs de travail et des systèmes plus résilients.

Martin G., Barth K., Benoit M., *et al.,* 2020. Agric. Syst., 181, 102821.
Mugnier S., Husson C., Cournut S., 2021.Renew. Agric. Food Syst., 36, 344–352
Mosnier C., Benoit M., Minviel J.J., Veysset P., 2021. Int. J. Agric. Sustain, 20, 312-326
Perrot C., 2020. Webinaire Juillet 2020, https://idele.fr/rmt-travail

Pâturage des intercultures par les ovins et les bovins : état des lieux en France
Intercrop grazing by ovine and bovine herds: overview in France.

JOUSSEINS C. (1), TUMOINE E. (1), DUCOURTIEUX C. (2), CYRILLE A. (2)
(1) Institut de l'Elevage, Campus INRAE, Chemin de Borde Rouge, 31320 Auzeville-Tolosane
(2) Chambre d'agriculture de Dordogne, 295 Boulevard des Saveurs Cré@Vallée Nord, 24660 Coulounieix-Chamiers

INTRODUCTION

Le pâturage des intercultures (IC) consiste à valoriser les couverts végétaux, les repousses de cultures ou les adventices dans une parcelle entre deux cultures. Il peut être réalisé au sein d'une ferme possédant un troupeau, ou entre un élevage et une ferme en grandes cultures. Les références sur cette pratique sont rares et peu diffusées.

1. MATERIEL ET METHODES

Une enquête pour comprendre les pratiques de pâturage des IC a été diffusée sur les réseaux sociaux au printemps 2021. 71 agriculteurs français pratiquant le pâturage des IC y ont répondu. Les données ont été analysées en tenant compte du lieu de pâturage (intra ou inter exploitation) et du type d'animaux (ovin ou bovin, allaitant ou laitier).

2. RESULTATS

2.1. DU PATURAGE INTRA EXPLOITATION, SAUF POUR LES TROUPEAUX OVINS ALLAITANTS

Les éleveurs et polyculteurs-éleveurs sont prépondérants dans notre échantillon, seuls 7 céréaliers ont répondu. 60% pratiquent le pâturage des IC en intra exploitation, 20% pratiquent exclusivement en inter exploitation, et 20% pratiquent en intra et extra exploitation. 72% des répondants déclarent du pâturage avec des ovins allaitants - seuls ces animaux réalisent du pâturage sur des surfaces d'IC externes à leur exploitation. 21% des répondants réalisent le pâturage des IC avec des bovins allaitants, 10% avec des ovins laitiers et 8% avec des bovins laitiers. Une même exploitation peut réaliser le pâturage avec différentes espèces animales.

2.2 ELEVEUR ET CEREALIER : DES CHOIX DIFFERENTS ENTRE ALIMENTATION DU TROUPEAU ET AGRONOMIE

Pour le choix du couvert, les éleveurs choisissent des espèces à vocation fourragère, les céréaliers privilégient plutôt les caractéristiques agronomiques. Dans 1 cas sur 2, les céréaliers choisissent seuls la composition des couverts. Les semis ont lieu principalement de fin juin à mi-août. Dans 90% des cas, au moins 2 espèces sont implantées. Les espèces implantées sont variées (tableau 1). Concernant les critères de décisions pour faire entrer le troupeau dans le couvert les éleveurs privilégient l'alimentation du troupeau (quantité, maturité) et les céréaliers favorisent l'intérêt agronomique. Ainsi, le pâturage des couverts se fait plutôt en fin d'été et en automne chez les éleveurs, en automne et en hiver chez les céréaliers, ce qui oriente le choix vers les ovins qui ne provoquent pas de tassement excessif (Sagot L, Verret V, 2021). 34% des répondants déclarent que les IC pâturées sont fertilisées et dans 60% des cas, une destruction du couvert est réalisée après pâturage.

2.3 GESTION DES ANIMAUX AU PATURAGE

Comme pour les autres surfaces additionnelles, l'éleveur gère seul le troupeau même chez les céréaliers (Landais et al, 2020). Des systèmes mobiles de clôtures sont utilisés (fils électriques - 70%, filets - 30%). Le pâturage extra exploitation se fait toujours dans un rayon réduit : 50% des troupeaux pâturent dans un rayon de 5 km, seuls 20% dépassent 15 km. Des questions relatives au bien-être animal peuvent se poser : dans le cadre d'un pâturage d'IC dans une exploitation d'élevage, les animaux ont accès à un abri et à un point d'eau au pâturage dans 80 et 90% des cas. Chez les céréaliers, un point d'eau n'est présent que dans 40% des cas et un abri dans 20%.

2.4 DES PARTENARIATS MAJORITAIREMENT INFORMELS MAIS PAS TOUJOURS GRATUITS

Dans plus d'un cas sur deux, le partenariat n'est même pas formalisé à l'oral. Seuls 9 % des agriculteurs mettent en place une convention de mise à disposition. Pourtant, dans 40 % des cas, il y a un échange entre les deux parties (viande, agneau, fumier, argent) toujours de l'éleveur vers le céréalier.

3. DISCUSSION

68% de la Surface Agricole Utile Française est classée en zone vulnérable, imposant la mise en place de grandes surfaces d'IC potentiellement pâturables. Leur pâturage présente des intérêts pour améliorer l'autonomie fourragère et réduire les opérations de destruction. Si la pratique tend à se déployer au sein des exploitations en polyculture – élevage y compris avec des bovins, la pratique extra exploitation se limite au pâturage avec des ovins. Compte tenu du rayon d'action limité des troupeaux, le pâturage ovin des IC pourrait se déployer assez facilement dans les zones de polyculture-élevage mais est confronté à plusieurs difficultés dans les zones céréalières spécialisées : absence d'éleveurs, d'infrastructures (abattoir, négoce) d'accompagnement technique mais aussi le caractère aléatoire et saisonnier du pâturage des IC.

CONCLUSION

Le pâturage des intercultures implantées présente des atouts pour favoriser une agriculture plus agroécologique mais son développement semble difficile dans les zones spécialisées en grandes cultures. Les partenariats éleveur-céréalier semblent déséquilibrés, les contraintes reposant principalement sur l'éleveur. Le projet Inter-AGIT+ (2022-2025) vise à mieux documenter les effets agronomiques des intercultures pâturées et à formaliser des cadres d'accompagnement équitables et sécurisants pour attirer des troupeaux extérieurs et à terme réintroduire des élevages herbivores dans les zones spécialisées en grandes cultures.

Les auteurs remercient l'UMT PASTO, les partenaires et les agriculteurs du projet Inter-AGIT+ (financé par le CASDAR).

Landais E, Jousseins C., Miquel M., Boisvert B., Ducourtieux C., Faisabilité et écueils du pâturage ovin sur des surfaces additionnelles dans un territoire agricole diversifié, Renc. Rech. Ruminants, 2020, 25, p372
Sagot L, Verret V, Pâturage des céréales : les premières références, POSCIF, 2021, 4p

GRAMINEES	%*	LEGUMINEUSES	%*	CRUCIFERES	%*	AUTRES	%*
Avoine brésilienne	41	Vesce commune	56	Colza fourrager	50	Phacélie	37
Ray-grass italien	35	Trèfle d'Alexandrie	49	Radis structurator	39	Tournesol	34
Sorgho fourrager	32	Trèfle incarnat	39	Moutarde	32	Sarrasin	23
Avoine d'hiver	31	Féverole	32				

Tableau 1 : Espèces les plus couramment implantées dans les couverts
%* Pourcentage d'enquêtés ayant cité ces espèces comme entrant dans la composition de leurs couverts

Système d’élevage

Robot de traite déplaçable de la station de Trévarez : bilan de 10 années d'utilisation

BROCARD V. (1), CLOET E. (2), GUIOCHEAU S. (2) & LE CŒUR P. (2)
(1) Institut de l'Elevage, Monvoisin, BP85225, 35652 Le Rheu Cédex
(2) Chambre d'agriculture de Bretagne, Rue Maurice Le Lannou, 35000 Rennes

RESUME
La ferme expérimentale de Trévarez est située en Centre Bretagne et bénéficie d'un climat océanique favorable à la pousse de l'herbe. Comme dans de nombreuses exploitations, son parcellaire est fragmenté avec peu de surface accessible par les vaches laitières autour du bâtiment. En 2012, le choix a été fait de concevoir un robot de traite mobile afin de pouvoir le déplacer deux fois par an depuis le site hivernal jusqu'à un bloc de 23 ha de prairies situé à 4,5 km. Ainsi, d'avril à octobre, les 50 vaches conduites en Agriculture Biologique sont en régime 100% pâturage. A la fin 2022, vingt transferts du robot entre les sites d'hiver et d'été ont été réalisés. Après 10 ans d'utilisation, on peut conclure que : le robot mobile est robuste, les transferts peuvent être aisément réalisés par les éleveurs eux-mêmes. Les vaches sont restées en moyenne 5 mois par an en régime 100% pâturage et ont produit près de 18 kg de lait/vache/jour avec une fréquence de traite de 1,6 traite/vache/jour pendant la période 100% pâturage. Sur ce régime, le coût alimentaire est réduit de 75% comparé à la période hivernale en bâtiment. Le coût total « investissement + fonctionnement » demeure élevé, mais cette solution était probablement la meilleure option dans un cadre expérimental. En élevage, agrandir la surface accessible aux vaches laitières par de l'échange parcellaire reste la solution la plus rentable pour concilier efficacement robot et pâturage.

Ten years of mobile milking robot at Trévarez experimental farm in France

BROCARD V. (1), CLOET E. (2), GUIOCHEAU S. (2) & LE CŒUR P. (2)
(1) Institut de l'Elevage, Monvoisin, BP85225, 35652 Le Rheu Cédex

SUMMARY
Trévarez experimental farm is located in western France in an area with an oceanic climate and good grass growth. As many dairy farms, it is facing a fragmented land with little grazeable area around the cowshed. In 2012, the choice was made to design a mobile milking robot and to move it twice a year from the winter barn to a block of 23 ha of grass located 4.5 km away. From April to October, the 50 cows, in organic production, stay on a 100% grazing diet. Twenty transfers have been performed until now (end 2022). After 10 years of use, we can conclude that: the mobile robot is robust, the transfers can easily be implemented by farmers. The cows remained in average 5 months 100% grazing on the summer site with an average production close to 18 kg of milk d^{-1} and a milking frequency of 1.6 milking cow^{-1} d^{-1}. During this period the feeding cost is reduced by 75% compared to wintertime. The total cost including investments and running cost remains high, but this solution was probably the best one in an experimental situation. In a commercial farm, enlarging the milking platform thanks to exchange of fields remains the most profitable option if possible.

INTRODUCTION

La traite robotisée est une solution fréquente pour réduire le travail d'astreinte en élevage laitier en Europe (Coutey et al, 2014). En France, le nombre d'exploitations laitières utilisant un robot de traite (RDT) a doublé entre 2010 et 2016 (Allain, 2016) et représente désormais environ 15% des élevages laitiers (Allain, comm. pers.). Après l'achat d'un RDT, les éleveurs réduisent fréquemment le pâturage, voire le suppriment (AUTOGRASSMILK, 2012). Pourtant, le pâturage permet de réduire le coût alimentaire et d'améliorer l'autonomie en protéines ; l'herbe pâturée est par ailleurs l'aliment de base des systèmes laitiers en Agriculture Biologique. Les éleveurs manquent souvent de conseils techniques pour combiner efficacement RDT et pâturage. C'est pourquoi une expérimentation a été mise en place à la station de Trévarez (Chambre d'Agriculture de Bretagne, en collaboration avec Idele) pour tester différentes solutions pratiques et décrire des modes d'emploi du couple « robot et pâturage » à destination des éleveurs laitiers robotisés.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. PRESENTATION DU DISPOSITIF

La ferme expérimentale de Trévarez est située en Centre Bretagne et bénéficie d'un climat océanique favorable à la pousse de l'herbe. Comme dans de nombreuses exploitations, son parcellaire est fragmenté avec peu de surface accessible par les vaches laitières autour du bâtiment. En 2012, un robot de traite a été acheté afin de réduire le travail d'astreinte ; puis, en 2013, l'élevage a été converti en Agriculture Biologique. Pour maximiser le recours au pâturage, le robot de traite a été positionné dans une remorque adaptée afin de pouvoir le déplacer du site hivernal jusqu'à un bloc de 23 ha de prairies situé à 4,5 km (Poulet et al, 2013). Pendant l'hiver, la remorque contenant le RDT est positionnée à l'intérieur de l'étable ; le tank à lait, dans une seconde remorque, reste à l'extérieur. Les vaches peuvent pâturer sur le site hivernal au printemps et à l'automne. D'avril à octobre, les remorques, la porte de tri et les vaches sont déplacées sur le site estival. Les 50 vaches laitières y restent sur un régime 100% pâturage avec ou sans concentré (Brocard et al., 2014). 20 transferts du RDT entre sites hiver et été ont été réalisés à fin 2022.

1.2. VALORISATION DES RESULTATS

L'objectif principal de l'expérimentation mise en place était de décrire des modes d'emploi pratiques pour réussir à faire pâturer des vaches laitières (VL) traites au robot, si possible en 100%, pâturage. Pour cela, divers paramètres de gestion du pâturage et du troupeau ont été modifiés au cours des années sans réaliser d'essai analytique sensu stricto. Pour rester proche des pratiques de terrain (Brocard & Carles, 2018), toutes les vaches ont été conservées en un unique troupeau d'environ 50 individus. Avec une seule stalle de RDT, cette pratique était la seule possible. Seuls les travaux

autour du nombre optimal de paddocks à allouer quotidiennement (2 vs 3) ont fait l'objet d'une comparaison interannuelle entre les semaines de plein pâturage des années 2014 et 2016 (Déprès., 2016 ; Brocard et al., 2017).
Toutes les modifications de pratiques apportées ont été jugées sur la base des performances animales enregistrées au RDT (lait/stalle et lait/vache, fréquence de traite, consommation de concentré individuel), des analyses de lait individuelles et de tank, d'estimation des ingestions, du coût alimentaire, et du temps de travail. L'estimation des quantités d'herbe pâturée ingérées a été réalisée avec la méthode HerbValo (Delagarde et al., 2017).
Les performances hivernales (et donc, les moyennes annuelles) ne sont pas rapportées ici car les vaches participent à des essais analytiques alimentaires chaque hiver.

1.3. CALCUL DES COUTS

Le coût alimentaire des vaches laitières cumule coût des fourrages et coûts des concentrés consommés. Il est ramené au litrage vendu. Il s'agit ici des coûts de production pour les aliments auto-produits et les coûts d'achat pour ceux venant de l'extérieur. La marge sur coût alimentaire correspond à la différence entre le produit des ventes de lait et le coût alimentaire. Ces critères ont été calculés et comparés entre période hivernale (sans sortie au pâturage de décembre à février) et période estivale (plein pâturage de mai à juillet), de 2014 à 2019.
Le calcul de l'intégralité des coûts d'investissement et de fonctionnement a été décrit par Garlatti, 2020. Une durée d'amortissement « technique » (et non fiscale) sur 12 ans a été choisie, puisqu'elle correspond à la longévité moyenne des RDT en élevage. Le bilan des coûts a été réalisé grâce aux factures des différents postes de dépense depuis septembre 2012 (date d'installation du RDT qui bénéficiait d'une garantie de 1 an).
. Le coût d'**investissement** a été séparé en 2 sous-catégories : le coût d'investissement du robot fixe, comprenant le robot seul et ses équipements, et le coût de la mobilité du robot : coût d'aménagement du site estival (chemins, terrassement, cabane, fosse) ainsi que l'achat des remorques sur lesquelles le robot est monté. Le tank à lait (en location), la zone pour les veaux et l'ingénierie n'ont en revanche pas été pris en compte.
. Les coûts de **fonctionnement** ont été décomposés de la manière suivante : maintenance, main d'œuvre, fluides (eau + électricité), les réseaux et assurances. La partie « maintenance » a été évaluée grâce au dépouillement des factures du robot, intégrées ensuite dans une base-outil développée par les Chambres d'Agriculture des Pays de la Loire appelée COUFOMAT (Huneau et al, 2017). Le coût de main d'œuvre a été calculé à partir d'enquêtes sur le temps de travail auprès des techniciens de Trévarez au pâturage et en hiver, sur la base de 2 SMIC/h (base de référence utilisée dans les Réseaux d'Elevage Inosys).
. Le **coût total moyen annuel** cumule donc le coût d'investissement et les coûts de fonctionnement moyens annuels sur 12 ans.

2. RESULTATS

2.1. VALORISATION DE L'HERBE ET PERFORMANCES ANIMALES

Depuis 2014, les vaches sont restées 157 jours par an en moyenne en 100 % pâturage, ce qui a permis d'atteindre une ingestion d'herbe pâturée estimée à 2,9 t MS/VL/an (tableau 1). La production laitière a atteint en moyenne près de 18 kg/VL/j avec une fréquence de traite quotidienne de 1,6 et peu de variabilité interannuelle. Les variations interannuelles observées s'expliquent par la qualité de l'herbe et la part de primipares dans le troupeau. Il faut noter que la montée du RDT sur le site estival a été de plus en plus précoce pour assurer la qualité du pâturage sur les premiers cycles : du 13 mai en 2014 au 23 mars en 2022. L'effectif moyen de VL et la production journalière totale sur la stalle ont été plus variables en relation avec la pousse de l'herbe : en cas de bonne pousse estivale, les vaches non gestantes restaient plus longtemps dans le troupeau ce qui augmentait la production de lait sur la stalle. A l'inverse, en cas d'été séchant, certains tarissements de vêlages d'automne étaient avancés pour réduire le chargement sur la zone autour du RDT.

2.2. TESTS DE DIFFERENTES SOLUTIONS DE GESTION DU COUPLE « ROBOT ET PATURAGE »

2.1.1. Gestion du pâturage

Pour fluidifier la circulation des vaches vers le RDT sans aller les chercher, différentes organisations du pâturage ont été étudiées : deux paddocks par 24 h (système AB) versus trois (système ABC), de 2014 à 2016 (Cloet et al., 2017). Différentes heures d'accès aux paddocks, et différents paramètres de permission de traite ont aussi été testés pour approcher le meilleur système de gestion pour combiner performances animales, réduction du travail d'astreinte et faibles coûts alimentaires. A Trévarez, les deux stratégies AB *vs* ABC n'ont pas présenté de différence significative sur la production laitière ou la fréquence de traite (Déprés, 2016). En revanche, les traites ont été plus étalées en 2016 qu'en 2014, permettant aux animaux d'attendre moins longtemps pour la traite (2 h en moyenne sur la journée en 2016 contre plus de 5 h en 2014), ce qui est positif pour le bien-être animal. Toutefois, le système ABC demande 20 minutes de travail en plus que le système AB, puisqu'il nécessite de déplacer un fil avant dans une parcelle de plus et demande la gestion en parallèle de 3 calendriers de pâturage. Ainsi, dans nos conditions, passer de 2 à 3 paddocks par 24h a amélioré la circulation des vaches mais s'est avéré plus complexe à gérer et a accru le temps de travail (Brocard et al., 2017).

2.1.2. Adaptation au manque d'herbe en été

Sur le site estival, avec 40 ares accessibles par VL, le maintien d'un régime 100% pâturage ne s'est pas avéré possible durant les étés secs. Aussi, différentes solutions ont été mises en œuvre pour faire face à ce défi (Cloet E., 2021) : Retour sur le site hivernal : en 2015, les vaches et le RDT mobile sont retournés sur le site hivernal du 1er juillet au 18 août pour permettre à l'herbe de repousser sur le site estival affecté par une sécheresse précoce. Pendant cette période, les vaches ont pu pâturer autour du bâtiment et ont reçu en complément de l'enrubannage d'herbe et de l'ensilage de maïs à l'auge. Elles se sont adaptées aisément à leur "re-déménagement" et au changement de régime. Cette option convient bien lors d'un long déficit d'herbe car le transfert demande du temps et de l'organisation. Traverser la route pour aller pâturer un paddock habituellement « non accessible » : cette option a été testée 4 étés depuis 2017, sur des périodes courtes de 1 à 2 semaines, représentant en tout 69 jours. Les vaches pâturaient ce paddock de nuit et étaient ramenées sur la plateforme accessible au RDT en journée. Cette option est intéressante lorsque la période de manque d'herbe est courte. La fréquence de traite a été réduite dans ces conditions puisque le RDT n'était pas accessible la nuit ; toutefois, on a régulièrement observé une augmentation de la production laitière grâce à une meilleure qualité de l'herbe sur le paddock supplémentaire. Apport de fourrage complémentaire dans un paddock : en 2020 et 2021, de l'enrubanné a été mis à disposition dans des râteliers en journée. Ainsi, les vaches ne pâturaient que la nuit. Cette stratégie n'a impacté ni la production, ni la fréquence de traite, ni la circulation autour du RDT. Cette solution est envisageable en cas de période courte de déficit d'herbe lorsque l'on ne dispose pas de paddock de repli. Toutefois, elle accroît le coût alimentaire.

2.1.3. Arrêt total du concentré

De 2014 à 2020, les vaches recevaient un minimum de 0,5 kg de céréales par traite comme « facteur de motivation » pour venir au RDT. Toutefois, le concentré coûte cher et n'est pas nécessaire d'un point de vue nutrition en période de pâturage. Afin de vérifier si les vaches ont réellement besoin de concentré pour circuler, l'apport de céréales a été arrêté en mai 2020 un mois après la montée sur le site estival. Aucun effet n'a été constaté ni sur la circulation des vaches, ni sur la fréquence de traite, ni sur la production laitière. Par conséquent, aucun concentré n'a été distribué sur l'ensemble de la saison de pâturage 2021 (mars à novembre), avec les mêmes conclusions : les vaches semblent prioritairement motivées par la perspective d'accéder à un nouveau repas d'herbe dans le paddock accessible après le passage au RDT pour circuler d'elles-mêmes. Le concentré non distribué durant le pâturage peut ainsi être mieux utilisé pendant la ration hivernale, voire être complètement supprimé afin de réduire le coût alimentaire annuel.

2.3. ESTIMATION DES COUTS ALIMENTAIRES, D'INVESTISSEMENT ET DE FONCTIONNEMENT ANNUELS

Pour faire face à la fragmentation du parcellaire et maintenir l'herbe pâturée comme unique aliment 5 à 6 mois par an, un robot mobile ainsi qu'une plateforme d'accueil ont été conçus dans une zone initialement "vierge", sans infrastructure préexistante. Le défi consistait à essayer de compenser cet investissement par un coût alimentaire réduit durant les périodes de pâturage. En moyenne, le coût alimentaire est limité à 22 € pour 1.000 L de lait vendus en période de pâturage, soit une réduction de 75% par rapport à la période hivernale en bâtiment (tableau 2) ; de plus, les enregistrements réalisés montrent que le temps de travail d'astreinte journaliser est divisé par 2 en période de pâturage par rapport à l'hiver en bâtiment. En termes d'investissements (tableau 3), le coût total pour le robot lui-même, ses équipements (comme la porte de tri) plus les coûts relatifs à sa mobilité (remorques, infrastructures sur le site estival) ont atteint près de 27 000 €. Le coût de fonctionnement incluant maintenance (contrat avec le concessionnaire du RDT, pièces détachées, réparations, produits d'hygiène et de lavage, produits réactifs), les fluides (eau, énergie...), les assurances, et les réseaux (téléphone et internet) ont atteint en moyenne 12 775 €/an (soit 45 € pour 1 000 L vendus). Ainsi le coût total pour l'investissement et le fonctionnement atteint environ 36 000 €/ an. Avec l'ajout de la main d'œuvre (3 h/j en moyenne, rémunérées à 2 SMIC horaires), le coût total de « fonctionnement + investissement » atteint 44 147 €/an. Un tel coût peut difficilement être compensé, même par un système pâturant à très faible coût alimentaire.

2014 à 2021	Moyenne	Min	Max
Nombre de jours en 100% pâturage dans l'année	157	141	181
Estimation de l'ingestion d'herbe pâturée (t MS/VL/an)	2,9	2,4	3,4
Nombre de VL traites	48	45	52
Stade de lactation moyen (mois)	5,9	5,3	6,8
% vaches en 1ère lactation	39	30	45
Lait produit (kg/VL/j)	17,7	17,1	18,6
Lait par stalle (kg/j)	764	671	914
Fréquence de traite (/j)	1,6	1,5	1,8
Concentrés (kg MS/VL/j)	0,5	0,09	0,9

Tableau 1 : Principaux résultats de la période 100% pâturage

€/1.000 l vendus	Hiver (1)	Plein pâturage (2)	(2) – (1)
Coût alimentaire	86	21	-65 (-75%)
Marge sur coût alimentaire	359	387	28
Travail d'astreinte /j	3h48	2h07	-56%

Tableau 2 : Coût alimentaire, marge sur coût alimentaire et temps de travail moyens par période d'alimentation

Catégorie de coûts	Libellé	Valeur €	Charge annuelle €
Investissement	Robot	132 962	11 080
	Equipement	25 545	2 129
	Mobilité	121 881	10 157
	Total	*278 888*	*23 241*
Fonctionnement	Maintenance	117 648	9 804
	Fluides	24 036	2 003
	Assurances, réseaux	11 628	969
	Total	*397 935*	*12 775*
Total avant Main d'oeuvre		676 823	36 016
	Main d'oeuvre	97 452	8 121
Total avec Main d'oeuvre		774 275	44 137
Lait vendu (l) 2012-2021		Total : 2 733 876	Par an : 273 288

Tableau 3 : Coûts d'investissement et de fonctionnement, totaux (12 ans) et par an, livraisons de lait

3. DISCUSSION

Cette expérimentation de longue durée a montré qu'il était possible de concevoir et mettre en œuvre un robot de traite mobile et de le combiner avec un système 100% herbe pâturée. Comme à Liège (Lessire et al, 2017 ; Brocard et al., 2016), le robot mobile s'est avéré robuste, sans problème technique particulier en lien avec les déplacements bisannuels. Son transfert peut facilement être mis en œuvre par un petit collectif d'éleveurs (3-4 personnes).

Le travail détaillé réalisé sur l'intégralité des coûts d'investissement et de fonctionnement est totalement original, sans comparaison en élevage commercial : assembler dans la durée toutes les factures correctement affectées par poste comptable est fastidieux et n'est jamais réalisé en élevage bien qu'une méthode partielle (partie « maintenance ») ait été développée (Huneau et al, 2017). Ce travail montre la réalité du coût de fonctionnement d'un RDT, proche de 13 000 €/an. Dans un système en AB avec un litrage limité, la charge par litre de lait apparaît très élevée (47 €/1 000 l), 3 fois supérieure aux observations en élevage de Huneau et al. (2017).

Le coût d'investissement total (robot + mobilité) apparaît élevé puisque le site estival était « nu » à l'origine, ce qui pourrait être différent en élevage. Un tel coût peut difficilement être compensé même par un système pâturant à très faible coût alimentaire. Dans le cadre de la station expérimentale de Trévarez, le robot mobile ainsi mis en œuvre était la seule solution pour combiner traite robotisée et système d'alimentation cohérent avec l'Agriculture Biologique. L'alternative consistant à garder les vaches sur le site hivernal et à affourager en vert 6 mois par an aurait été

difficilement réalisable mais son impact technique, économique et sur le travail sera chiffré prochainement.

Par ailleurs, cette expérimentation a permis de prouver qu'il est possible de concilier durablement RDT et régime 100% herbe pâturée. Les vaches ont consommé en moyenne plus de 2,9 t MS de pâturage par an, soit 5 fois plus que dans les moyennes régionales pour des élevages avec RDT (0,61 t MS/VL/an, source Eylips, 2020). Ce constat rejoint les conclusions obtenues en Irlande (O'Brien et al., 2015), Nouvelle-Zélande (Jago, 2008) ou Australie (Lyons et al., 2013).

Ce travail permet d'affiner des recommandations pratiques pour optimiser le couple « RDT et pâturage », en complément des observations de terrain (Brocard et al., 2018). En effet, aucun impact de l'arrêt de la distribution de concentré n'a été observé sur la production laitière ni la fréquence de traite. Ce résultat est cohérent avec celui de Lessire et al, 2017 : il est donc possible de fonctionner avec peu ou pas de concentré dans ce système. Par ailleurs, nous avons vérifié la possibilité de fermer l'accès au robot lorsque la stalle est peu chargée, voire de remplacer un paddock par l'apport de fourrages en râteliers en cas de sécheresse, techniques qui se rapprochent des solutions mises en œuvre dans certains élevages français à stalle peu chargée (Brocard et al., 2018) ou australiens tout herbe (Kerrisk, 2010).

Toutefois, contrairement à Lyons (2013) et O'Brien et al. (2015), nous n'avons pas pu prouver de différence significative en termes de production individuelle entre une offre de 2 ou 3 paddocks par 24h. Conduire en parallèle trois plannings de pâturage en système ABC s'est avéré trop complexe dans notre contexte de parcelles d'associations graminées-légumineuses par rapport à des couverts plus homogènes comme en Irlande. Ainsi, selon les critères et objectifs de l'éleveur, différentes stratégies pourraient donc être proposées : 1/ le système AB serait à privilégier pour un éleveur en quête de simplification et de réduction du temps de travail ; 2/ le système ABC optimisé pourrait être envisagé pour les grands troupeaux (dans une certaine limite d'effectif liée à la capacité du robot : 150 traites/jour). Ainsi, en fixant un accès à une nouvelle parcelle au milieu de la nuit, les traites seraient mieux réparties sur 24h. Toutefois, il faut alors être prêt à gérer un planning de pâturage plus compliqué (Déprés, 2016).

Ces essais permettent donc de valider une panoplie variée de solutions concrètes pour combiner RDT et pâturage dans diverses conditions d'élevage et de pousse de l'herbe.

CONCLUSION

Le robot déplaçable mis en place en 2012 à la station de Trévarez a fait ses preuves et permet de combiner traite robotisée et un système 100% herbe pâturée, avec peu ou pas de concentré. La gestion du pâturage avec 2 paddocks par 24h améliore la circulation des vaches avec un nombre limité d'interventions humaines et de difficulté de gestion de planning de pâturage. Avec ce système, la quantité d'herbe valorisée a atteint un niveau beaucoup plus élevé que les moyennes régionales pour des élevages robotisés. Le coût total « investissement + fonctionnement » demeure élevé, mais cette solution était probablement la meilleure option dans un cadre expérimental, avec un parcellaire morcelé. En élevage, agrandir la surface accessible aux vaches laitières reste la solution la plus rentable pour concilier efficacement robot et pâturage.

Nous remercions toute l'équipe technique de Trévarez pour la qualité du travail réalisé au cours de cette expérimentation.

Allain C. et al, 2016. Disponible sur www.idele.fr

AUTOGRASSMILK, **2012**: Innovative and sustainable systems combining automatic milking and precision grazing, technical report, Teagasc.

Brocard V, Poulet J.L., Huneau T., Huchon J.-C., Follet D., Guiocheau S., Hetreau T., 2014. Innovations Agronomiques, 34, 259-270.

Brocard V. Dufrasne I., Lessire F., François J., 2016. Acte du 66ème congrès EAAP, 21, 330.

Brocard V., Déprés C., Cloet E., 2017. In Grassland resources for extensive farming systems in marginal lands, 22, 121.

Brocard V., Lessire F., Cloet E., Huneau T., Déprés C., 2017. Fourrages, °229, 17-24

Brocard V., Carles A., 2018. Pâturer avec un robot de traite, c'est possible. Idele, collection Guide Eleveurs. 36p

Cloet E., Brocard V., Lessire F., Guiocheau S., 2017. Actes du 8ème congrès ECPLF, 28-34.

Cloet E., 2022. Terra 14 janvier 2022, p. 24

Coutey L., Bokkers E., Brocard V., Lautrou Y., 2014. Masters thesis WUR-ESA, 105p.

Delagarde R., Caillat H., Fortin J., 2017. Actes du congrès AFPF 2017, 117-124.

Déprés C., 2016. Rapport de stage ISARA-Idele, 98 p.

Eilyps, 2020. Résultats technico-économiques 2018-2019. 20p.

Garlatti Z., 2020. Rapport de stage Unilasalle**,** 30p.

Huneau T., Juillot JF., Poulet JL., **2017**. COUFOMAT, disponible sur https://pays-de-la-loire.chambres-agriculture.fr, 2p.

Jago J., 2008. Automatic milking is here... disponible sur www.side.org.nz

Kerrisk K., 2010. Management Guidelines for Pasture-based AMS farms. Disponible sur www.futuredairy.com.au, 96p

Lessire F., Froidmont E., Shortall J., Hornick JL & Dufrasne I., **2017**. Animal, 11, 2061-2069

Lyons N. A., Kerrisk K. L., Garcia S. C., 2013. Journ. Dairy Sci., 96, 7, 4494-4504.

Poulet JL., Brocard V., Dufrasne I., Guiocheau S., Hétreau T., Huneau T., 2013. Assurer la mobilité d'un robot de traite. Document Idele, 6p.

O'Brien B., Van Den Pol-Van Dasselaar, A., Oudshoorn F., Sporndly E., Brocard V. et Dufrasne I., 2015. Actes du 65ème congrès EAAP, 20, 334.

Autonomie en paille et poids économique des achats de litières dans les élevages en France : analyse rétrospective des données INOSYS Réseaux d'élevage 2001-2020

SEEGERS J. (1), DUPIRE O. (2), DIMON P. (3), BELLET V. (4), BOSSIS N. (4), MORIN E. (1), LEMEUNIER P. (5)
(1) Institut de l'Elevage, CS 52637, 31321 Castanet-Tolosan
(2) Chambres d'Agriculture France, 9 avenue George V, 75008 Paris
(3) Institut de l'Elevage, Boulevard des Arcades, 87060 Limoges cedex 2
(4) Institut de l'Elevage, CS 45002, 86550 Mignaloux Beauvoir
(5) Institut de l'Elevage, 149 rue de Bercy, 75595 Paris cedex 12

RESUME - Dans un contexte de tensions sur le marché de la paille, cette communication propose une brève analyse macroéconomique de l'évolution du gisement national de paille et de ses destinations, suivie d'une analyse microéconomique plus détaillée de l'évolution du poste « paille » dans les exploitations d'élevage basée sur la mobilisation des données INOSYS Réseaux d'élevage 2001-2020. Les résultats portent sur les quantités annuelles de paille consommées par exploitation et par Unité Gros Bétail (UGB), l'autonomie en paille des systèmes et le poids des achats de litière dans leurs charges courantes. Ces indicateurs présentent des niveaux et des évolutions contrastés selon les caractéristiques et modes de conduite des exploitations. En 2020, la quantité de paille consommée était de 0,96 tonnes par UGB ; elle a peu augmenté au cours des deux dernières décennies et s'avère très liée à la disponibilité de la ressource intra-exploitation. Les systèmes herbivores français affichent un taux d'autonomie en paille de 51 %, en diminution de 5 points depuis 2006-2010. Ramené à l'UGB, le coût des achats de litières a augmenté de 47 % entre 2001-2005 et 2016-2020, en lien direct avec l'évolution du prix de la paille achetée. Le poids des achats de litières dans les charges est resté assez stable du fait de l'augmentation concomitante des autres dépenses, sauf en bovins viande où il est passé de 2,4 à 3,5 % du fait de l'évolution des types de bâtiments.

Straw self-sufficiency and economic weight of litter purchases in French livestock farms: retrospective analysis of INOSYS livestock farm network's data 2001-2020

SEEGERS J. (1), DUPIRE O. (2), DIMON P. (3), BELLET V. (4), BOSSIS N. (4), MORIN E. (1), LEMEUNIER P. (5)
(1) Institut de l'Elevage, CS 52637, 31321 Castanet-Tolosan

SUMMARY - In a context of tensions on French straw market, this paper provides a brief macroeconomic analysis of the national straw production evolution and its destinations, followed by a more detailed microeconomic analysis of the 'straw' item evolution in livestock farms based on the mobilization of the INOSYS Réseaux d'élevage 2001-2020 database. The results presented relate to annual amounts of straw consumed per farm and per livestock unit (LU), farms' straw self-sufficiency, and cost of litter purchases into farms' production current costs. These indicators show contrasting trends and levels depending on structural and functional characteristics of farms. In 2020, the average consumption of straw reaches 0.96 tons per LU; it has shown little increase over the last two decades and is very closely linked to the availability of intra-farm straw resources. The straw self-sufficiency rate of French livestock farms has decreased by 5 points since 2006-2010, reaching 51% in 2016-2020. The cost of litter purchases per LU has increased by 47% between 2001-2005 and 2016-2020, in direct relation to straw price evolution. The weight of litter purchases in farms current costs remained quite stable due to the concomitant increase in other expenses, except for beef cattle farms where it has risen from 2.4% to 3.5% due to changes in livestock barn's types.

INTRODUCTION

La paille est un coproduit historiquement convoité par les éleveurs dont la disponibilité tend aujourd'hui à se réduire. Au développement de l'enfouissement, visant à maintenir les taux de matière organique des sols, s'ajoutent de nouveaux usages, encore mineurs mais qui tendent à augmenter : utilisation en tant qu'isolant biosourcé pour le secteur de la construction durable, comme combustible pour la production d'énergie ou ressource pour la méthanisation. Ces évolutions se traduisent par un net renchérissement du prix de la ressource, et localement quelques tensions transfrontalières, conduisant à une hausse préoccupante du coût du poste achat de litières dans les charges des exploitations.

En l'absence de références récentes sur le sujet, cette étude propose une actualisation des statistiques nationales sur le marché de la paille en France suivie d'une analyse rétrospective des données des fermes de références INOSYS Réseaux d'élevage (Lucbert *et al.*, 2015 ; INOSYS Réseaux d'élevage, 2014) visant à illustrer 20 ans d'évolution du « poste paille » dans les systèmes d'élevage herbivores : quantités consommées par exploitation et par UGB, autonomie en paille des systèmes et poids économique des achats de litière dans leurs charges.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1 ANALYSE MACRO-ECONOMIQUE

Ce volet de l'étude visait à estimer le gisement potentiel de paille à l'échelle nationale et analyser son évolution sur la période 2000-2020, puis à quantifier sa répartition selon ses différents usages. L'évaluation du gisement a été réalisée à partir des données de surfaces et de rendements en grain des céréales à paille disponibles dans la base Agreste 2000-2020 via l'utilisation de ratios « paille récoltable / grain » (Griffaut, 2009) établis pour chaque espèce de céréales à paille significativement représentée dans la sole nationale (tableau 1). L'application de ces ratios permet de calculer un tonnage annuel de Paille Récoltable Théorique Maximal (PRTM) qui correspond à sa disponibilité théorique maximale. Trois types de destinations ont été considérées : (i) restitution directe au champ (enfouissement), (ii) utilisation par le secteur élevage (litière ou paille alimentaire) et (iii) volume résiduel disponible pour d'autres usages. Faute de données, l'estimation des quantités restituées au champ a été basée sur la valeur de 5 à 6 millions de tonnes établie par Le Gall *et al*. (2010). Les tonnages de paille mobilisés par l'élevage de l'enquête « Pratiques d'élevage » (Agreste, 2015) ont été actualisés sur la base des effectifs d'UGB présents en 2020 (source BDNI).

Type de céréale	PP / grain	PR / grain
Blés	1,00	**0,60**
Orge d'hiver	1,00	**0,55**
Orge de printemps	1,00	**0,45**
Avoine	1,00	**0,45**
Triticale	1,00	**0,75**
Seigle et méteils	1,00	**0,70**
Autres céréales	1,00	**0,55**

Tableau 1 : Ratios paille / grain retenus pour l'estimation des quantités de paille récoltable

PP = paille produite ; PR = Paille récoltable = fraction de 10 à 20 cm au-dessus des chaumes (AgroTransfert Picardie, 2008)

1 - Analyse technique / bilans des stocks de paille
N = 15 417 années x exploitation = 3 297 fermes x 4,7 ans
Quantité de paille consommée (t/UGB) = stock début + qté récoltée + qté achetée - qté vendue - pertes - stock fin *Pas de distinction entre paille litière et paille alimentaire*
Potentiel d'autonomie en paille (%) = qté de paille récoltée année N / qté de paille consommée année N *Valeurs plafonnées à 100 % pour les ratios supérieurs à 1*
2 – Analyse économique / poste achat de litières
N = 23 408 années x exploitation = 4 357 fermes x 5,4 ans
Achats de litières / UGB (€) = achat de litière destinée aux ateliers herbivores / total UGB herbivores *Calcul global à l'échelle de l'exploitation*
Achats de litières / charges (%) = achats de litières de l'atelier / charges courantes de l'atelier *Calcul limité à l'échelle de l'atelier herbivore principal.*

Tableau 2 – Niveaux d'analyse et effectifs mobilisés pour le volet micro-économique

Effectifs : nb d'années x exploitation (nb d'exploitations distinctes x durée moyenne de présence des exploitations en années)

Période	**P1**	**P2**	**P3**	**P4**
Années x exploitation	*3220*	*4075*	*4107*	*4015*
SAU (ha)	94	105	112	121
SCAP *(% SAU)*	14	15	15	15
SCAP *(ares/UGB)*	15	18	18	17
UGB totales	101	109	115	124
% UGB bovins lait (BL)	42	33	35	32
% UGB bovins viande (BV)	45	43	39	36
% UGB caprines (CL)	0	5	7	9
% UGB ovins lait (OL)	0	3	5	6
% UGB ovins viande (OV)	12	16	15	16
FCU (t MS/UGB)	2,7	2,7	2,9	2,9
SFP en herbe (% SFP)	85	88	88	90
% OTEX herbivores	75	76	77	80
% élevages bio	13	9	11	15
% zones de cultures	20	22	22	17
% zones d'élevage	64	58	52	52
% zones pastorales	3	5	7	9
% zones de montagne	12	15	18	22
Bovins lait (BL) *N >*	*1189*	*1281*	*1290*	*1141*
% bâtiments lisier (a)	17	19	30	41
% bâtiments fumier - (b)	35	40	38	33
% bâtiments fumier + (c)	41	33	27	22
% bâtiments fumier ++ (d)	8	7	6	3
Bovins viande (BV) *N >*	*1096*	*1148*	*973*	*835*
% bâtiments lisier (a)	4	4	6	5
% bâtiments fumier - (b)	21	19	15	11
% bâtiments fumier + (c)	29	21	18	22
% bâtiments fumier ++ (d)	45	57	61	62

Tableau 3 – Evolution du profil des exploitations qualifiées pour l'analyse technique

P1 : 2001-2005 ; P2 : 2006-2010 ; P3 : 2011-2015 ; P4 : 2016-2020 ; SCAP = Surf. céréales à paille ; FCU = Fourrages conservés utilisés (a) étable entravée ou logettes lisier ; (b) logettes paillées ; (c) S. libre + aire d'exercice ; (d) S. libre sans aire d'exercice (100% paillée)

1.2. ANALYSE MICRO-ECONOMIQUE

Les données 2001-2020 des fermes de référence INOSYS Réseaux d'élevage (Charroin *et al.*, 2005) ont été mobilisées pour analyser l'évolution des quantités de paille utilisées par les exploitations et leur degré d'autonomie vis-à-vis de cette ressource. Une analyse économique du poste « achat de litière » a ensuite été réalisée, d'abord en €/UGB à l'échelle de l'exploitation, puis en % des charges courantes de l'atelier herbivore principal. Sur les 32 667 années x exploitation disponibles, représentant 5 097 fermes présentes en moyenne 6,4 ans, un grand nombre ont été exclues car présentant des valeurs manquantes pour le bon calcul des indicateurs étudiés ou n'ayant pas satisfait aux tests de cohérence établis par le groupe de projet, d'où des effectifs différents pour les 2 niveaux analyses (tableau 2). Les traitements réalisés visaient essentiellement à caractériser la variabilité des résultats entre années x exploitations au regard de leurs caractéristiques structurelles et fonctionnelles (tableau 3). **Il est important de souligner que les évolutions présentées dans cette étude n'ont pas été établies à échantillons constants**. Elles résultent donc à la fois de l'évolution de la composition des échantillons suivis au fil des périodes et de l'évolution propre des exploitations, même si ces dernières sont avant tout choisies pour représenter la diversité des systèmes en place dans leurs territoires. Pour simplifier la présentation et réduire l'effet de conjonctures annuelles spécifiques, l'analyse a été réalisée par périodes quinquennales (P1 = 2001-2005 à P4 = 2016-2021) avec un taux de recouvrement des échantillons de 22 à 27 % entre périodes consécutives.

2. RESULTATS

2.1. ANALYSE MACRO-ECONOMIQUE

Entre 2000 et 2020, la surface nationale en céréales à paille s'est maintenue entre 7 et 8 millions d'ha, avec un point bas à 7,1 millions d'ha en 2020 (tableau 4). Le tonnage de paille récoltable théorique maximal (PRTM) obtenu par application des ratios paille/grain a oscillé annuellement entre 25 et 34 millions de tonnes en lien avec la surface et le rendement en grain des différentes céréales à paille.

Année	2000	2005	2010	2015	2020
Gisement de paille					
Surfaces (x 10^6 ha)	7,23	7,42	7,56	7,88	7,08
Rendt en grain *(qtx/ha)*	68,0	67,2	67,4	74,4	61,2
Rendt en paille *(t/ha)*	4,0	3,9	4,0	4,4	3,6
PRTM (x 10^6 tonnes)	**28,9**	**29,3**	**30,1**	**34,4**	**25,2**
Destinations					
Enfouissement (x 10^6 t)	5,3	5,3	5,5	6,3	4,6
Elevage * (x 10^6 t)	*nc*	*nc*	*nc*	18,0	16,7
dt secteur bovin (x 10^6 t)	*nc*	*nc*	*nc*	*17,2*	*15,9*
Autres ** (x 10^6 t)	*nc*	*nc*	*nc*	10,1	3,9

Tableau 4 : Evolution du gisement national de paille

Source : Agreste ; traitement Chambres d'agriculture France
PRTM = quantité de Paille Récoltable Théorique Maximal

** secteurs bovins, ovins, caprin, porcin ; ** y c. volailles et équins*

Le point bas de 25,2 millions de tonnes de paille « récoltable » obtenu pour 2020 s'explique à la fois par une réduction des surfaces et une baisse conjoncturelle des rendements. Il s'est traduit par des tensions particulièrement ressenties par les éleveurs, surtout en montagne et dans les zones frontalières du Benelux et de l'Italie. D'après les données de l'enquête « Pratiques d'élevage » (Agreste, 2015), la quantité de paille consommée en 2015 par les élevages herbivores et porcins s'élevait à 18,0 millions de tonnes (hors volailles et équins), dont 17,2 millions pour le seul secteur bovin. En tenant compte de la diminution du cheptel bovin survenue entre 2015 et 2020 (14,3 *vs* 13,2 millions d'UGB) et en conservant le même niveau de consommation / UGB établi en 2015 (1,2 t/UGB), le tonnage de paille consommé en 2020 par le secteur bovin s'élèverait à 15,9 millions de tonnes. En déduisant l'estimation des quantités directement restituées au champ établie par Le Gall *et al.* en 2010, on aboutit à un gisement résiduel disponible

pour les autres usages de 10,1 millions de tonnes en 2015 qui se resserrerait à 3,9 millions de tonnes en 2020, d'où les tensions ressenties sur le marché.

2.2. ANALYSE MICRO / VOLET TECHNIQUE

Toutes productions confondues, les consommations de paille par exploitation ont augmenté de façon importante au fil des périodes étudiées : + 32 tonnes entre P1 et P4, soit + 36 % (tableau 5), en grande partie du fait de l'accroissement de la taille des troupeaux : + 22 UGB par exploitation, soit + 22 % (tableau 2). En comparaison, les consommations par UGB n'ont que très légèrement augmenté entre 2001-2005 et 2006-2010 puis semblent s'être stabilisées autour de 0,95 t/UGB, sauf en bovins viande où l'on passe progressivement de 0,9 à 1,1 t/UGB entre P1 et P4. Cette particularité s'explique en grande partie par l'évolution des types de bâtiments bovins viande (Capdeville *et al.*, 2021), avec un net développement des aires paillée intégrales (P1 : 45 % ; P4 : 62 %) et une proportion de logettes restant très inférieure à celle observée en bovins lait (tableau 2). Les écarts de quantités de paille utilisées par UGB s'expliquent principalement par la part de céréales à paille dans la SAU (tableau 6). Ce facteur explique à lui seul près de 30 % des écarts entre années x exploitation, suggérant que la majorité des éleveurs tendent à ajuster leur surface en céréales à paille à leurs besoins lorsque leur contexte le permet. Les écarts de consommations par UGB entre zones sont également non négligeables : 0,6 t/UGB en zones de montagne et en zones pastorales, contre 1,4 t/UGB en zones de cultures (tableau 6). Cette tendance à ajuster la consommation de paille à sa disponibilité intra-exploitation apparaît également dans la comparaison entre orientation herbivores et orientation polyculture-élevage (respectivement 0,8 et 1,5 t/UGB). Le 2e facteur explicatif des écarts de consommations par UGB est le type de bâtiment (information disponible uniquement en bovins), avec un écart de 0,4 à 0,5 tonnes de paille / UGB entre bâtiments de type lisier ou logettes paillées et bâtiments à aires paillées (tableau 6).

L'écart de temps passé par les animaux en bâtiment, approché ici via la quantité de fourrages conservés utilisée / UGB, arrive en 3e position avec un écart de 0,5 tonne de paille par UGB entre les quartiles 1 et 4 construits sur cette variable.

Période	P1	P2	P3	P4	**P1-P4**	
Ensemble des exploitations						
N	*3220*	*4075*	*4107*	*4015*	*15417*	
Récolté *(t/an)*	49,9	62,6	65,2	67,9	**62,0**	*(76,3)*
Rendt (t/ha)	*3,8*	*3,7*	*3,6*	*3,6*	***3,7***	*(1,2)*
Utilisé *(t/an)*	90,5	102,9	113,3	122,9	**108,3**	*(102)*
Utilisé *(t/UGB)*	0,88	0,94	0,95	0,96	**0,93**	*(0,63)*
Autonomie *(%)*	52,4	55,0	51,8	50,7	**52,5**	*(38,1)*
Freq. 100 %	*23 %*	*25 %*	*22 %*	*22 %*	***23 %***	
Acheté *(t/an)*	44,9	44,2	54,7	59,1	**51,0**	*(75,7)*
Prix achat (€/t)	*46,6*	*50,7*	*61,9*	*65,6*	***58,1***	*(30,5)*
Vendu *(t/an)*	3,6	4,9	5,9	6,1	**5,2**	*(24,5)*
Par type d'atelier herbivore principal						
BL	*1412*	*1485*	*1541*	*1404*	*5842*	
Utilisé *(t/UGB)*	0,97	1,01	0,97	0,95	**0,97**	*(0,65)*
Autonomie *(%)*	58,3	61,2	53,8	53,1	**56,6**	*(37,1)*
BV	*1365*	*1442*	*1253*	*1133*	*5193*	
Utilisé *(t/UGB)*	0,91	0,99	1,08	1,12	**1,02**	*(0,58)*
Autonomie *(%)*	44,3	45,1	43,4	42,6	**43,9**	*(35,5)*
CL	*(a)*	*249*	*351*	*418*	*1018*	
Utilisé *(t/UGB)*		1,20	1,11	1,17	**1,15**	*(0,78)*
Autonomie *(%)*		59,1	53,1	54,0	**54,9**	*(40,7)*
OL	*(a)*	*144*	*221*	*286*	*651*	
Utilisé *(t/UGB)*		0,76	0,70	0,80	**0,76**	*(0,45)*
Autonomie *(%)*		42,4	48,0	48,5	**47,0**	*(40,8)*
OV	*443*	*755*	*741*	*774*	*2713*	
Utilisé *(t/UGB)*	0,54	0,62	0,71	0,68	**0,65**	*(0,57)*
Autonomie *(%)*	58,8	62,8	62,4	57,5	**60,5**	*(39,9)*

Tableau 5 – Evolution du bilan paille des exploitations

P1 : 2001-2005 ; P2 : 2006-2010 ; P3 : 2011-2015 ; P4 : 2016-2020 N = années x exploitation ; moyenne *(écart-type) ; Freq. 100 % = % d'exploitations potentiellement autonomes à 100 % (a) pas de suivis sur la période*

Facteurs analysés		*N*	**Conso. / UGB** (t)		**Autonomie** (%)		**Freq. 100%**
Surface en céréales à paille	< 5 % de la SAU	*3 916*	**0,64**	*(0,49)*	**6,9**	*(18,4)*	1,6 %
	5 à 15 % de la SAU	*4 761*	**0,78**	*(0,47)*	**53,1**	*(29,8)*	16,2 %
	15 à 25 % de la SAU	*3 660*	**0,98**	*(0,52)*	**72,6**	*(25,4)*	30,0 %
	> 25 % de la SAU	*3 045*	**1,51**	*(0,76)*	**86,6**	*(19,4)*	51,8 %
Orientation base OTEX	Spécialisé herbivores	*11 843*	**0,81**	*(0,52)*	**45,9**	*(37,3)*	16,9 %
	Herbivores + grandes cultures	*2 149*	**1,55**	*(0,80)*	**84,6**	*(23,3)*	52,1 %
Type de bâtiment bovin (a)	Lisier *(logettes ou stab. entravées)*	*1 481*	**0,64**	*(0,52)*	**54,1**	*(40,4)*	27,5 %
	Fumier **-** *(logettes ou stab. entravées)*	*2 474*	**0,81**	*(0,52)*	**53,6**	*(37,6)*	22,0 %
	Fumier **+** (*aire paillée + aire exercice)*	*2 410*	**1,15**	*(0,61)*	**49,4**	*(34,4)*	15,1 %
	Fumier **++** (*aire 100 % paillée)*	*2 532*	**1,16**	*(0,62)*	**44,9**	*(35,8)*	14,5 %
Quantité de fourrages conservés utilisée	< 2,0 t MS / UGB	*3 551*	**0,70**	*(0,55)*	**46,4**	*(40,8)*	23,5 %
	2,0 à 2,6 t MS / UGB	*3 919*	**0,87**	*(0,58)*	**46,3**	*(37,4)*	18,3 %
	2,7 à 3,5 t MS / UGB	*4 034*	**0,96**	*(0,57)*	**53,5**	*(36,5)*	20,8 %
	> 3,5 t MS / UGB	*3 913*	**1,19**	*(0,71)*	**63,2**	*(35,2)*	28,5 %
Zones d'élevage	Zones de cultures	*3 164*	**1,39**	*(0,80)*	**66,6**	*(35,7)*	34,7 %
	Zones d'élevage	*8 659*	**0,90**	*(0,53)*	**50,6**	*(36,8)*	19,5 %
	Zones pastorales	*971*	**0,65**	*(0,50)*	**60,8**	*(39,6)*	34,3 %
	Zones de montagne	*2 623*	**0,60**	*(0,44)*	**38,6**	*(38,3)*	14,8 %
Atelier herbivore (b)	Bovin lait spécialisé	*4 290*	**0,97**	*(0,67)*	**57,3**	*(37,3)*	24,8 %
	Bovin viande spécialisé	*5 023*	**1,02**	*(0,58)*	**43,9**	*(35,5)*	14,2 %
	Caprin spécialisé	*794*	**1,20**	*(0,83)*	**57,7**	*(41,1)*	32,1 %
	Ovin lait spécialisé	*368*	**0,93**	*(0,45)*	**64,3**	*(34,8)*	29,1 %
	Ovin viande spécialisé	*1 849*	**0,63**	*(0,61)*	**63,4**	*(40,8)*	40,9 %
Mode de conduite	Bio	*13 413*	**0,95**	*(0,64)*	**53,1**	*(38,2)*	23,4 %
	Conventionnel	*1 808*	**0,85**	*(0,54)*	**47,3**	*(36,8)*	17,5 %

Tableau 6 – Consommations et autonomie en paille des exploitations selon leurs caractéristiques et modes de conduite

N = années x exploitation ; Moyenne *(écart-type) ; Freq. 100 % = % d'exploitations potentiellement autonomes à 100 % (a) exploitations sans ateliers autres que BL, BV ou BL-BV ; (b) exploitations ayant l'atelier considéré comme seul atelier herbivore*

Tel que défini au tableau 2, le potentiel d'autonomie en paille des exploitations se situe en moyenne à 52,5 % et a diminué de 5 points entre P2 et P4 passant de 55,0 à 50,7 % (tableau 5). La proportion d'exploitations totalement autonomes en paille atteint 22 % sur la dernière décennie, en très légère baisse par rapport à la décennie précédente. Les écarts de niveaux d'autonomie s'expliquent bien évidemment d'abord par la proportion de céréales à paille dans la SAU, laquelle est plus ou moins liée au type de zone et à l'orientation du système (OTEX). Les autres facteurs s'avèrent peu explicatifs, suggérant une relative indépendance entre autonomie en paille et quantité de paille utilisée par UGB (tableau 6).

2.3. ANALYSE MICRO / VOLET ECONOMIQUE

Les exploitations qui achètent de la paille ont vu son prix passer en moyenne de 49 €/t à 65 €/t entre P1 et P4, soit + 34 % tous volumes et modalités d'achat confondus (rendu ferme, achat sur pied ou échanges paille-fumier). A noter que sur la seule période 2016-2020 les prix ont progressé de près de 30 % (figure 1), atteignant en moyenne 74 €/t en 2020 (60 € en plaine et 91 € en montagne). Ramené à l'UGB, le coût des achats de litières a augmenté de 7 €/UGB entre P1 et P4 (+ 47 %) mais son poids dans l'ensemble des charges est resté stable, autour de 1,8 % des charges courantes de l'atelier principal, ces dernières ayant progressé en parallèle de 15 à 35 % selon les productions (tableau 7). Le poste achats de litières pèse moins lourd en bovins lait qu'en bovins viande (respectivement 1,4 % *vs* 2,8 % des charges courantes), et chez ces derniers son poids s'est nettement accru, passant de 2,4 % (P1) à 3,5 % (P4). Il représente moins de 1 % des charges courantes dans les ateliers ovins viande et caprins. Si les écarts de montant d'achat de litières/UGB entre élevages s'expliquent assez bien (R^2 proches de 30 %), notamment par la part de surfaces en céréales dans la SAU et la proximité aux zones de production (tableau 8), il n'en va pas de même pour les écarts de poids des achats de litière dans les charges courantes des ateliers (R^2 toujours inférieurs à 5 %). Ce dernier critère est en effet fortement lié au niveau global (très variable) et à l'évolution des charges courantes des ateliers.

Période	P1	P2	P3	P4	**P1-P4**	
Ensemble des exploitations						
N	*4945*	*6335*	*6529*	*5599*	*23408*	
Prix *(€/t)*	48,8	51,9	61,3	65,4	**58,9**	*(31,3)*
€ / UGB *(€)*	14,8	14,3	19,1	21,7	**17,5**	*(23,6)*
% charges	1,9	1,6	1,8	1,9	**1,8**	*(2,4)*
Par type d'atelier herbivore principal						
BL	*1798*	*2202*	*2329*	*1976*	*8305*	
Prix *(€/t)*	50,8	53,5	61,7	67,3	**60,2**	*(33,3)*
€ / UGB *(€)*	16,0	15,3	20,7	22,1	**18,6**	*(24,3)*
% charges	1,5	1,3	1,4	1,5	**1,4**	*(1,9)*
Ch. tot. *(€/UC)*	271	283	307	306	**293**	*(54)*
BV	*2735*	*2509*	*2060*	*1558*	*8862*	
Prix *(€/t)*	45,7	48,8	56,3	57,8	**53,1**	*(26,8)*
€ / UGB *(€)*	15,2	17,9	24,2	27,6	**20,2**	*(23,1)*
% charges	2,4	2,6	3,1	3,5	**2,8**	*(3)*
Ch. tot. *(€/UC)*	205	217	236	238	**221**	*(48)*
CL	*(a)*	*464*	*817*	*804*	*2085*	
Prix *(€/t)*		59,5	65,9	74,6	**69,0**	*(38,3)*
€ / UGB *(€)*		9,4	13,9	21,6	**15,9**	*(28,3)*
% charges		0,5	0,6	0,8	**0,7**	*(1,2)*
Ch. tot. *(€/UC)*		777	953	1073	**960**	*(541)*
OL	*(a)*	*123*	*225*	*294*	*642*	
Prix *(€/t)*		64,6	76,7	79,1	**75,6**	*(23,7)*
€ / UGB *(€)*		22,5	23,1	27,6	**25,0**	*(28,3)*
% charges		1,9	1,6	1,7	**1,7**	*(1,8)*
Ch. tot. *(€/UC)*		933	1044	1082	**1040**	*(243)*
OV	*412*	*1037*	*1098*	*967*	*3514*	
Prix *(€/t)*	55,4	52,2	65,0	64,7	**60,9**	*(31,7)*
€ / UGB *(€)*	6,7	5,1	9,0	9,6	**7,7**	*(14,3)*
% charges	1,0	0,6	1,0	0,9	**0,8**	*(1,5)*
Ch. tot. *(€/UC)*	6,2	6,8	7,7	7,9	**7,3**	*(2,2)*

Tableau 7 – Evolution du poste « Achat de litières »

N = années x exploitation ; moyenne *(écart-type) ; Prix = paille achetée ; € / UGB = achats litières herbivores ; % charges = achats de litières de l'atelier / charges courantes de l'atelier ; Ch. tot = charges courantes de l'atelier ; UC = €/1000 lit. en BL-CL-OL, €/100 kg de viande vive en BV, €/kg eq. carcasse agneaux en OV (a) pas de suivis sur la période*

Facteurs analysés		*N*	**Montant / UGB** (€)		**% des charges**		**Prix d'achat** (€/t)	
Surface en céréales à paille	< 5% de la SAU	*5 884*	**26,7**	*(25,8)*	**2,8**	*(2,8)*	**66,1**	*(31,4)*
	5 à 15% de la SAU	*6 388*	**21,4**	*(23,1)*	**2,3**	*(2,6)*	**59,4**	*(30,3)*
	15 à 25% de la SAU	*4 922*	**14,6**	*(20,8)*	**1,4**	*(2,0)*	**53,2**	*(29,1)*
	> 25% de la SAU	*6 098*	**6,9**	*(18,4)*	**0,6**	*(1,5)*	**40,9**	*(27,4)*
Orientation base OTEX	Spécialisé herbivores	*16 273*	**21,0**	*(24,2)*	**2,2**	*(2,6)*	**61,4**	*(31,3)*
	Herbivores + grandes cultures	*5 105*	**6,2**	*(17,4)*	**0,6**	*(1,5)*	**38,1**	*(25,5)*
Type de bâtiment bovin (a)	Lisier *(logettes / entravé)*	*2 210*	**14,6**	*(19,6)*	**1,2**	*(1,7)*	**71,5**	*(34,8)*
	Fumier **-** *(logettes / entravé)*	*3 732*	**16,5**	*(21,3)*	**1,6**	*(2,1)*	**62,4**	*(30,0)*
	Fumier **+** (*aire paillée + exercice)*	*3 321*	**24,4**	*(26,2)*	**2,5**	*(2,7)*	**53,3**	*(26,4)*
	Fumier **++** (*aire 100% paillée)*	*4 515*	**19,3**	*(22,5)*	**2,6**	*(2,9)*	**48,0**	*(26,3)*
Quantité de fourrages conservés utilisée	< 2,0 t MS / UGB	*5 492*	**14,1**	*(19,1)*	**1,9**	*(2,6)*	**59,6**	*(29,1)*
	2,0 à 2,6 t MS / UGB	*5 791*	**18,4**	*(21,9)*	**2,3**	*(2,7)*	**58,5**	*(29,7)*
	2,7 à 3,5 t MS / UGB	*5 898*	**19,3**	*(24,0)*	**1,8**	*(2,4)*	**59,6**	*(31,7)*
	> 3,5 t MS / UGB	*6 226*	**18,1**	*(27,5)*	**1,2**	*(1,9)*	**57,8**	*(34,0)*
Zones d'élevage	Zones de cultures	*6 506*	**8,6**	*(17,0)*	**0,8**	*(1,5)*	**36,7**	*(25,9)*
	Zones d'élevage	*11 466*	**22,5**	*(24,8)*	**2,4**	*(2,7)*	**57,6**	*(28,4)*
	Zones pastorales	*1 700*	**12,7**	*(24,4)*	**0,8**	*(1,5)*	**73,1**	*(34,4)*
	Zones de montagne	*3 736*	**20,0**	*(24,4)*	**2,1**	*(2,6)*	**75,7**	*(29,8)*
Atelier herbivore (b)	Bovin lait spécialisé	*6 371*	**18,5**	*(24,7)*	**1,4**	*(1,9)*	**61,3**	*(33,9)*
	Bovin viande spécialisé	*8 659*	**20,3**	*(23,2)*	**2,8**	*(3,0)*	**53,3**	*(26,7)*
	Caprin spécialisé	*1 757*	**14,4**	*(28,2)*	**0,5**	*(1,0)*	**70,7**	*(40,1)*
	Ovin lait spécialisé	*394*	**24,3**	*(31,9)*	**1,5**	*(1,8)*	**75,7**	*(24,7)*
	Ovin viande spécialisé	*2 665*	**5,8**	*(11,8)*	**0,7**	*(1,3)*	**64,3**	*(33,8)*
Mode de conduite	Bio	*2 327*	**21,9**	*(27,0)*	**2,2**	*(2,7)*	**62,6**	*(32,8)*
	Conventionnel	*20 809*	**17,0**	*(23,1)*	**1,8**	*(2,4)*	**58,4**	*(31,0)*

Tableau 8 – Coût du poste achats de litières des exploitations selon leurs caractéristiques et modes de conduite

N = années x exploitation ; Moyenne *(écart-type) ; Montant = achats de litière ; % des charges courantes de l'atelier ; Prix d'achat (de la paille) (a) exploitations sans ateliers autres que BL, BV ou BL-BV ; (b) exploitations ayant l'atelier considéré comme seul atelier herbivore*

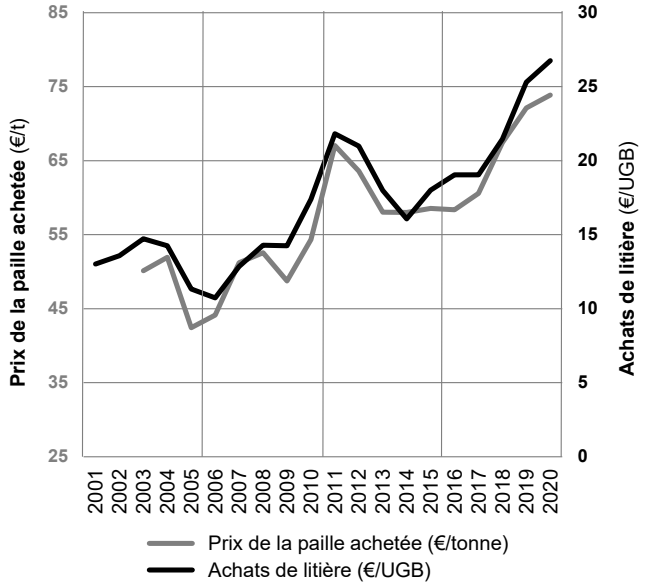


Figure 1 – Evolution du prix de la paille achetée (€/t) et du coût des achats de litière (€/UGB) sur la période étudiée

3. DISCUSSION

Notre estimation du gisement national de paille et de son usage par le secteur de l'élevage semble rejoindre celle obtenue lors de travaux antérieurs (Le Gall, 2010) et conduit à des volumes de paille récoltables théoriques maximaux très similaires. Elle repose toutefois sur des coefficients paille/grain qui restent discutables, et sur une estimation très sommaire des quantités broyées et restituées au champ. Ces dernières peuvent en effet varier d'une année sur l'autre selon les choix réalisés par les céréaliers de les exporter ou de les restituer, choix arbitrés par des logiques agronomiques mais aussi par les opportunités financières qu'offrent le marché de la paille.

Les données issues de l'enquête « Pratiques d'élevage » (Agreste, 2015) conduisent à situer la consommation moyenne de paille des élevages herbivores à 1,20 t/UGB, contre 0,96 t/UGB dans les fermes de référence INOSYS Réseaux d'élevage (période P4). Si l'on appliquait cette référence de 0.96 t/UGB aux données de l'enquête « Pratiques d'élevage » de 2015, l'estimation du tonnage de paille utilisé cette année-là par le secteur élevage tomberait à 14 millions de tonnes au lieu de 18 millions (hors volailles et équins), ce qui augmenterait considérablement l'estimation des tonnages disponibles pour l'enfouissement et/ou les autres usages.

Le volet micro-économique de cette étude repose sur l'échantillon des fermes de référence INOSYS Réseaux d'élevage, dont la représentativité est souvent questionnée. Si leur dimension et leur efficience économique sont supérieures à la moyenne nationale (résultats courants supérieurs de 50 à 75 % à la moyenne du RICA selon les filières et les années), leur fonctionnement technique reste toutefois comparable à celui des exploitations de leurs territoires.

Cette analyse rétrospective sur 20 ans ne permettait évidemment pas de travailler à échantillon constant, et cela entache inévitablement les résultats d'un biais lié aux différences de composition de l'échantillon entre années, biais que nous avons essayé de limiter en optant pour des comparaisons quinquennales. A signaler notamment l'absence d'exploitations caprines et ovins lait sur la période P1, même si ces dernières ne représentent qu'une faible part de l'échantillon sur les autres périodes. Ce choix de périodes quinquennales visait aussi à réduire autant que possible les biais liés à la fréquence d'années climatiques difficiles entre périodes. On dénombre en effet pour chaque période deux années à déficit important de rendement des prairies permanentes (ISOP, 2001-2020) ayant pu conduire à un surcroît d'achat de paille à des fins alimentaires : 2003 et 2005 (P1), 2006 et 2010 (P2), 2011 et 2015 (P3), 2019 et 2020 (P4).

Le volet technique de cette étude apporte des références précieuses sur l'évolution des quantités de paille utilisées par exploitation et l'autonomie en paille des systèmes d'élevage herbivores en France. Mais sur le plan économique, l'analyse reste limitée au poste « achats de litières » et nous n'avons pas abordé ici la question du coût de production de la paille autoproduite. Cette question mériterait une analyse spécifique, réalisable en partant du coût des céréales intra-consommées. D'après Jousseins *et al.* (2021), en 2019 il était plus rentable pour les exploitations ovines allaitantes du Sud-ouest de produire paille et céréales sur leur exploitation plutôt que de les acheter. Il est probable que ce qui était vrai en conjoncture 2019 le soit encore plus aujourd'hui ; mais augmenter l'autonomie en paille du système implique souvent de réduire en contrepartie son autonomie alimentaire et protéique. L'intérêt économique de l'opération est à étudier au cas par cas. Des simulations réalisées récemment dans le Massif-central devraient pouvoir prochainement éclairer le sujet (INOSYS Réseaux d'élevage, 2022).

CONCLUSION

Cette étude a permis d'éclairer la montée des préoccupations du monde de l'élevage vis-à-vis de la ressource en paille et les tensions croissantes observées sur ce marché. Si le gisement national de paille récoltable semble assez clairement estimé à 25 millions de tonnes en 2020, l'incertitude demeure quant à l'allocation des tonnages non utilisés par le secteur élevage. Crédités d'une consommation moyenne de 0,96 tonnes de paille par UGB en 2016-2020, les systèmes herbivores français affichent un niveau d'autonomie en paille proche de 50%, en diminution de 5 points depuis 2006-2010.Contrairement à ce qu'on pourrait penser, les systèmes les plus autonomes en paille ne sont pas ceux qui en consomment le moins, la consommation de paille tendant en fait à s'ajuster tant bien que mal aux capacités de l'exploitation à en produire. Ramené à l'UGB, le coût du poste achats de litières a augmenté de 47 % entre 2001-2005 et 2016-2020, en lien direct avec l'évolution du prix de la paille achetée. A l'exception des ateliers bovins viande, le poids des achats de litières au sein de l'ensemble des charges courantes des ateliers herbivores est cependant resté relativement stable (autour de 1,8 %) du fait de l'augmentation concomitante de leurs autres dépenses courantes. Avec l'envolée actuelle du prix des intrants liée à la crise ukrainienne, il ne serait pas surprenant que la part du poste achats de litières dans le panier global de charges des exploitations se mette à diminuer, reléguant provisoirement la préoccupation « paille » des éleveurs au second plan. Leur intérêt pour l'usage et/ou l'autoproduction de substrats alternatifs à la paille, ou pour des types de bâtiments moins consommateurs en sera-t-il affecté ? Rien n'est moins sûr …

Etude réalisée avec le soutien financier de la CNE. Merci aux conseillers ayant assuré l'enregistrement des données valorisées dans cette étude.

Agreste, 2015. Enquête « Pratiques d'élevage »
Agro Transfert Picardie, 2008. Guide « exportation »
Capdeville J. *et al.*, 2021. DTE Idele, 4, 22-25
Charroin T. *et al.*, 2005. Renc. Rech. Ruminants, 12, 335-33
Griffaut G., 2009. Perspectives agricoles, 354, 28-29
INOSYS Réseaux d'élevage, 2014. Présentation dispositif
INOSYS Réseaux d'élevage, 2022. Dossier Théma INOSYS spécial paille (à paraître)
ISOP, 2001-2020. Explorateur cartographique
Jousseins C. *et al.*, 2021. Dossier Théma INOSYS, réf. Idele 00 21 601 016
Le Gall A., 2010. Diaporama non publié
Lucbert J. *et al.*, 2015. INRAE Prod. Anim., 28 (1), 77-88

Evaluation agroécologique multicritère de Marcinelle, un système d'élevage laitier éco-citoyen innovant dans le Massif central

BOUCHON M. (1), LATIMIER D. (1), POMIES D. (2)
(1) INRAE, UE Herbipôle, 63122 Saint-Genes-Champanelle, France
(2) INRAE, Université Clermont Auvergne, VetAgro Sup, UMR Herbivores, 63122 Saint-Genes-Champanelle, France

RESUME – L'élevage, notamment laitier, est aujourd'hui remis en question par la société, de par les impacts qu'il aurait sur l'environnement, le bien-être animal… Au sein du projet de recherche participative Coccinelle (CO-Concevoir avec les CItoyens un Nouvel ELevage Laitier Ecologique de montagne), un ensemble de pratiques innovantes et en rupture, co-construites avec un large panel de professionnels de l'agriculture, de l'environnement et des citoyens, sont testées par le biais d'une expérimentation système : Marcinelle. Cet essai fait l'objet d'une évaluation continue de la part du collectif, et les pratiques sont vouées à évoluer chemin faisant pour répondre au mieux aux objectifs fixés. Un diagnostic agroécologique multicritère a ainsi été développé pour objectiver cette évaluation. Grâce à une combinaison d'indicateurs provenant de 5 diagnostics déjà existant, l'évaluation du système a porté sur l'autonomie du système, le bien-être animal, l'impact environnemental, les services écosystémiques fournis, la qualité des produits et les conditions de travail de l'éleveur. Si les résultats montrent que le système s'intègre bien dans une démarche agroécologique, des marges de progrès ont pu être identifiées pour faire évoluer les pratiques.

Multicriteria agroecological assessment of an innovative dairy farming system meeting citizen expectation in the Massif Central

BOUCHON M. (1), LATIMIER D. (1), POMIES D. (2)
(1) INRAE, UE Herbipôle, 63122 Saint-Genes-Champanelle, France

SUMMARY – Nowadays, ruminant farming system, and dairy farming system notably, are questioned by consumers with regards to the impacts they could have on environment, animal welfare... Within the frame of the Ladybug project, which aimed at co-designing with citizen an innovative dairy system meeting their expectation, a set of practices, developed with a large group of professional from agriculture, environment and citizens, is tested within a system experiment named Marcinelle. This trial is subject to a continuous evaluation and practices evolve *in itinere* to match the objectives. A multicriteria agroecological diagnostic have been design to objective the evaluation of the system. Based on indicators chosen in 5 already existing diagnostics, it permits to evaluate feed autonomy, animal welfare, product quality, environmental impact, ecosystemic services and farmer well-being. If the results showed that the system is already engaged in an agroecological approach, progress margin were identified to adapt some practices.

INTRODUCTION

L'agroécologie propose de reconcevoir les systèmes d'élevage pour faire face aux enjeux auquel il est confronté, via 5 principes fondamentaux : gestion intégrée de la santé animale, réduction des intrants, bouclage des cycles, utilisation de la biodiversité pour accroître la résilience et préservation de la biodiversité (Dumont *et al.*, 2013).

Le projet de recherche-action-participation Coccinelle (CO-Concevoir avec les CItoyens un Nouvel ELevage Laitier Ecologique de montagne) a pour objectif de co-concevoir avec différents acteurs du Massif central de futurs systèmes laitiers de montagne, qui répondront aux attentes sociétales (bien-être animal, préservation de l'environnement, qualité des produits et bien-être des agriculteurs). Une expérimentation système, nommée Marcinelle, est menée à l'Herbipôle INRAE de Marcenat depuis mars 2020. Cette expérimentation permet de tester des pratiques d'élevage agroécologiques en rupture (Bouchon *et al.*, 2020), telles que l'élevage des veaux laitiers sous la mère ou l'alimentation sans concentrés et exclusivement à l'herbe. Après plus d'un an d'expérimentation, Marcinelle a produit de nombreux résultats et ses performances agroécologiques nécessitent d'être évaluées, notamment pour faire évoluer les pratiques testées et en améliorer l'impact.

De nombreux impacts positifs des pratiques agroécologiques sont maintenant bien connus séparément, mais il est encore nécessaire d'identifier les aspects positifs de ces pratiques dans leur ensemble (Mottet *et al.*, 2020), via la mise en place d'évaluations multicritères (Botreau *et al.*, 2014).

La mise en place d'une évaluation agroécologique multicritère est essentielle pour prendre le recul nécessaire à l'évaluation et à l'adaptation des pratiques mises en œuvre dans Marcinelle. L'objectif du présent travail est donc de concevoir et de mettre en œuvre une méthode d'évaluation multicritère adaptée à Marcinelle.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. OBJECTIFS ET CONTRAINTES DE L'EVALUATION MUTLICRITERE

1.2.

Ce diagnostic sera réalisé tous les ans pour fournir un aperçu de la performance agroécologique de Marcinelle, avec un focus sur six sujets : autonomie, bien-être animal, environnement, services éco-systémiques, qualité des produits et qualité de vie de l'éleveur au travail, même si ce dernier point est délicat à évaluer en station expérimentale (main d'œuvre importante et pas spécifiquement dédiée à l'expérimentation concernée). L'évaluation est réalisée à l'échelle du système étudié mais doit tenir compte des impacts globaux. *In fine*, elle doit proposer un set d'indicateurs clairs pour évaluer le système dans son ensemble, mais aussi les pratiques mises en œuvre.

Le développement d'un outil complet étant particulièrement long et nécessitant l'intervention d'un nombre important d'experts (Bockstaller *et al.*, 2013), le choix a été fait de proposer un diagnostic résultant de la compilation d'indicateurs préexistants, provenant d'outils déjà éprouvés, pour analyser le système sur les critères précédemment cités.

1.3. SELECTION DES INDICATEURS
1.4.

Un ensemble d'indicateurs a été extrait des diagnostics retenus après leur mise en oeuvre sur Marcinelle. Un indicateur est pertinent si :

(i) il aborde un thème important pour le projet,

(ii) il peut être utilisé pour évaluer Marcinelle, compte-tenu de la contrainte expérimentale (moyens utilisés, insertion dans un structure plus grande…)

(iii) l'unité à laquelle il est ramené correspond à la finalité de Coccinelle. Les unités de surface décrivent mieux les questions environnementales, tandis que les unités économiques ou de production sont adaptées pour mettre en avant la rentabilité ou la capacité à produire de la nourriture (Bockstaller *et al.*, 2013).

(iv) les informations prises en compte dans le calcul sont pertinentes pour Marcinelle. Par exemple, un indicateur prenant en compte les cultures n'est pas pertinent car il n'y a pas de cultures dans le système.

Si deux indicateurs issus de deux diagnostics fournissent une information similaire, l'analyse de leur méthodologie de construction permet de retenir le plus adapté aux systèmes laitiers de montagne.

2. RESULTATS

2.1. CHOIX DES DIAGNOSTICS RETENUS

Après avoir étudié plus de 60 diagnostics existants, cinq d'entre eux ont finalement été retenus sur la base de leur pertinence vis-à-vis de l'évaluation de Marcinelle, notamment en terme d'adéquation de la production concerné, de l'ancrage géographique ou de l'accessibilité de leur méthode de conception.

(i) Welfare Quality® (**WQ**) développé au sein du projet européen Welfare Quality, vise à définir une technique universelle d'évaluation du bien-être animal dans les exploitations. Il représente une façon standardisée d'évaluer le bien-être animal, tant pour les vaches que pour les veaux. WQ se concentre principalement sur des mesures basées sur l'animal.

(ii) DIAgnostic Multifonctionnel des prairies AOP du Massif central (**DIAM**) développé par les acteurs des filières fromagères du Massif central, est intéressant pour sa spécificité en termes de zone géographique d'utilisation et de production concernée, et pour les informations fournies sur le système fourrager, les services environnementaux et la qualité des produits.

(iii) Calcul Automatisé des Performances Environnementales en Elevage de Ruminants (**CAP'2ER®**) développé par IDELE, traite des impacts environnementaux des élevages de ruminants, plus précisément de l'empreinte carbone, du bilan azoté, de la consommation énergétique et de la préservation de la biodiversité. Ce diagnostic est construit selon les principes de l'analyse du cycle de vie.

(iv) Indicateurs de Durabilité des Exploitations Agricoles V4 (**IDEA v4**) développé par INRAE, est un diagnostic qui étudie de manière large la durabilité des exploitations agricoles, qui, selon la FAO (2018), est étroitement liée à l'agroécologie. Elle apporte une approche plus holistique, utile pour compléter le diagnostic Marcinelle.

(v) Haute Valeur Environnementale (**HVE**) développé par le Ministère de l'Agriculture, permet de se situer par rapport à une démarche de certification nationale portant sur deux aspects principaux du projet : biodiversité et autonomie. Cette certification est notamment composée d'obligations de performances.

2.2. AUTONOMIE DU SYSTEME

En 2020, lors du démarrage de l'expérimentation, le système n'était pas autonome : du foin a été acheté pour assurer l'alimentation du troupeau avant la mise à l'herbe, représentant seulement 14% de la ration annuelle (*vs* 25-30 %, y compris achat de concentrés). Ce bon chiffre est notamment dû au fait que 82% de lait a été produit durant la période de pâturage (DIAM) et sans achat de concentrés. En ce sens, et hors aléas climatiques ou biologiques, le système fourrager est cohérent et doit permettre l'atteinte de l'autonomie alimentaire totale, notamment du fait de l'alimentation sans concentré et d'un chargement au printemps adéquat par rapport à la typologie des prairies (50 ares/UGB) (DIAM).

En termes d'énergie, Marcinelle est dépendant des énergies fossiles (fuel, électricité) à 100% mais propose une bonne gestion de la ressource en eau (IDEA v4), grâce aux équipements de gestion de l'alimentation en eau (vannes, surpresseur…).

Comme aucun intrant n'est utilisé, en dehors des produits vétérinaires, Marcinelle présente également un très bon score quant à son autonomie sur les intrants chimiques, même si une utilisation plus raisonnée des médicaments pourrait améliorer la note (IDEA v4).

2.3. BIEN-ETRE ANIMAL

Le bien-être animal au sein de Marcinelle, évalué uniquement par la méthode WQ, est globalement meilleur que la référence utilisée, basée sur des diagnostics réalisés dans 7 fermes bas-intrant situées dans le même secteur géographique.

L'« absence de faim », estimée sur la base de la Note d'Etat Corporel, et l'« absence de soif », évaluée sur les conditions d'accès à l'eau, obtiennent respectivement une note de 67/100 et de 60/100, plaçant Marcinelle proche de la référence. Etant donné que les vaches sont conduites au pâturage en été et en stabulation libre en hiver, Marcinelle obtient la note maximale quant à la « liberté de mouvement ».

Environ 47% des vaches présentent des lésions dont la surface totale est supérieure ou égale à la surface de la paume de la main, ce qui est supérieur à la référence (33%), bien qu'aucune lésion sévère n'ait été observée. Le constat est similaire concernant la présence de maladie, puisque près de deux tiers des vaches présentent des signes de troubles sanitaires (y compris jetages, représentant plus de 75% des troubles observés) contre 57% pour la référence.

Concernant les veaux, les notes sont quasiment maximales pour les questions d'alimentation (la tétée sous la mère étant assimilé à une alimentation *ad libitum*) et de logement (aire paillée chauffée attenante au parc des mères la nuit, pâturage le jour avec les mères). 17% des veaux présentant des écoulements nasaux, le score obtenu pour l'absence de maladie est un peu en deçà du score obtenu sur des veaux témoins, alimentés au distributeur automatique de lait. Les animaux (vaches et veaux) semblent plus distants de l'Homme (63% des vaches montrent un mouvement de recul lorsque l'observateur se place à moins d'un mètre du cornadis). Malgré cela, les veaux élevés par leurs mères entretiennent plus de relations interindividuelles, que cela soit entre eux ou avec les

mères, et expriment donc un répertoire comportemental plus varié.
Enfin, l'état émotionnel des vaches et des veaux est perçu comme très bon par les observateurs (71/100 pour les vaches et 69/100 pour les veaux).

2.4. ENVIRONNEMENT ET POLLUTION

Marcinelle stocke plus de carbone par ha que les systèmes de références (1970 kg éq. CO2/ha vs 1800 kg éq. CO2/ha), et il émet moins de gaz à effet de serre (2960 kg éq. CO2/ha vs 4960 kg éq. CO2/ha), résultant en une empreinte carbone nette de 67% (vs 36%) (CAP'2ER®). Le système a également un faible impact sur la qualité de l'air car il utilise peu de techniques émettrices de particules primaire et de gaz précurseurs de particules secondaires, comme le labour, et n'utilise pas de pesticides (IDEA v4). Le bilan azoté est également satisfaisant, avec un excédent de seulement 26 kg N/ha (vs 62 kg N/ha), notamment dû au fait qu'il n'y a pas de fertilisation minérale. Dans cet excédent, 38 % sont stockés dans les sols et potentiellement disponibles pour la production de biomasse (CAP'2ER).
Marcinelle n'a pas produit de déchets dangereux tels que des résidus de produits phytosanitaires ni de déchets encombrants comme le plastique (pas d'enrubannage notamment), et les quelques déchets non organiques produits sont majoritairement recyclés, d'où une note de 3/3 pour la " Gestion des déchets non organiques " (IDEA v4).
Malgré sa dépendance énergétique, Marcinelle n'a consommé que 9000 MJ/ha, soit trois fois moins que la référence (CAP'2ER®).

2.5. SERVICES ECOSYSTEMIQUES

La production alimentaire de Marcinelle permet de nourrir 6 personnes/ha/an, soit plus de deux fois moins que la référence (14 personnes/ha/an) (CAP'2ER®). Néanmoins, le système ne produisant que des ressources alimentaires non valorisables par l'Homme (foin, herbe pâturée) il obtient un très bon score au regard de la compétition feed/food (IDEA v4).
Les 15 types de prairies dénombrées, dont plus de la moitié présentent un niveau de diversité floristique important, permettent un bon équilibre entre production, souplesse d'exploitation et services environnementaux (DIAM). Par rapport à la référence, les pâturages de Marcinelle rendent des services environnementaux intéressants. Ils constituent un habitat intéressant pour la faune (2,8/4 vs 2,6/4) et les pollinisateurs (3,2/4 vs 2,7/4) et présentent une bonne capacité mellifère (3,3/4 vs 2,8/4). Aucun pesticide n'étant utilisé, Marcinelle obtient une note de 4/5 pour la "Gestion des insectes pollinisateurs et des ennemis naturels". L'intérêt patrimonial botanique et la diversité de couleur de fleurs sont également supérieurs à la référence (3,0/4 vs 2,8/4 et 3,2/4 vs 2,6/4) (DIAM). Toutefois, l'organisation spatiale des prairies est jugée moyenne (3/5) du fait d'une fragmentation trop peu importante des parcelles. La "diversité génétique" est bonne (4/5), tant du point de vue végétal qu'animal.
In fine, Marcinelle entretient l'équivalent de 1,1 ha de biodiversité/ha (vs 2,4 ha pour la référence) (CAP'2ER).

2.6. QUALITE DES PRODUITS

Avec 82% de lait produit pendant la période de pâturage, et étant donné les types prairiaux recensés, Marcinelle est en mesure de produire du lait qui permettrait la fabrication de fromages de bonne qualité. En effet, selon le DIAM, les fromages devraient être riches en acides gras d'intérêt (6,2/8) et en micronutriments (5,4/8), avec une pâte jaune attractive (6,0/8), une bonne richesse aromatique (6,6/8) et une texture fondante (6,8/8).

2.7. QUALITE DE VIE AU TRAVAIL

La charge de travail est jugée inférieure sur Marcinelle par rapport aux systèmes de référence, notamment du fait de la mise en œuvre de la monotraite de mars à août, même si le nombre d'animaux et la surface par équivalent temps plein (ETH) est supérieure à la moyenne (50 UGB/ha et 62 ha/ETH vs 37 UGB/ETH et 50 ha/ETH).
Les prairies de Marcinelle, de par leur diversité, permettent plus de souplesse de gestion, tant pour le pâturage que pour la fauche, la production étant moins sensible aux aléas (DIAM).
La manipulation des animaux de Marcinelle pourrait toutefois être plus difficile que dans des systèmes plus classiques, car les vaches et les veaux ont davantage peur des humains inconnus (WQ) (cf 2.2.).

2.8. HVE

Marcinelle répond à toutes les attentes de HVE et pourrait prétendre à l'obtention du label.

3. DISCUSSION

Si l'on se réfère aux cinq principes de l'agroécologie tels que définis par Dumont *et al.* (2013), Marcinelle montre des résultats particulièrement intéressants. Cependant, des marges de progrès sont encore envisageables.
L'utilisation de races plus rustiques pourraient permettre de mieux valoriser la ressource en herbe, notamment quand elle devient moins digestible et/ou plus rare, en partant du principe que ces animaux seront plus résilients en cas de problèmes de disponibilité/qualité de la ressource. Cela permettrait de plus d'améliorer la note « Absence de faim prolongée » obtenue dans WQ, qui est principalement dû au fait que les Holsteins présentes dans le troupeau sont peu adaptés à des systèmes aussi extensifs, puisqu'elles ont plus tendance à privilégier leur fonction de production, au détriment du maintien de leur état corporel (Dezetter *et al.*, 2019). L'amélioration de la rusticité du troupeau permettrait également la réduction de l'usage d'intrants vétérinaires, tandis que le recours à une alternance dans l'usage des molécules actives permettrait de limiter les risques d'antibiorésistance et par conséquent le recours aux médicaments.
Concernant le bien-être animal, l'élevage des veaux sous la mère semble être très positif dans le système, en permettant notamment l'expression d'une gamme comportementale plus étendue pour toutes les catégories d'animaux, quand bien même cela tende à rendre vaches et veaux plus distants envers l'humain. Une attention particulière est toutefois à porter aux pratiques de sevrage, de façon à minimiser le stress qu'il génère (Meagher *et al.*, 2019).
D'un point de vue environnemental, Marcinelle bénéficierait à renforcer la présence d'infrastructures écologiques, comme les haies notamment, qui permettent un meilleur accueil de la biodiversité en plus d'améliorer l'empreinte carbone (Dollé *et al.*, 2013), bien que le parcellaire constitué à 100% de prairies permanentes et le non-recours à la fertilisation minérale permettent d'obtenir de très bons scores. L'ajout de haies dans le parcellaire permettrait aussi de fragmenter celui-ci et d'améliorer la résilience du système face aux aléas, notamment biologiques, tels que les pullulations de campagnols, tout en améliorant de fait son autonomie.
Un des points négatifs de ce diagnostic réside dans la faible

capacité de Marcinelle à produire pour l'alimentation humaine. Cela est notamment dû à la faible efficacité de conversion du lait en viande par les veaux, dont l'âge à l'abattage pourrait être avancé de façon à favoriser la production laitière, bien plus efficiente.
En termes d'énergie, la dépendance totale de Marcinelle a des sources extérieures au système pourrait être compensée par la mise en place d'unités de production d'énergie renouvelable, tel que le photovoltaïque. Marcinelle ferait ainsi partie des 3% d'élevage de ruminants utilisant des énergies renouvelables (IDELE, 2018).

CONCLUSION

La méthodologie développée dans ce travail représente une alternative à la création *ex-nihilo* d'une évaluation multicritère. L'outil de diagnostic développé pour Marcinelle a permis d'évaluer les performances agroécologiques d'un système innovant, en vue de répondre aux attentes sociétales en matière de bien-être des animaux et des agriculteurs, de préservation de l'environnement et de qualité des produits. Les résultats obtenus pour 2020 montrent que le système est déjà performant d'un point de vue agroécologique, même si quelques faiblesses ont pu être identifiées. L'expérimentation système Marcinelle s'inscrivant dans un projet participatif, les résultats de ce diagnostic ont été soumis au collectif d'acteurs pour qu'il puisse s'en saisir et faire évoluer les pratiques pour améliorer les résultats. Depuis 2020, les Holsteins sont progressivement évincées du troupeau au profit de vaches croisées ferrandaise (race rustique locale du Massif central), des haies ont été implantées pour créer des corridors écologiques et fournir de l'ombre aux animaux, les modalités de sevrage ont été revues pour limiter au maximum le stress des veaux et des mères…

Les auteurs remercient le personnel de l'Herbipole Marcenat pour leur implication dans Marcinelle. Ce projet a été soutenu par l'initiative IDEXISITE 16-0001 du gouvernement français (CAP 20-25).

Bockstaller, C., Cariolle, M., Galan, M.-B., Guichard, L., Leclercq, C., Morin, A., Surleau-Chambenoit, C. 2013. Innovations agronomiques, 31, 1-14
Bouchon, M., Pomiès, D., Chassaing, C., DUVAL, J.E. 2020. Renc. Rech. Ruminants, 25, 598
Botreau, R., Farruggia, A., Martin, B., Pomiès, D., Dumont, B. 2014. Animal, 8(8), 1349-1360.
Dumont, B., Fortun-Lamothe, L., Jouven, M., Thomas, M., Tichit, M. 2013. Animal, 7(6) 1028-1043
Dezetter, C., Boichard, D., Bareille, N., Grimard, B., Mezec, P., Ducrocq, V. 2019. INRAE Prod. Animales, 32(3), 359-378
Dollé, J. B., Faverdin, P., Agabriel, J., Sauvant, D., Klumpp, K. 2013. Fourrages, 215, 181-191
IDELE. 2018. EnR2 : Des outils et références pour la production d'Energies Renouvelables dans les élevages de Ruminants en France. 2.
Meagher, R.K., Beaver, A., Weary, D.M., von Keyserlingl, M.A.G. 2019. Journal of Dairy Science, 102(7), 5765-5783
Mottet, A., Bicksler, A., Lucantoni, D., De Rosa, D., Scherf, B., Scopel, E., López-Ridaura, S., Gemmil-Herren, B., Bezner Kerr, R., Sourisseau, J.-M., Petersen, P., Chotte, J.-L., Loconto, A., Tittonell, P. 2020. Frontiers in Sustainable Food Systems, 4, 21.

Analyse de la coévolution des pratiques et des performances de troupeaux bovins laitiers de race pure en transition vers une conduite en croisement rotatif trois voies

QUÉNON J. (1), INGRAND S. (2), MAGNE M.-A. (3)
(1) AGIR, Univ Toulouse, INRAE, 31326 Castanet-Tolosan, France
(2) Université Clermont Auvergne, AgroParisTech, INRAE, VetAgro Sup, Territoires, 63000 Clermont-Ferrand, France
(3) AGIR, Univ Toulouse, ENSFEA, INRAE, 31326 Castanet-Tolosan, France

RESUME - L'objectif de cette étude était d'analyser l'évolution de cinq performances zootechniques (production laitière, taux de matière utile, fertilité, santé de la mamelle et longévité) de 13 troupeaux bovins laitiers au cours de la mise en place en leur sein du croisement rotatif trois voies, puis d'identifier des facteurs explicatifs de cette évolution. Nous avons extrait les données raciales, généalogiques et les données de performances de lactation des femelles de ces troupeaux présentes au cours des campagnes 2009 à 2017. Nous avons modélisé par régression linéaire l'évolution des performances des troupeaux au cours de cette période, ainsi que l'évolution d'un jeu de variables décrivant la composition génétique des troupeaux et les pratiques d'élevage. Puis, nous avons identifié les variables qui expliquaient l'évolution des performances des troupeaux au moyen d'une régression des moindres carrés partiels (PLS). Les résultats mettent en évidence que le croisement a eu un effet significatif sur l'évolution de toutes les performances considérées. Cet effet est aussi important que celui de variables relatives à des changements systémiques (conversion à l'agriculture biologique, changement de système fourrager).

Analysis of the co-evolution of practices and performances in French dairy herds during the transition from purebred management towards three-way rotational crossbreeding management

QUÉNON J. (1), INGRAND S. (2), MAGNE M.-A. (3)
(1) AGIR, Univ Toulouse, INRAE, 31326 Castanet-Tolosan, France

SUMMARY - This study aimed at analysing the trends for five performances (milk, fat and protein content, fertility, udder health and longevity) of 13 dairy cattle herds managing three-way crossbreeding, and at identifying its explaining factors. We based our work on breed and pedigree data, as well as lactation performance data of the females in these herds for the 2009-2017 period. We applied linear regression to each herd performance over this period, as well as to the evolution of a set of variables describing the herd composition and breeding practices. We then performed partial least square regression (PLS) to assess explanatory factors of the evolution of herd performances. Our results showed that dairy crossbreeding had a significant effect on the evolution of all performances considered. Dairy crossbreeding had as significant an effect on herd performances as variables describing changes in the farming system (conversion to organic farming, change in forage system).

INTRODUCTION

Malgré ses avantages potentiels, l'utilisation de programme de croisement impliquant trois races (i.e. croisement rotatif trois voies) dans les troupeaux laitiers reste assez rare en France et dans de nombreux pays occidentaux (Quénon et al., 2021). Cette situation est généralement attribuée à un manque de références sur les avantages du croisement à l'échelle du troupeau, que certains travaux se sont appliqués à décrire (Dezetter et al., 2017). Ces travaux reposent sur des approches par modélisation et simulation qui permettent d'évaluer les effets du croisement sur le long terme et de comparer différentes alternatives à une conduite en race pure. En contrepartie, elles reposent sur des simplifications quant aux modes de gestion des troupeaux et de conduite du croisement (e.g. emploi d'un programme de croisement appliqué à l'ensemble du troupeau), ce qui ne permet pas d'intégrer les trajectoires de mise en place du croisement adoptées par les éleveurs dans leurs situations réelles, y compris les changements systémiques qui peuvent être concomitants à l'utilisation du croisement (Quénon et al., 2020a) et leurs effets sur l'évolution des performances du troupeau. Or, pour décider de s'engager dans une conduite de troupeau en croisement rotatif, les éleveur·euse·s ont besoin d'informations sur les effets qu'il induit sur les performances des troupeaux au regard de différentes situations d'élevage initiales et des dynamiques d'évolution des systèmes d'élevage durant la période de transition vers un troupeau géré intégralement ou partiellement en croisement. L'objectif de cette étude est donc (i) d'analyser les tendances d'évolution de performances zootechniques à l'échelle du troupeau (production laitière, taux de matière utile, fertilité, santé de la mamelle et longévité) induits par l'introduction du croisement rotatif et (ii) d'évaluer les facteurs explicatifs de ces changements.

1. MATERIEL ET METHODES

Nous sommes appuyés sur une étude de cas rétrospective (Lune et Berg, 2017). L'étude repose sur un échantillon de 13 troupeaux bovins laitiers français (7 biologiques, 6 conventionnelles), initialement conduits en race pure (11 en Holstein (Ho), deux en Ho et Montbéliarde) au sein desquels le croisement rotatif à trois voies a été introduit substantiellement (Quénon et al., 2020a), inscrits au contrôle laitier entre 2009 à 2017. La démarche méthodologique générale est inspirée de celle développée par Martin et al. (2017). Elle vise à mettre en relation l'évolution de performances spécifiques de ces 13 troupeaux sur la période 2009-2017 (n = 117 troupeaux × années) avec un ensemble de variables explicatives décrivant : (i) l'état initial des performances, (ii) l'état initial de la composition des troupeaux et (iii) leur évolution suite à l'introduction du croisement ainsi que la structure des exploitations et les pratiques d'élevage.

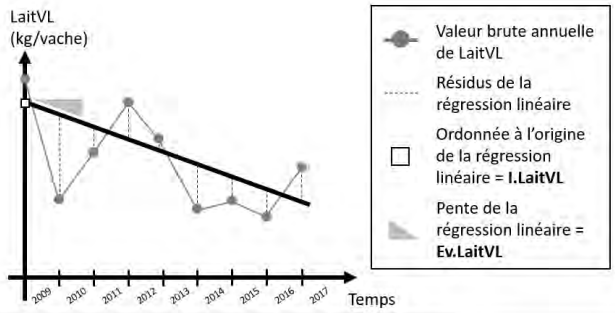


Figure 1 : Modélisation des variables par régression linéaire (exemple de la production laitière : *LaitVL*)

1.1. COLLECTE ET SELECTION DES DONNEES

1.1.1. Performances des troupeaux

Nous avons extrait les données de contrôle laitier des 13 troupeaux pour les campagnes 2009 à 2017. Nous avons agrégé ces données individuelles (6628 lactations de 2726 femelles) pour chaque troupeau × année, en considérant cinq performances zootechniques : la production laitière moyenne (*LaitVL* en kg/vache laitière) et le taux de matière utile moyen (*TMU* en g/kg), calculé comme la somme des taux butyreux et protéique moyens. Ensuite, la fertilité des vaches du troupeau (*Fertilite* en %) a été définie comme le pourcentage de vaches avec un intervalle vêlage – insémination fécondante (IVIAF) inférieur à 117 jours : cette valeur correspond à la valeur-seuil des 25 % de vaches les plus fertiles au sein des troupeaux bovins lait français entre 2009 et 2013 (Reproscope, 2022). La performance de santé de la mamelle des vaches du troupeau a été calculée comme le pourcentage de vaches du troupeau sans mammites cliniques (*LactSaine*, en %), c'est-à-dire avec un score moyen de cellules somatiques strictement inférieur à 4 sur la période de lactation (Lipkens et al., 2019). Enfin, pour évaluer la longévité des vaches dans le troupeau, nous avons calculé le pourcentage de vaches en quatrième lactation et plus (*Longevite*, en %).

1.1.2. Composition génotypique des troupeaux

En parallèle, nous avons extrait du Système d'Information Génétique français (SIG) les données raciales et de pedigree pour chaque femelle. Nous avons utilisé ces données pour reconstruire les génotypes croisés de chaque femelle i.e. la combinaison de races utilisées. En raison de la grande diversité des génotypes croisés au sein des 13 troupeaux, nous avons défini six classes de génotypes plus générales, basées sur le type de combinaison des races et le coefficient d'hétérosis $H = 1 - \sum s_i d_i$, où s_i et d_i sont les proportions de gènes de la race i respectivement issues du père et de la mère (VanRaden, 1992). Nous avons agrégé ces données par troupeau × année afin de décrire la composition des troupeaux i.e. le pourcentage relatif de femelles de chaque classe génotypique au sein des troupeaux : les femelles de race pure (*RP*, en %), les croisées de première génération (*F1*, en %), de deuxième génération issus d'un programme de croisement à deux voies ou d'absorption (*G2_2v*, en %), de deuxième génération issu du croisement rotatif à trois voies (*G2_3v*, en %), de troisième génération issu du croisement rotatif à trois voies (*G3_3v*, en %) et une dernière classe constituée des autres croisements restants (*DivCro*, en %). La composition des troupeaux constitue bien sûr une propriété intrinsèque du troupeau mais est surtout une résultante des pratiques de gestion du croisement.

1.1.3. Pratiques d'élevage

Nous avons mobilisé les résultats d'enquêtes semi-directives (Quénon et al., 2020a) pour définir des variables décrivant la structure de l'exploitation et les pratiques d'élevage, dont nous avons supposé qu'elles pouvaient expliquer l'évolution des performances des troupeaux e.g. le pourcentage de prairies dans la surface fourragère principale (*HerbeSFP*, en %). Nous avons considéré une variable liée à la conduite en agriculture conventionnelle stable, à la conversion à l'agriculture biologique (AB) (*ConversionAB*) et à la conduite en AB stable. Enfin, nous avons considéré une variable décrivant le groupe-type de chemin de transition technique vers le croisement laitier i.e. le changement des pratiques de gestion du troupeau par les éleveurs laitiers pour introduire et gérer le croisement laitier (Quénon et al., 2020a). Dans le groupe 1 (*GTT1*), le croisement est introduit sur une grande part du troupeau et supporte une transition réalisée en amont, vers un système plus herbager ou une conversion à l'AB. Le groupe 2 (*GTT2*) est similaire au GTT1 mais le croisement est introduit plus lentement, sur une part initialement faible du troupeau. Les éleveurs du groupe 3 (*GTT3*) ont quant à eux introduit le croisement sur une part initiale du troupeau importante en utilisant une combinaison de races assez productives, et sans aucun autre changement à l'échelle du système d'élevage.

1.2. REGRESSIONS LINEAIRES

Nous avons modélisé chacune des variables quantitatives (performance et pratique) par régression linéaire en fonction du temps, pour chaque troupeau (Figure 1). Nous avons ensuite extrait les valeurs de pente (ci-après, « *Ev. < Nom de la variable* > ») et d'ordonnée à l'origine (« *I. < Nom de la variable* >"). Les valeurs des pentes (positive, nulle ou négative) reflètent les tendances d'évolution des variables quantitatives, qui ont augmenté, sont restées stables ou ont diminué au cours de la période 2009-2017.

1.3. REGRESSION DES MOINDRES CARRES PARTIELS

Nous avons effectué une régression des moindres carrés partiels (régression PLS), qui consiste à générer des combinaisons linéaires de variables (appelées « composantes ») en maximisant le carré de la covariance entre les variables de réponse (Ev. < Variable de performance >) et les variables explicatives (I < Variable de performance >, I. < Variable de pratique > et Ev. < Variable de pratique >). Pour évaluer la capacité prédictive de la régression PLS, nous avons utilisé la valeur totale de $Q^2 = 1 – (SCR/SCT)$, où SCR est la somme des carrés résiduels et SCT la somme des carrés totaux. Nous avons inclus une composante PLS si $Q^2 \geq 0{,}0975$ (Tenenhaus, 1998).

2. RESULTATS

2.1. EVOLUTION DES PRATIQUES

L'analyse de la distribution parmi les troupeaux des valeurs de pente pour l'évolution 2009-2017 montre que la part de vaches croisées a augmenté dans tous les troupeaux (Figure 2) : *Ev.Croisee* >0. L'augmentation de la part de vaches croisées a été faite à des rythmes d'introduction différents (de + 3 à + 14 % par an, méd = + 6 %). La part de vaches F1 a augmenté dans onze troupeaux, variant de – 8 à + 7 % par an (méd = + 3 %). A l'inverse, la part de vaches *G3_3v* est restée constante et nulle dans la quasi-totalité des troupeaux (11/13), avec seulement deux valeurs positives. Ces troupeaux sont à un stade plus avancé dans la pratique du croisement : les F1 commencent à être réformées et des génisses *G3_3v* commencent à être intégrées à la troupe laitière.

2.2. EVOLUTION DES PERFORMANCES

L'analyse de la distribution parmi les troupeaux des valeurs de pentes montre deux tendances dans l'évolution des performances (Figure 3). Tout d'abord, certaines perfor mances ont eu une évolution univoque parmi les troupeaux : on observe ainsi, une diminution de la production laitière (de - 19 à - 452 kg/VL/an) associée à une augmentation de la fertilité dans 11 troupeaux (de + 0,8 à + 5,3% par an). A l'inverse, les tendances d'évolution du TMU, de la santé de la mamelle et de la longévité sont plus contrastées, en augmentation pour respectivement 8/13, 6/13 et 7/13 troupeaux. La tendance d'évolution du TMU varie de - 0,5 à + 1,0 g/kg/VL/an (mé-

diane (méd) = + 0,1 g/kg/VL par an), celle de la santé de la mamelle de - 11 à + 2 % par an (méd = - 0,1 %/an) et celle de la longévité de - 2 à + 3 % par an (méd = + 0,4 %/an).

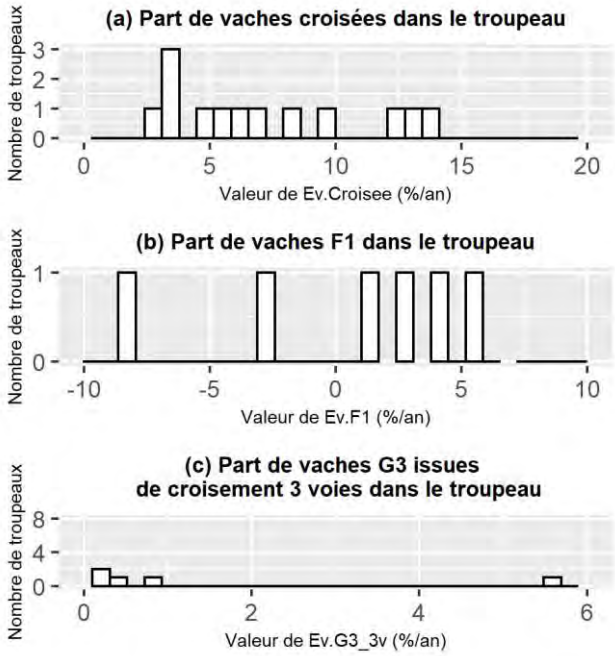


Figure 2 : Distribution des valeurs des pentes d'évolution de la composition génotypique pour les 13 troupeaux

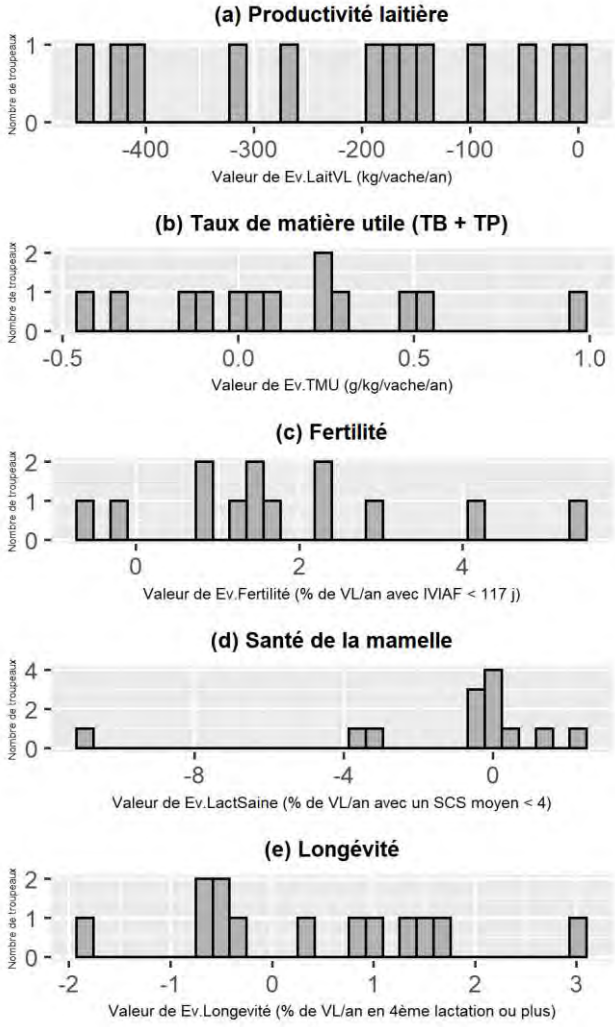


Figure 3 : Distribution des valeurs des pentes d'évolution des performances pour les 13 troupeaux :

2.3. FACTEURS EXPLICATIFS DE L'EVOLUTION DES PERFORMANCES

Nous avons retenu les deux premières composantes ($Q^2 > 0,0975$) de la régression PLS pour analyser la relation entre les variables de réponse (*Ev.LaitVL*, *Ev.TMU*, *Ev.Fertilite*, *Ev.LactSaine* et *Ev.Longevite*) et les variables explicatives. La projection sur la composante 1 oppose *Ev.LaitVL* et *Ev.LactSaine* d'une part, et *Ev.Longevite* d'autre part. L'analyse de leurs coefficients d'association avec les variables explicatives (Tableau 1) montre que les dégradations de *LaitVL* et de *LactSaine* des troupeaux sont d'autant plus importantes pour les troupeaux avec une part initiale de race pure élevée (- 0,58) i.e. qui en étaient à une phase précoce de la conduite du croisement. La production laitière a d'autant plus chuté que la part de F1 augmente rapidement (- 0,56) i.e. que l'éleveur·euse a introduit le croisement rapidement au sein du troupeau. Une conversion à l'AB en parallèle est également un facteur associé à une dégradation de *LaitVL* (- 0,50). Cette dégradation est d'autant plus faible pour les troupeaux du GTT3 (+ 0,41), ce qui peut s'expliquer par la stabilité de leur système fourrager et le recours à des programmes de croisement avec des races productives en lait. De même, la dégradation de *LaitVL* est limitée par une part initialement élevée de femelles *G2_3v* (+ 0,48) et l'augmentation de la part de *G3_3v* (+ 0.51) i.e. la poursuite de la conduite du croisement trois voies jusqu'au retour à la race de départ, généralement Ho. A l'inverse, l'augmentation de la longévité des vaches du troupeau est associée positivement à des troupeaux avec une part initialement élevée de vaches de race pure (+ 0,54), où la proportion de femelles F1 augmente dans le troupeau (+ 0,52) et celle de G3_3v diminue (- 0,46). La projection sur la composante 2 oppose *Ev.TMU* d'une part et Ev.Fertilite d'autre part. L'analyse de leurs coefficients d'association avec les variables explicatives (Tableau 2) montre que l'augmentation du taux de matière utile est associée positivement à des troupeaux dont la part de vaches croisées a beaucoup augmenté (+ 0,39), au sein de systèmes herbagers (+ 0,31), avec des troupeaux qui avaient initialement un niveau de fertilité élevé (+ 0,42) et une production laitière par vache faible (- 0,35), e.g. les troupeaux du GTT1 (+ 0,34), qui ont introduit le croisement pour adapter les animaux à un changement de système herbager et/ou une conversion à l'AB. A l'inverse, le niveau de fertilité a d'autant plus augmenté dans les troupeaux où il était initialement faible (- 0,35). De plus, le niveau de fertilité a davantage augmenté dans les troupeaux où le croisement a été introduit lentement (- 0,32).

3. DISCUSSION

Tout d'abord, nos résultats ont montré des tendances d'évolution qui diffèrent selon la performance considérée. Ainsi, la fertilité s'est améliorée dans tous les troupeaux échantillonnés au cours de la période où a été mis en place et géré le croisement, amélioration qui constitue une des principales motivations des éleveur·euse·s pour adopter le croisement laitier (Magne et Quénon, 2021). Toutefois, l'effet du croisement sur la fertilité est non seulement dépendant du niveau de fertilité initial du troupeau mais aussi du rythme auquel est conduit le croisement : la fertili-té a d'autant plus augmenté dans les troupeaux où elle était initialement faible ; or ces troupeaux sont ceux où le croisement a été introduit lentement. Ceci explique l'association positive entre l'augmentation de la fertilité et une augmentation faible des croisées dans le troupeau, à première vue contre-intuitive (Hazel et al., 2014). A l'inver-se, la production laitière moyenne des vaches a diminué dans tous les troupeaux : ces résultats confortent ceux obtenus à l'échelle de l'animal (Dezetter et al., 2019) et par modélisation-simulation (Dezetter et al., 2017).

Variable explicative	Variable de réponse (Composante 1)		
	Ev.LaitVL	Ev.LactSaine	Ev.Longevite
I.RP	– 0,58	– 0,45	**+0,54**
Ev.F1	– 0,56	– 0,44	**+ 0,52**
ConversionAB	– 0,50	– 0,38	**+ 0,46**
GTT3	**+ 0,41**	/	– 0,38
Ev. G3_3v	**+ 0,51**	**+ 0,39**	– 0,46

Tableau 1 Valeurs des coefficients d'association entre variables de réponse et variables explicatives pour la composante 1 de la régression PLS. Une valeur positive (en gras) indique une association positive entre l'augmentation de la variable de réponse et de la variable explicative

Variable explicative	Variable de réponse (Composante 2)	
	Ev.TMU	Ev.Fertilite (>0)
I.LaitVL	– 0,35	**+ 0,29**
I.HerbeSFP	**+ 0,31**	– 0,26
GTT1	**+ 0,34**	– 0,28
Ev.Croisee	**+ 0,39**	– 0,32
I.Fertilite	**+ 0,42**	– 0,35

Tableau 2 Valeurs des coefficients d'association entre variables de réponse et variables explicatives pour la composante 2 de la régression PLS.

En revanche, les tendances d'évolution des performances de TMU, de santé de la mamelle et de longévité des vaches sont plus contrastées parmi les troupeaux de notre échantillon que ce que l'on retrouve dans ces études. Il s'agît de performances pour lesquelles le rôle des pratiques d'alimentation, de gestion de la santé et de renouvellement du troupeau sont déterminantes et donc fortement variables entre les fermes échantillonnées. Nos résultats mettent en évidence un effet du croisement sur les performances du troupeau aussi important que des changements systémiques mis en place par les éleveur·euse·s (conversion à l'AB, système herbager). Cet effet s'inscrit différemment selon le stade d'avancement dans la conduite du croisement : l'introduction du croisement, qui a pour effet de substituer des vaches F1 aux vaches RP du troupeau, génère une perte immédiate de production laitière du troupeau (Clasen et al., 2019), ainsi qu'une augmentation de la longévité des vaches dans les troupeaux. Cependant, pour les troupeaux à un stade plus avancé dans la conduite du croisement, l'augmentation de la part de G3_3v, correspondant à un croisement de retour avec un mâle de la race de départ, aboutit à un maintien de la production laitière. Nos résultats montrent également qu'améliorer conjointement les cinq performances n'est pas possible Ceci illustre les conséquences à l'échelle du troupeau bovin laitier de la diversité de profils individuels de *trade-offs* (Blanc et al., 2013). Ce faisant, ils montrent que l'évolution de la multi-performance du troupeau est contrainte par la diversité des éléments biotechniques – performance, génotype – que les éleveur·euse·s doivent gérer pour en tirer profit (Tichit et al., 2011; Magne et al., 2016). Ce choix de priorisation est éminemment lié à la situation initiale des performances zootechniques et donc de la situation initiale de la multi-performance du troupeau car cette dernière reflète la marge de manœuvre dont dispose l'éleveur·euse pour arbitrer ce choix. Nos résultats, comme ceux de Dezetter et al. (2017), soulignent le rôle majeur que joue la situation initiale d'une performance zootechnique donnée sur son évolution suite à la mise en place du croisement dans le troupeau, et la différence de cet effet de l'état initial selon la performance considérée. Dans cette étude, nous avons adapté une méthode statistique développée par Martin et al. (2017) que nous avons choisie car elle permet une analyse holistique en reliant les variables de réponse aux variables explicatives qui décrivent les pratiques agricoles, ce qui permet d'intégrer les changements qui surviennent. En revanche, notre approche par étude de cas, si elle a permis une collecte d'informations fines sur les pratiques de gestion du troupeau, présente l'inconvénient d'une taille d'échantillon faible, accentuée par la proportion faible d'inscription au contrôle laitier parmi les troupeaux initialement échantillonnés. De plus, la modélisation par régression linéaire ne permet pas de saisir les tendances d'évolution particulières de variables propres à décrire la démographie d'un troupeau au sein duquel est introduit le croisement laitier (e.g pourcentage de vaches F1 dans le troupeau, qui va initialement augmenter, puis diminuer suite au renouvellement des générations de croisement au sein du troupeau), ce qui ouvre des perspectives méthodologiques pour décrire plus finement les évolutions des pratiques de croisement et les performances qu'elles génèrent : les méthodes de partitionnement des données longitudinales semblent à ce titre prometteur (Genolini et Falissard, 2011).

CONCLUSION

Ces résultats enrichissent les connaissances sur le croisement laitier par une analyse des modalités opérationnelles de sa mise en place et de sa conduite dans le temps en prenant en compte conjointement les dimensions biologiques et décisionnelles qui construisent sur le long terme la multiperformance des troupeaux et la diversification génétique induite dans les troupeaux par l'utilisation du croisement.

Ce travail a bénéficié des financements du département ACT, de la région Occitanie, du CS de l'ENSFEA, du projet PSDR4 ATA-RI. Les données ont été fournies par les Ch. d'Agriculture, INRAE, les organismes de contrôle de performances et d'IA et les organismes de sélection aux SNIG. Nous remercions les éleveur·euse·s de nous avoir autorisé à accéder à leurs données. Nous remercions également A. Perrin pour son aide.

Blanc, F., Ollion, E., Puillet, L., Delaby, L., Ingrand, S., Tichit, M., Friggens, N.C., 2013. Renc. Rech. Ruminants, 20, 265-272

Peñagaricano, F., Schinckel, A.P., Baes, C.F., Miglior, F., 2021. Animal, 15 Suppl 1, 14 p.

Clasen J., Fogh A., Kargo M., 2019. J. Dairy Sci., 102, 436-441

Dezetter, C., Bareille, N., Billon, D., Côrtes, C., Lechartier, C., Seegers, H., 2017. J. Dairy Sci., 100, 8239–8264

Dezetter, C., Boichard, D., Bareille, N., Grimard, B., Le Mézec, P., Ducrocq, V., 2019. INRA Prod. Anim. 32:359–378

Genolini, C., Falissard, B. 2011. Comp. Meth. Prog. Bio., 104

Hazel, A. R., Heins, B. J., Seykora, A. J., Hansen, L. B. 2014. J. Dairy Sci., 97, 2512-2525

Lipkens Z., Piepers S., Verbeke J., De Vliegher S., 2019. J. Dairy Sci., 102, 640–651

Lune, H., Berg, B., 2017. In Lune H., Berg B. Methods for the social sciences, Pears. Educ. Lim., Angleterre 170-172

Magne M.-A., Thénard, V., Mihout, S., 2016. Animal, 10, 892-901

Magne M.-A., Nozières, M.-O., Cournut S., Ollion E., Puillet L., Renaudeau D., Fortun-Lamothe L. 2019. INRA Prod. Anim, 32, 263-280

Magne, M.-A., Quénon, J., 2021. Agronomy Sus. Dev. 41, 25.

Martin, G., Magne, M.-A., San Cristobal, M., 2017. F. Pla. Sci. 8.

Quénon, J., Ingrand S., Magne M.-A., 2020a. Animal, 14, 1293-1303

Quénon, J., Ingrand S., Magne M.-A., 2020b. Renc. Rech. Ruminants, 25, 437-440

Reproscope. 2022. http://www.reproscope.fr/

Tenenhaus, M., 1998. In Tenenhaus, M., La Régression PLS. Théorie et Pratique, Technip, France

Tichit, M., Puillet, L., Sabatier, R., Teillard, F., 2011. Liv. Sci, 139, 161-171

VanRaden, P.M. 1992. J. Dairy Sci., 75, 3136-3144

Des escape games sérieux pour enseigner l'élevage de précision à des étudiants de niveaux ingénieurs et BTS-licence

Teaching precision livestock farming to master 2 and bachelor students thanks to serious escape games

FISCHER A. (1), ALLAIN C. (1), DUMESNY M. (2), LEROUX E. (2), BOUQUEAU A. (2), ETIENNE M.-P. (2), LARGOUËT C. (4), GAILLARD C. (3), BROSSARD L. (3), LE COZLER Y. (2,3), LEBRETON A. (1)
(1) Institut de l'Elevage, 149 Rue de Bercy, 75595 Paris, France
(2) Institut Agro, Rennes-Angers, 35000 Rennes cedex
(3) PEGASE, INRAE, Institut Agro, 35590, Saint Gilles, France
(4) Institut Agro, Univ Rennes, Inria, CNRS, IRISA, 35000 Rennes cedex

INTRODUCTION

L'élevage de précision (EdP) repose aujourd'hui sur l'analyse de données massives et complexes, et requiert une connaissance fine d'un grand nombre de méthodes de sciences de données. Le langage R (R Core Team 2021, Viennes, Au) s'est imposé pour les traitements statistiques mais peut parfois être rebutant et associé à de la peur ou du dégoût (Grosjean et Engels, 2021). La ludification, une pratique pédagogique qui émerge ces dernières années, peut aider à lever ce verrou. La plateforme GAMAE recense ainsi plus de 105 jeux sérieux français disponibles pour l'enseignement agricole (Dernat et al., 2021). Dans cet article, la méthode de conception de deux escape games pédagogiques (EGP) est présentée.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. LE CONTEXTE & GROUPE DE TRAVAIL

En 2021, deux EGP « Panique à la ferme » et « Rscape the office » ont été développés pour mettre à jour un module autour de l'EdP, en place à l'Institut Agro Rennes-Angers depuis 2014. Après validation du concept en janvier 2020, un groupe de travail pluridisciplinaire composé d'utilisateurs cibles (étudiants et enseignants) et d'experts dans différents domaines (science des données, EdP, zootechnie, pédagogie) a été constitué pour mener à bien ce projet.

1.2. LE DEVELOPPEMENT DES EGP

Les deux EGP ont été développés en langage R, choisi car gratuit, libre d'accès, utilisé et enseigné par beaucoup d'acteurs de la filière. L'interface, développée à l'aide du package learnr (Schloerke B. et al., 2020), se présente sous la forme d'une page web qui inclut des exercices (code à trous, énigmes, questions), et une variété de médias. Les connaissances et compétences visées ont été définies par le groupe de travail pour les volets zootechnique et EdP. L'EGP « RScape the office », développé par deux ingénieurs Idele et un enseignant-chercheur de l'Institut Agro, est basé sur les données issues des travaux de Le Cozler et al. (2019). L'EGP « Panique à la ferme », développé par trois étudiants en dernière année à l'Institut Agro, s'appuie sur les données d'accéléromètre des travaux de Delagarde et Lamberton (2015).

1.3. VALIDATION ET EVALUATION DES JEUX

La durée de jeu et les problèmes techniques ont été analysés au travers de tests en conditions réelles tout au long du projet. L'évolution des compétences et connaissances acquises en zootechnie et EdP grâce aux EGP a été évaluée sous la forme d'exercices avant et après le jeu pour le dernier test en date (mars 2022). Le niveau de difficulté et l'ambiance des jeux ont été évalués sur une échelle de 1 (« facile » ou « mauvaise ambiance ») à 5 (« très difficile » ou « très bonne ambiance »).

2. RESULTATS & DISCUSSION

2.1. UN SUPPORT DE SEQUENCES EDUCATIVES

La séquence pédagogique dure 2 heures par EGP, dont une heure pour le jeu. En amont, l'apprenant doit installer le jeu. Une notice d'installation, des rapports et un livret pour l'ancrage des acquis, ainsi que les scripts R sont remis aux apprenants. Les retours des tests suggèrent de proposer à l'avenir un guide « spécial enseignant » pour faciliter l'animation sans l'appui des concepteurs.

2.2 LES APPORTS DES DEUX EGP

L'EGP « Panique à la ferme », destiné à un public de niveau minimal BTS, ne nécessite pas de compétences en R. Il traite de connaissances et compétences générales en zootechnie (identification, comportement) et en EdP (calibration, validation, données aberrantes, alertes). L'EGP « RScape the office», destiné à des apprenants ayant une base en programmation R (niveau M2), apporte des connaissances et compétences en zootechnie (morphologie, volume) et en EdP (calibration/validation, prédiction). Cet EGP nécessite, en plus, la collaboration entre les apprenants pour réussir le jeu.

2.3. RETOUR DES UTILISATEURS

Les étudiants ont résolu les EGP dans le temps imparti (moyenne à 35 min [28 – 43], N = 15 pour « Panique à la ferme » ; moyenne à 45 min [35 - 58], N = 17 pour « Rscape the Office »). « Panique à la ferme » fut jugé moyennement difficile (2,9 ; N = 32) avec une très bonne ambiance (4,3 ; N = 32). L'évaluation des connaissances de ce jeu montre une amélioration des scores de 51% (0-242%; N = 15) à l'issue du jeu, confirmant ainsi l'utilité de l'outil pour l'apprentissage. L'autre jeu, « RScape the office», fut jugé un peu plus difficile avec une moyenne de 3,3 (N = 17) et avec une ambiance très bonne pour une moyenne de 4,4 (N = 17). La ludification est appréciée par la plupart des étudiants, même si pour certains, ce type d'approche est jugée déjà trop présente dans le cursus général. L'installation fut parfois jugée difficile, l'ambiance du jeu stressante et le rythme trop soutenu.

CONCLUSION

La ludification au travers d'escape game pédagogique pour enseigner l'EdP a été validée tant sur la faisabilité, la réalisation en conditions réelles, que sur l'acquisition des « compétences cibles » par les étudiants et les enseignants. Très appréciés, ils nécessitent toutefois quelques améliorations pour faciliter l'installation. Les EGP seront proposés sous la forme d'un seul package R à installer ou sous d'un site web. Enfin, l'utilisation du langage R facilite son apprentissage et illustre son application sur des cas pratiques favorisant son exploitation future à d'autres disciplines.

Ce projet a bénéficié de l'aide de l'État gérée par l'ANR au titre du programme d'Investissements d'avenir portant la référence ANR-16-CONV-0004.

Delagarde R., Lamberton P., 2015. Appl. Anim. Behav. Sci., 165, 25-32.
Dernat S. et al., 2021. Rapport d'enquête, 15 p.
Grosjean P., Engels G., 2021. Rencontres R.
Le Cozler Y., Allain C. et al., 2019. Comput. Electron. Agr., 157, 447–453.
Schloerke B. et al., 2020. R package version 0.10.

Caractérisation des courbes de production des chèvres en lactation longue
Characterization of production curves of extended lactation goats

BIDAN F. (1), DE CREMOUX R. (2), LEGRIS M. (3), BLUET B. (4), CLEMENT V. (5), ARNAL M. (5)
(1) Institut de l'Elevage, 42 rue Georges Morel, CS 60057, 49071 Beaucouzé cedex, France
(2) Institut de l'Elevage, Chambre d'Agriculture du Tarn - BP 89 – 81003 Albi cedex, France
(3) Institut de l'Elevage, Maison Nationale des Eleveurs, 149 Rue de Bercy – 75 595 PARIS Cedex 12, France
(4) Institut de l'Elevage, Chambre régionale d'agriculture, CS 45002, 86550 Mignaloux-Beauvoir, France
(5) Institut de l'Elevage, Campus INRAE, Chemin de Borde Rouge, 31320 Auzeville-Tolosane, France

INTRODUCTION

D'abord marginale dans les années 90, la pratique des lactations longues (LL) - durée de lactation supérieure à 485 jours - se développe de plus en plus dans les troupeaux laitiers caprins en France : en 2020, plus de 10% des chèvres sont en LL (De Crémoux *et al*, 2022). Leurs performances ont déjà été décrites en fonction de leur positionnement au cours de la carrière des chèvres (De Crémoux *et al*, 2020). Pour aller plus loin, un des objectifs de l'étude CLLAP (2021-2022) a été de faire un état des lieux de la proportion des différentes durées de lactation et d'en caractériser les courbes de lactations.

1. MATERIELS ET METHODES

Cette étude est basée sur les données du contrôle de performance collectées entre 2001 et 2019, et concerne 6 933 208 lactations débutées sur la période. Les classes de durées de lactation suivantes ont été définies : « standard » (≤ 485 jours) ; « 2 ans » (486-851 jours) ; « 3 ans » (852-1 217 jours) ; « 4 ans et plus » (≥ 1 216 jours). Pour ces classes, des courbes de lactations ont été reconstituées à partir de l'ensemble des contrôles élémentaires de l'ensemble des lactations caractérisées par les différentes durées de production.

2. RESULTATS

Parmi les lactations ayant débuté entre 2001 et 2019, 500 072 lactations sont des LL, soit 7,7%. A partir des quatre périodes décrites (tableau 1), nous pouvons voir que cette pratique prend une place de plus en plus importante dans la filière en passant de 4.7% de LL ayant débuté entre 2001-2005 à 10,9% sur la période 2016-2019. De plus, la durée des lactations augmente progressivement sur la période 2001-2019 (tableau 2) avec une augmentation de la proportion des lactations très longues (≥ à 852 jours). Même si la durée des LL ne permet pas d'avoir une exhaustivité sur les dernières campagnes, les LL de « 2 ans » représentent actuellement un peu moins des ¾ des LL, plus de 15% pour les « 3 ans » et plus de 10% pour les « 4 ans et plus ».

2001-2005	2006-2010	2011-2015	2016-2019
4,7%	6,8%	9,4%	10,9%

Tableau 1 : Evolution de la proportion de lactations longues débutées sur la période 2001-2019

Période du début de la lactation	Effectif	Durée (en jours)		
		486 à 851	852 à 1 215	≥ à 1 216
2001-2005	78 229	86,4%	9,9%	3,7%
2006-2010	123 811	79,0%	13,3%	7,7%
2011-2015	155 218	76,1%	14,5%	9,4%
2016	31 101	72,7%	15,7%	11,6%
2017	37 032	72,6%	15,8%	*11,6%**
2018	36 915	73,7%	*23,2%**	*3,1%**
2019	*37 766**	*92,1%**	*7,9%**	*0,0%**

Tableau 2 : Evolution de la durée des LL de 2001 à 2019 *(* : les données n'allant pas au-delà du 31/12/2020, les effectifs et proportions sont impactées par la durée des lactations).*

La figure 1 représente les courbes de lactations en fonction de la durée de la lactation sur les campagnes 2010-2019. Tout d'abord, nous notons que le niveau de production de la première année des LL est supérieur aux lactations standard (≤ 485 jours). Plus la durée des LL est importante, plus le niveau de production est élevé la première année de production. A noter également que la deuxième année est caractérisée par une reprise de production des LL à partir de 300 jours pour atteindre un nouveau pic autour des 500 jours. Cette reprise se répète vers 700 et 1 050 jours (et respectivement des pics à 850 et 1 200 jours) pour les chèvres qui atteignent ces durées de lactation.

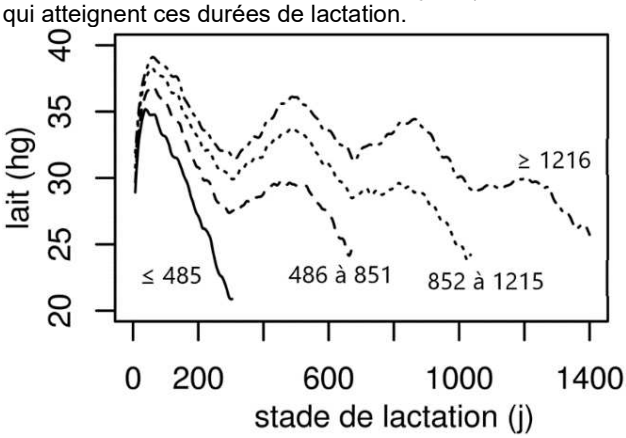


Figure 1 : Courbes de lactation des différentes LL selon leur durée *(en pointillé : 252 913 LL 486-851 jours ; 49 256 LL 852-1215 jours ; 26 236 LL)* et une lactation standard *(trait plein : 3 330 638 lactations ≤ 485 jours)* entre 2010-2019.

DISCUSSION ET CONCLUSION

Le niveau de production supérieur des LL s'explique par un choix des chèvres avec i) un potentiel élevé en début de lactation (LL choisies) ou ii) le souhait de conserver les meilleurs chèvres en échecs de reproduction (LL subies). Même si la reprise d'ingestion (Douhard *et al*, 2013) peut expliquer le phénomène de reprise de production, des travaux complémentaires doivent être menés pour identifier son origine. L'exploration de ces données devrait le permettre en étudiant les pratiques d'élevage (saison de mises-bas et photopériodisme naturel ou artificiel, alimentation, proportion de recours aux LL) et l'effet du profil des chèvres (parité, race, niveau de production, potentiel génétique). La progression du recours aux LL, source de souplesse dans la conduite des troupeaux, indiquent un intérêt pour cette pratique, et cette étude met en évidence des performances de production remarquables. Toutefois, il sera important de caractériser les échecs de LL non-disponibles dans les données étudiées, ceci afin d'optimiser le pilotage des LL pour mieux répondre aux différents objectifs des éleveurs.

Etude CLLAP financé par l'interprofession de l'ANICAP.

De Cremoux R., Legris M., Clément V., 2020. Renc. Rech. Ruminants, 19
De Cremoux R., Bluet B., Legris M., Arnal M., Clément V., Bossis N., Couvet R., Lictevout V., Oviedo B., Pasquet P., Poupin B., Bidan F., 2022. Journées techniques caprines
Douhard F., Friggens N. C., Tessier J., Martin O., Tichit M., Sauvant D., 2013. J. Dairy Sci. 96 :5698–5711

Caractérisation de la croissance pondérale des chevreaux de race Arbia dans le nord est algérien

Characterization of the weight growth of Arbia goat kids in northeastern Algeria

BOUMEZAOUET A. (1), MEBIROUK-BOUDECHICHE L. (1), CHAKER-HOUD K. (2), ZEBSA R. (3)
(1) Laboratoire d'épidémio-surveillance, santé, productions et reproduction, expérimentation et thérapie cellulaire des animaux domestiques et sauvages, Université d'El Tarf, B.P 73, 36000, EL Tarf, ALGERIE
(2) Laboratoire Agriculture et fonctionnement des écosystèmes, Université Chadli Bendjedid El Tarf, ALGERIE.
(3) Laboratoire de biologie, eau et environnement, Université du 08 Mai 1945, Guelma, ALGERIE.

INTRODUCTION

La chèvre autochtone appelée « Arbia » est la plus répandue au nord-est de l'Algérie. Elle est connue pour sa rusticité et son adaptation aux milieux difficiles tels que les montagnes avec pâturage spontané (Tefiel *et al.,* 2018). C'est une importante ressource animale pour la population rurale et indispensable à leur survie de par le revenu permanent qu'elle assure. Hormis les études de Djouza et Chehma (2018), Aissaoui *et al* (2019) et Sahraoui *et al* (2020) qui ont étudié de manière descriptive, et dans différents systèmes d'élevage) les performances de croissance de cette race locale, très peu d'études se sont penchées sur la caractérisation et l'étude des facteurs influençant ces performances, dont dépend la carrière repro-productive des futurs adultes. Cette affiche rend compte de l'effet de certains facteurs sur les performances de croissance des caprins de race Arbia.

1. MATERIEL ET METHODES

209 chèvres adultes de race Arbia ont été suivies dès la fin de leur gestation afin d'étudier les facteurs influençant la croissance de leurs chevreaux. Toutes les femelles ont été conduites en système extensif durant leur gestation dans la province de la wilaya de Guelma (Nord-est algérien) et les chevrotages se sont étalés de Novembre à Mars. C'est ainsi, qu'une fois nés, 363 chevreaux ont été pesés de façon hebdomadaire depuis leur naissance jusqu'à 90 jours de vie afin d'apprécier le gain moyen quotidien (GMQ). Le poids vif et le mois de naissance, la taille de la portée et le sexe ont été les principaux facteurs pris en compte pour expliquer la croissance des chevreaux. La présente étude a été conduite durant 2 années successives. Des corrélations entre ces paramètres et le GMQ_{90} ont été réalisées, de même qu'une ANOVA avec le logiciel R (version 4.0.2).

2. RESULTATS

Le gain moyen quotidien de la naissance à 90 jours GMQ_{90} a considérablement été affecté par le poids et le mois de naissance (r= 0,76), la taille de la portée et le sexe (r= 0,79, P<0,05) (Tableau 1). C'est ainsi que la croissance des chevreaux est plus rapide en Novembre et Décembre, mois correspondant au pic de chevrotage. En outre, les chevreaux sont d'autant plus lourds que les portées sont simples (P<0.05). L'étude a aussi révélé que les males étaient plus lourds aussi bien à la naissance qu'à 90 jours de vie (2,74 *vs*. 2,63 Kg et 12,05 *vs*. 11,47 Kg, respectivement pour les deux périodes). Ainsi, les chevreaux nés lourds gardent cet avantage durant les trois premiers mois d'élevage.

3. DISCUSSION

L'étude de sahraoui *et al* (2020) a aussi révélé que les males avaient une croissance plus importante que les femelles, ceci a été expliqué par l'effet anabolisant des hormones sexuelles mâles ainsi que le comportement agressif à la tétée et lors de l'alimentation, ce qui leur permet une adaptation plus rapide aux conditions environnementales. Le PN à la naissance des chevreaux est largement affecté par la taille de la portée, il diminue au fur et mesure que celle-ci augmente (Al-Shorepy *et al.,* 2002) du fait d'une importante concurrence entre les fœtus. Notre étude a révélé que les PV_{90} sont tributaires des poids vifs à la naissance. Luo *et al* (2020) ont aussi trouvé qu'en élevage extensif, un faible PN des chevreaux de race indigène chinoise a un effet déterminant sur leur croissance postnatale. Les PN sont les plus élevés en Novembre-Décembre, ce qui correspond à des fins de gestation en septembre-octobre, période correspondant aux premières pluies et à des disponibilités fourragères, contrairement aux autres mois correspondant à la période hivernale de pénurie fourragère. Al-Shorepy *et al* (2002) ont révélé que la variation des conditions climatiques joue un rôle particulièrement important sur la disponibilité des fourrages spontanés et la conduite des troupeaux, se répercutant sur l'état corporel des chèvres et le poids des chevreaux.

	N	PN (Kg)	GMQ (g/j)	PV_{90}(Kg)
Total	363	2,69	100,05	11,77
Sexe				
F	235	$2,63^{a}$ ±0,31	$98,21^{a}$ ±11,88	$11,47^{a}$±1,19
M	128	$2,74^{b}$±0,32	$103,45^{b}$ ±14.4	$12,05^{b}$±1,43
P		0,01	0,001	0,001
TPD				
S	272	$2,64^{b}$±0,27	$100,2^{b}$ ±11,07	$11,66^{b}$ ±1,09
T	64	$2,95^{a}$±0,32	$102,42^{a}$ ±19,3	$12,17^{a}$ ±1,88
P	27	$2,35^{c}$±0,26	$92,97^{c}$ ±11,10	$10,71^{c}$ ±1,15
		0,01	0,01	0,01
MN				
Nov	59	2.68^{a}±0,3	$100,69^{a}$ ±9,40	$11,75^{a}$ ±1,03
Dec	140	$2,68^{a}$±0,34	$100,90^{a}$ ±13,4	$11,76^{a}$ ±1,37
Jan	105	$2,65^{c}$±0,31	$100,58^{a}$ ±12,6	$11,71^{a}$ ±1,25
Fev	46	$2,69^{b}$±0,29	$96,98^{a}$ ±15,73	$11,42^{a}$ ±1,47
Mar	03	$2,47^{d}$±0,21	$87,37^{b}$ ±14,52	$10,33^{b}$ ±1,11
P		0,01	0,01	0,01

Tableau 1 Relations entre certains facteurs et la croissance pondérale des chevreaux de race Arbia.
MN : Mois de naissance, TP : Taille de la portée (double, simple, triple). ^{a,b,c} Différentes lettres sur une même ligne indiquent une différence entre les paramètres. PV_{90} : Poids vif à 90 jours, PN : Poids à la naissance.

CONCLUSION

La race Arbia a montré des résultats de croissance satisfaisants qui dépendent principalement du sexe, la taille de la portée et du mois de naissance. Une bonne gestion d'élevage pourrait améliorer la production de cette race.

Aissaoui, M., Deghnouche, K., Boukhalfa, H.H et Saifi, I. 2019. World Jour. of Envir. Biosc 8, 59-66.
Al-Shorepy, S., Alhadrami, G and Abdulwahab, K. 2002. Small. Rum. Res 45, 217-223.
Djouza, L., et Chehma, A.,2018. Livest. Res. Rural Develop., 30 (113).
Luo, N., Wang, J., Hu, Y., Zhao, Z., Zhao, Y and Chen, X. 2020. Trop. Ani. Health.Prod 52, 1385-1394.
Sahraoui, H., Madani, T., Benmakhlouf, H., Bensalem, M., Fantazi, K et Gaouar, S. B. S. 2020. Revista de Ciências Agroveterinárias 19, 462-467.
Tefiel, H., Ata, N., Chahbar, M. Benyarou, M., Fantazi K., Yilmaz, O et Gaouar, S.B.S. 2018. Small Rum Res160,65-71.

Consentement à payer des éleveurs de caprins du Bénin pour un système d'élevage amélioré, Afrique de l'Ouest

Goat Herders' Willingness to Pay for improved breeding system in Benin, West Africa

ZANOU M.A.M. (1), ZANNOU A. (1), DOSSA L.H. (2), ASSOGBA J. (1), AOUDJI A.K.N. (1), HOUINATO M.R.B.(2)
(1) Ecole d'Economie, de Socio-Anthropologie et de Communication pour le développement rural, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, Abomey-Calavi, Benin
(2) Ecole des Sciences et Techniques de Production Animale, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, Abomey-Calavi, Benin

INTRODUCTION

L'élevage des petits ruminants est confronté à de nombreux problèmes auxquels font face les éleveurs (Houndjo et al. 2018). L'alimentation et les maladies constituent les facteurs qui affectent le plus négativement la production et l'amélioration de la productivité (Ouachinou et al. 2019). Le non contrôle de conduite de la reproduction posent des problèmes de consanguinité (Jannoune et al. 2014) qui s'ajoutent aux autres problèmes. La productivité des élevages de petits ruminants au Bénin est très faible (Houndjo et al. 2018) et les pratiques de gestion en matière d'alimentation, de santé et de reproduction des élevages de petits ruminants ne permettent vraiment pas d'assurer leur production optimale. L'amélioration de la productivité tout en s'adaptant à l'évolution de l'environnement (variabilité climatique, dégradation des parcours) pour couvrir les besoins en protéines de la population toujours croissante demeure un défi majeur. L'objectif de cette étude est d'évaluer le consentement à payer des éleveurs de caprins du Bénin pour un système d'élevage amélioré.

1. MATERIEL ET METHODES

Une expérience de choix a été mise en œuvre sur la base de 4 attributs caractérisant l'élevage (génotype, alimentation, traitement sanitaire et reproduction) et 1 attribut monétaire (coût de production annuel d'un caprin). Treize cartes ont été conçues en utilisant le design orthogonal du logiciel SPSS 25 à partir de $3^3x2^1x4^1$ combinaisons des niveaux d'attributs. Une collecte de données a été menée auprès de 375 éleveurs de caprins sélectionnés aléatoirement dans 5 zones agroécologiques du Bénin. Le logiciel STATA 15 a été utilisé pour analyser les données afin d'estimer le modèle logit à classe latente.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

2.1. SYSTEME D'ELEVAGE ACTUEL

Le système d'élevage actuel des caprins est caractérisé tel indiqué dans le tableau 1.

Race	Alimentation	Conduite	Soins	Reproduction
Djallonké : 87,20%	Pâturage naturel + Complémentation : 78,13%	Semi-claustration : 89,87%	Vétérinaires classiques : 71,73%	Libre : 100%

Tableau 1 : Système d'élevage actuel des caprins

2.2. PREFERENCES ET CONSENTEMENT A PAYER POUR LES SYSTEMES AMELIORES

Le modèle à 5 classes latentes était le plus parcimonieux. La proportion d'éleveurs de caprins dans les classes 1, 2, 3, 4 et 5 est respectivement de 30,38% ; 1,61% ; 46,46% ; 7,02% et 14,53%. Les éleveurs des classes 1 et 5 préfèrent leur système d'élevage actuel à contrario de ceux de la classe 3 qui acceptent l'introduction de modifications. Au niveau des classes 2 et 4, on note une absence de préférence globale vis-à-vis du système actuel. Les éleveurs de la classe 1 sont réfractaires à l'augmentation du coût de production annuel des caprins et leur utilité diminue lorsqu'on introduit des changements au niveau des races d'animaux élevés. A partir de nos analyses, on ne peut déduire de la préférence des éleveurs de ces classes 2, 3, et 4 pour l'introduction de changements sur le plan génétique, alimentaire, sanitaire et de la reproduction. L'utilité des éleveurs de la classe 5 augmente avec l'introduction des caprins d'autres races et du changement des types de traitements sanitaires mais diminue avec un changement de mode d'alimentation et lorsque le coût de production augmente.

3. DISCUSSION

La majorité des éleveurs est prête à introduire de nouvelles races (sahélienne et métisse) dans leur élevage. Mais les CAP pour les nouvelles races étaient très contrastés entre les classes 1,3 et 5. Environ 70% des éleveurs consentent à changer de mode d'alimentation. Ceux de la classe 3 sont prêts à payer 13421 FCFA et ceux de la classe 5, 2010 FCFA de plus par tête de caprins améliorés. Seuls 46,46% disposés à contrôler la reproduction des caprins. Environ 8,63% sont réfractaires à l'introduction de changements dans leur système d'élevage actuel quel qu'en soit le niveau : alimentation, race, soin et reproduction.

CONCLUSION

Les éleveurs de caprins au Bénin ont des préférences hétérogènes quant à l'introduction de changements au niveau des facteurs : Race, Alimentation, Reproduction et Soins. Les CAP varient entre les classes.

Houndjo D.B.M., Adjolohoun S., Gbenou B.B., Saïdou A., Ahoton L., Houinato M., Seibou Toléba S., Sinsin B., 2018. Int. J. Biol. Chem. Sci., 12, 519-541
Jannoune A., Boujenane I., Falaki M., Derqaoui L., 2014. Rev. Mar. Sci. Agron. Vét., 2, 23-28
Ouachinou J.M.A.S., Dassou G.H., Idohou R., Adomou A.C., Yédomonhan H., 2019. S. Afr. J. Bot.,122, 432-446

Attributs	Classe 1		Classe 2		Classe 3		Classe 4		Classe 5	
	Coef.	Er. Std.	Coef.	Er. Std.	Coef.	Er. Std.	Coef.	Er. Std.	Coef.	Er. Std.
ASC	4,4785***	0,48	-234,65	225,94	-3,3204***	0,285	-2,1114	334,18	0,5761***	0,07
Race	-0,9868**	0,39	-239,65	237,99	-0,0881	0,156	20,7539	18,85	0,1096**	0,04
Aliment	-0,1262	0,52	-225,05	240,89	0,1906	0,152	-22,5014	15,66	-0,0869*	0,04
Soin	0,0429	0,62	-29,72	46,43	-0,0207	0,098	27,618	26,26	0,1501***	0,04
Reproduction	-0,1927	0,27	-218,13	283,7	0,1753	0,163	12,7435	8,02	0,0047	0,06
Coût	-0,0001***	0	0,01	0,01	0,000014	0	-0,00068	0	-0,000043***	0

Tableau 2 : Résultats de l'estimation du modèle logit à 5 classes latentes
* significatifs au seuil de 5% ; ** significatifs au seuil de 1% ; *** significatif au seuil de 0,1%

Caractéristiques socio-économiques et performances de reproduction des exploitations bovines laitières dans la région aride de Biskra, au sud est de l'Algérie
Socio-economic characteristics and reproductive performances of dairy cattle farms in the arid region of Biskra, south-eastern of Algeria

EULMI H. (1), DEGHNOUCHE K (1), GHERISSI D (2)
(1) Université Mohammed Khider, Département des sciences agronomiques, Laboratoire DEDSPAZA, Biskra.
(2) Institut des sciences agronomiques et vétérinaires, Laboratoire de production animale biotechnologie et santé, Université de Souk Ahras.

INTRODUCTION

Dans le cadre de la stratégie nationale d'augmentation du taux de consommation du lait localement produit, la filière bovine laitière dans la région de Biskra a subit une évolution considérable, marquée particulièrement par l'évolution de la taille du cheptel bovin (3625 en 2010 à 5095 têtes en 2021 (DSA, 2021)). Toutefois, les données sur l'élevage sont encore faibles et ne permettent pas de décrire les stratégies des éleveurs ni d'identifier les contraintes qui influencent le devenir de cet élevage dans la zone. Dans ce contexte, notre travail s'intéresse à la description de quelques caractéristiques socio-économiques et l'évaluation des performances de reproduction et de production laitière des élevages bovins laitiers situés dans la région aride de la wilaya de Biskra.

MATERIEL ET METHODE

Les données sont récupérées à l'aide des visites d'élevages et des enquêtes auprès des éleveurs de 52 exploitations appartenant à 20 communes dans la région de Biskra (Biskra et Ouled Djellal) situées dans la zone aride du sud-est d'Algérie. L'étude s'est déroulée sur une période de 4 mois ; de décembre 2020 à avril 2021.

RESULTATS ET DISCUSSION

Les 52 élevages totalisent 813 têtes bovines, dont 489 vaches laitières. La composition raciale est prédominée par le bovin croisé (71%). Le bovin importé (race pure) qui ne représente que 11% du cheptel exploité par les fermes enquêtés est représenté particulièrement par la race Montbéliarde (60%).

Les résultats ont montrés aussi que toutes les exploitations sont privées dont 71,2 % sont gérées par des éleveurs (hommes) âgés de 30-60 ans.48,1% des éleveurs n'ont jamais fréquenté l'enseignement formel et seul 7,7% d'eux ont le niveau universitaire. 57.7% des éleveurs pratiquent l'élevage laitier en association à d'autres activités agricoles, 80.8% pratiquent l'élevage des petits ruminants associés à l'élevage bovin laitier. Ce dernier constitue l'activité principale dans 44.2% des exploitations.

La taille des élevages est variable (Figure 02) et 53% des exploitations ont entre 5 à 15 têtes.

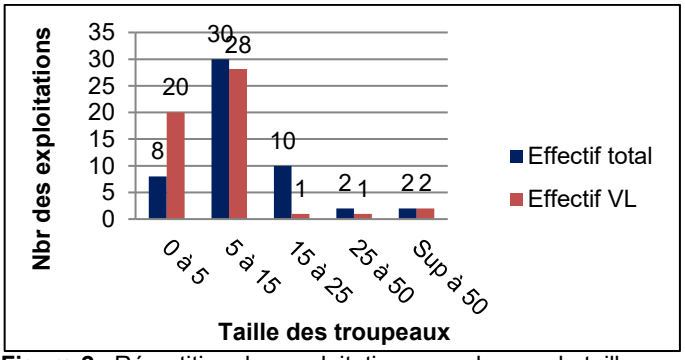


Figure 2 : Répartition des exploitations par classes de taille

La saillie naturelle est pratiquée dans 95,2% des élevages dont 67,3% utilisent un taureau d'extérieur.
77% des génisses sont saillies/IA à un âge <15mois et 73% d'elles mettent bas à un âge <30 mois (Tableau 02).

Reproduction des Génisses			
Age moyen de mise à la reproduction		Age au premier vêlage	
< 12 Mois	13,5%	< 24 Mois	15,4%
12 à 15 Mois	63,5%	24 à 30 Mois	73%
> 15 Mois	23%	> 30 Mois	11,6%

Tableau 2 : La reproduction des Génisses

CONCLUSION

A la lumière de ces résultats, il semble que les performances de reproduction des exploitations laitières de la région aride de Biskra sont très variables. Leur amélioration nécessite un accompagnement pour sensibiliser/former les éleveurs sur les technique de conduite des élevages et l'utilisation des moyens d'aide à la maitrise des conditions de reproduction (maitrise de cycle, IA …) et de la production laitière qui a été analysée aussi et jugée faible (rationnement, hygiène et sécurité du logement des vaches, traite …) .

Les auteurs remercient les éleveurs et les vétérinaires de la région, ainsi le personnel de la DSA d'avoir accepté de fournir les données nécessaires à la réalisation de cette étude.

Direction des Services Agricoles –Biskra- 2021.

Elevage du bovin laitier en Kabylie (Algérie) ; quelques éléments de diagnostic
Dairy cattle breeding in the Kabylie region (Algeria); some diagnostic elements

MOUHOUS A. (1), DORBANE Z. (1), DJELLAL F. (2), GUERMAH H. (3), KADI S.A. (1)
(1) Faculté des Sciences Biologiques et Sciences Agronomiques, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, Algérie
(2) Faculté des Sciences Agronomiques, Université Ferhat ABBAS de Sétif, Algérie
(3) Faculté des Sciences, Université Mohamed Boudiaf de M'sila, Algérie

INTRODUCTION

En Algérie, la production de lait de vache n'arrive toujours pas à subvenir aux besoins des populations. Une réduction des effectifs (- 16%) est enregistrée entre 2016 et 2020, passant de 2 millions à 1,75 million de têtes (FAOSTAT, 2021). La région de Tizi-Ouzou est l'un des bassins laitiers malgré la géographie contraignante. Cet élevage est maintenu grâce à une alimentation souvent dépendante du marché (Kadi et Djellal, 2009). Les pratiques d'élevages diffèrent en fonction des moyens de production dont disposent les éleveurs. A travers la typologie, l'objectif de l'étude est de montrer la diversité des systèmes d'élevage existant dans la région

1. MATERIELS ET METHODES

Une enquête a concerné 71 élevages bovins laitiers situés dans la région de Tizi-Ouzou. Les données collectées ont fait l'objet d'une analyse multi-variée de type Analyse en composantes principales (ACP), en utilisant les variables actives du tableau 1. L'objectif est de faire une typologie des élevages. Les groupes formés, ont fait l'objet d'une analyse de comparaison de variances (alpha = 0,05). Le logiciel utilisé est XLSTAT© 2019.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

La typologie fait ressortir quatre groupes (Tableau 1). Le premier constat est l'âge des éleveurs qui est en moyenne de 44 ans. Ces derniers ont une expérience dépassant les 15 ans. Le nombre moyen de vaches/élevage est de 7,5. Une différence significative est enregistrée entre les groupes. Cet effectif est plus important dans le groupe 4 (gros éleveurs). Les groupes 1 et 2 contiennent des effectifs de vaches en lactation assez faible (3 et 6). Par ailleurs, ce sont les ressources foncières qui constituent une contrainte majeure pour les éleveurs des régions montagnardes. Nous enregistrons une différence significative entre les groupes pour la SAU destinée aux fourrages et les surfaces de pâturages, mais avec une forte dispersion au sein de chaque groupe. En effet, nous enregistrons une SAU moyenne de 1,32 ha destinée aux fourrages. Les groupes des gros éleveurs se caractérisent par une surface d'un peu plus de 3 ha ; alors que les groupes des petits éleveurs (groupes 1 et 2) indiquent une faible SAU (0,35 et 1,11 ha). Le même constat est fait pour la surface destinée aux pâturages, elle est faible et en moyenne de 1,19 ha. La charge animale moyenne est de 6,39 vache/ha. Il n'y a pas de différence significative entre les groupes. Il faut préciser que le groupe 1 se caractérise par le fait que 23 éleveurs sur 27 non pas de pâturages, le chargement indiqué au tableau 1 ne porte donc que sur 4 élevages. En zone de montagne, les pâturages sont aussi rares. Beaucoup d'élevages sont menés en « hors sol ». Le manque de fourrages est compensé par la distribution de plus de concentré. Il n'y a pas de différence significative entre les groupes. On enregistre une moyenne de 7,2 kg/vache/jour. Cette moyenne est dans la fourchette signalée par Yerou *et al.* (2019) dans la région de l'est du pays et qui est de 5,5 à 10 kg/vache/jour. Dans ces conditions, Mouhous *et al.* (2020) rapportent que les dépenses liées à l'alimentation représentent 90 % des coûts de production. Par ailleurs, la production de lait et sa vente sont proportionnelles aux effectifs des vaches, la quantité moyenne de lait vendu est estimée à 37006 L/an. Cependant, il est enregistré une différence significative entre les différents groupes. En ce sens, les groupes 3 et 4 (gros éleveurs) enregistrent les plus grandes quantités de lait vendu. Le groupe 1 (petits éleveurs) indique de faibles quantités de lait vendu (6851 L/an).

CONCLUSION

A partir de l'étude, il ressort que les élevages en cette zone de montagne disposent d'un atout important qui est la jeunesse et la relative expérience des éleveurs. La typologie montre qu'il existe des groupes d'éleveurs distincts. La majorité des élevages sont de petite taille, les gros éleveurs étant en nombre très réduit. Les élevages diffèrent sur les effectifs des animaux et la possession des ressources foncières (fourrages et pâturages). Et par conséquent, ils diffèrent aussi sur les quantités de lait produit et vendu qui demeurent faibles.
Ces éléments d'analyse peuvent contribuer à mieux comprendre la dynamique des élevages dans cette zone à faible sole fourragère et à trouver des solutions afin d'améliorer la productivité des élevages et leurs développement.

FAOSTAT. 2021. Statistics service. http://www.fao.org/faostat/fr/
Kadi S.A., Djellal F. 2009. *Livest. Res. Rural Dev. Vol.21 N°27.*
Mouhous A., Djellal F., Guermah H., Kadi S.A. 2020. *Biotechnology in Animal Husbandry 36 (4), 487-498, 202.*
Yerou H., Homrani A., Benhanassali A., Boussedra D. 2019. *Biotechnology in Animal Husbandry, 35, 4, 335-346.*

	Groupe1 (N = 27)	Groupe2 (N = 27)	Groupe3 (N=10)	Groupe4 (N = 7)	Echantillon (N = 71)	P-Value
Age (ans)	47,41±13,45	41,33±8,33	44,40±12,05	41,71±4,27	44,11±11	0,401
Chargement vache/ha	4,19±3,90	9,46±38,20	2,00±2,87	1,35±1,94	6,39±29,00	0,497
Expérience en élevage (ans)	17,67±12,19	15,41±7,16	18,20±6,14	18,43±10,75	16,96±9,52	0,668
Effectif de vaches en lactation	3,33±3	6,11±2,74	14,10±5,04	19,29±2,21	7,48±6,11	**< 0,0001**
SAU destinée aux fourrages (ha)	0,35±0,83	1,11±1,55	3,15±3,79	3,21±3,89	1,32±2,35	**0,013**
Surface des pâturages (ha)	0,38±1,15	0,93±1,21	1±1,33	5,57±6,35	1,19±2,63	**0,018**
Quantité de concentré distribué (kg/v/j)	6,78±2,34	7,33±1,98	8±2,31	7,14±3,02	7,20±2,27	0,598
Quantité de lait vendu (L/an)	6851±4507	29701±10203	75495±6576	126514±18466	37006±3827	**< 0,0001**

Tableau 1 caractéristiques moyennes des différents groupes d'éleveurs bovins laitiers dans la zone d'étude

Modes de conduite de l'élevage agropastoral des petits ruminants dans les régions arides du sud méditerranéen

Agro pastoral small ruminants breeding mode Characteristics in arid zones of the Southern Mediterranean

A. LAROUSSI (1), A. ATOUI (1), M. ABDENNEBI (1), S. NAJARI (1).

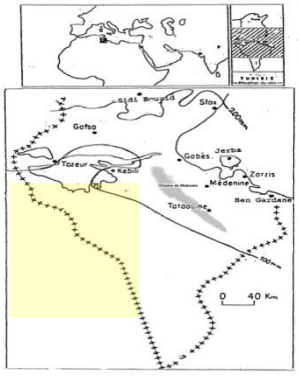
(1) Laboratoire Elevage et Faune Sauvage, Institut des Régions Arides, Médenine - 4119. Université de Gabès, Tunisie.

INTRODUCTION

Les transformations socio-économiques que la zone aride a connues, ont fait varier les modes d'élevage pastoral transhumant, pour les ajuster aux ressources et modes de vie de chaque région. La typologie effectuée sur le secteur (Najari, 2016) a identifié 4 principaux systèmes d'élevage actuels ; le système oasien situé dans les oasis et les périmètres irrigués des troupeaux de taille réduite et intégrés dans l'exploitation et les animaux sont conduits en stabulation ; l'élevage pastoral de Nefzawa: un élevage pratiqué dans la zone prédésertique dont le recours à la complémentation devient la règle ; le système pastoral des Dhahar et Elouara dont les grands troupeaux ovins-caprins appartenant à plusieurs propriétaires exploitent les grands parcours collectifs et pratiquent la transhumance ; et l'élevage agropastoral regroupant les troupeaux des montagnes et des zones urbaines. Dans ce dernier système où la population est fixe, le troupeau ovins/caprins de taille moyenne, valorise les jachères et les résidus de l'oléiculture pour contribuer significativement dans l'économie des familles et de la région. Faces aux crises actuelles de l'élevage ambulant sur les parcours, et aggravées par les changements climatiques ; ce mode de production représente une alternative prometteuse pour consolider la résilience du secteur à travers l'intégration du troupeau dans les activités agricoles pratiquées dans les villages et les agglomérations.

1. MATERIELS ET METHODES

L'exécution de 187 questionnaires dans la région aride du sud tunisien, a permis de collecter les informations socio économiques et zootechniques des troupeaux enquêtés. Au total, 148 variables quantitatives et qualitatives ont été identifiées et décrites pour chaque troupeau. Le cheptel total touché par l'enquête était aux alentours de 26351 têtes dont 12063 têtes caprines et 14288 têtes ovines. Des analyses statistiques ont été appliquées sur les variables qui décrivent les aspects socio professionnels des élevages, le mode de la conduite, la composition du troupeau, les mouvements des effectifs, et aussi, les relations des élevages avec leur environnement naturel et économique (Najari, 2016).



Graphique 1. Localisation de la zone d'étude.

2. RESULTATS

Dans le système agropastoral, le troupeau est important même s'il ne représente pas, dans 88% des cas, l'activité agricole principale de la famille. Pour 64% des familles, il est associé à l'arboriculture et à la céréaliculture qui couvrent une grande partie des besoins en fourrages du cheptel. La ration est complémentée, durant au moins 10 mois de l'année, par des céréales et du son. La taille des troupeaux dans ce système est généralement moyenne, elle varie de 25 à 97 têtes soit une moyenne de 60 têtes ovines et caprines ; dont 57% sont des caprins. Le cheptel est majoritairement composé de ressources génétiques locales ; soit la race ovine barbarine et la population caprine locale. Toutefois, on note la présence de la race queue fine (31% des cas) et les chèvres croisées (avec les races Alpines ou Damasquine dans 43% des élevages) ; ce qui reflète l'importance accordée à la production laitière. La production de viande d'agneaux et de chevreaux est destinée à la vente alors que les laits et leurs dérivés sont consommés par les familles.

La lutte dure s'étend sur toute l'année et les géniteurs ne sont pas séparés. Dans 90% des cas, les géniteurs sont choisis du troupeau mère que se soit pour les mâles ou pour les chevrettes, ce qui peut être à l'origine de problèmes de consanguinité, tenant compte de la longue durée d'utilisation des reproducteurs qui est estimée à 9 ans en moyenne. Le gardiennage est, dans 97% des cas, assuré par les membres vacants de la famille. Les performances de reproduction de ces troupeaux sont très variables, le taux de fertilité varie de 65% à 98% (tableau 1). Ces performances varient largement d'une année à l'autre et d'un troupeau à l'autre.

Variables	moyenne	écart type
Taux des jeunes (%)	32	20
Sexe ratio	12	8
Taux de fertilité	91	8
Taux de prolificité	121	28
Durée de la lutte (mois)	9	5
Effectif par troupeau	160	99
Ratio caprin/ovin (%)	57	20

Tableau 1. Caractéristiques et performances de l'élevage périurbain agropastoral

3. DISCUSSION

Ce système d'élevage est une adaptation du pastoralisme à la fixation de la société nomade et à la diversification des activités agricoles. L'élevage périurbain est pratiqué par les familles sédentarisées dans les villages ; il valorise les parcours marginalisés et les résidus de l'oléiculture et de la céréaliculture. Les troupeaux allaitants soutiennent l'économie familiale par la vente des chevreaux et des agneaux. Généralement, les agneaux et les chevreaux sont destinés à la vente alors que les adultes de réforme sont exploités par les familles lors des festives et occasions religieuses. Les jeunes sont vendus pour couvrir les besoins des familles en ressources financières.

Le lait n'est pas traditionnellement commercialisé ; il est autoconsommé cru ou transformé. Le lait et ses dérivés couvrent seulement les besoins de la famille. Le mode de la conduite des troupeaux de taille réduite de chèvres et de brebis, n'assure pas les niveaux de productivité possibles et requises. La réduction des moyens financiers et techniques allouées aux animaux ne permettent pas de respecter les normes zootechniques.

CONCLUSION

L'élevage des zones arides Méditerranéennes, affiche des capacités de variation de ses structures pour s'ajuster aux modifications socio économiques de la société et pour tamponner les impacts des changements climatiques.les troupeaux agropastoraux sont quasiment fixes dans cette zone pastorale connue par la transhumance. Il représente ainsi un mode d'intégration des activités agricoles pour soutenir l'économie de la famille. Il est nécessaire de consolider ce système et améliorer sa contribution dans la création de la richesse et de l'emploi dans la région.

NAJARI, S. 2016. Caractérisation zootechnique et génétique d'une population locale : cas de la chèvre locale des zones arides tunisiennes. Editions universitaires Européennes. 210p.

Impact du régime hivernal avant vêlage sur les vaches gestantes
Impact of winter diet before calving on pregnant cows

FORTIN J. (1), DAVEAU B. (1), BELZ J. (1), JOUANIN E. (1), LETELLIER M. (1), CHARTIER P. (1)
(1) Ferme expérimentale de Thorigné d'Anjou – Chambre d'agriculture des Pays de la Loire

INTRODUCTION

En Pays de la Loire, une grande partie des prairies naturelles (PN) sont récoltées en foin dans l'optique d'une maximisation de rendement. Ces pratiques entrainent un faible niveau de légumineuses qui, associé à une récolte tardive, conduisent à une faible valeur nutritive de ces foins. Par conséquent, ces derniers sont distribués à des animaux à faibles besoins sur la période hivernale. Ainsi, dans de nombreux élevages, ce sont les vaches gestantes pour des vêlages dit de printemps (*mars–avril*) qui bénéficient de ces fourrages distribués *ad libitum* pour des raisons de simplification du travail. Ces pratiques permettent de satisfaire les besoins énergétiques de cette catégorie animale mais présentent un réel déficit au niveau protéique selon les recommandations établies par l'INRAE. Ce travail vise à quantifier l'impact de cette pratique alimentaire sur les performances zootechniques des couples mères veaux en vêlage de printemps par rapport à une stratégie permettant de proposer une ration équilibrée selon les recommandations INRA, 2007.

1. MATERIEL ET METHODES

Les foins de PN utilisés dans le cadre de cet essai ont été récoltés sur la ferme expérimentale de Thorigné d'Anjou, conduite en Agriculture biologique. Pendant 3 années (*2018 à 2020*), deux régimes hivernaux ont été comparés sur des vaches gestantes entre le 9 Janvier et le 28 mars. Ces régimes faisaient suite à une conduite alimentaire antérieure à base de pâturage et de foin mis à disposition. Ainsi, après mise en lot (*poids vif, NEC, âge, rang de vêlage, date de vêlage à venir*), 35 vaches ont bénéficié d'un régime 100% foin de PN et 35 autres d'un régime à base du même foin rationné et complémenté par de la féverole. Des mesures ont été réalisées pour évaluer l'évolution du poids et de la note d'état corporel (NEC), les conditions de mise bas, la qualité du colostrum, la croissance des veaux jusqu'au sevrage et les performances de reproduction des mères.

Régime	MS ingérée *(kg MS)*	UFL *(kg MS)*	PDIN *(kg MS)*	PDIE *(kg MS)*	RMIC
Foin à volonté	9,96 *± 2,09*	6,97 *± 1,59*	418 *± 90*	697 *± 154*	-40,7 *± 1,25*
Foin rationné + 1 kg féverole	8,64 *± 0,41*	6,37 *± 0,24*	517 *± 17*	647 *± 22*	-20,4 *± 1,76*

Tableau 1 Composition et valeurs nutritives des régimes

2. RESULTATS

2.1. PERFORMANCES AVANT VELAGE

Il n'a pas été mis en évidence d'impact du régime hivernal sur les variations de poids vif et de NEC avant vêlage. Dans les deux cas les animaux ont perdu 0,16 points de NEC pour une note initiale de 1,7. Le poids des bovins est resté stable (*autour de 700 kg*). Nous pouvons faire l'hypothèse que l'augmentation du poids du veau intra utérin a compensé la diminution du niveau des réserves corporelles.

2.2. CONDITIONS DE MISE BAS

Les conditions de mise bas sont dans les mêmes ordres de grandeur que celles observées historiquement sur la ferme. Il n'a pu être mis en évidence d'effet du régime sur les poids de naissance exprimés en base 100 (*corrigés de l'effet sexe*). Le niveau de mortalité est dans les deux situations de 3%. Enfin, nous n'avons pas mis en évidence d'effet campagne et d'interaction régime*campagne.

	Foin	Foin + Fév	*P-value*
Condition de naissance	**1,1** *± 0,3*	**1,2** *± 0,58*	*0,4*
Poids naissance B100	**98,1** *± 14,0*	**101,9** *± 13,5*	*0,3*
Mortalité	**0,03** *± 0,17*	**0,03** *± 0,17*	*1,0*

Tableau 2 Performances autour du vêlage

2.3. QUALITE DU COLOSTRUM

Les mesures de colostrum n'ont pas mis en évidence d'effet régime sur l'ensemble des critères mesurés : *masse volumique, matière protéique, IgG, teneur en eau, matière grasse, lactose, phosphore, calcium, magnésium, sodium et potassium*. Les colostrums sont, de plus, de très bonne qualité au regard des références bibliographiques. Un effet parité a été mis en évidence sur ce point à l'avantage des multipares sur la matière protéique et le taux d'IgG.

2.4. CROISSANCE DES VEAUX

Les croissances des veaux exprimés en base 100 (*corrigées de l'effet sexe et de l'effet année*) ne permettent pas de mettre en avant un effet régime.

	Poids au sevrage (kg)		Croissance (g/j) naissance sevrage	
Régime	**Femelles**	**Mâles**	**Femelles**	**Mâles**
Foin	**277***±13*	**303***±35*	**1048***±64*	**1124***±124*
Foin + féverole	**267***±35*	**286***±34*	**1026***±115*	**1087***±116*
P-value B100	*0,881* ***NS***		*0,673* ***NS***	

Tableau 3 Performances des veaux au sevrage

2.5. PERFORMANCES DE REPRODUCTION

Les taux de gestation ne sont pas statiquement différents : 83% pour le lot foin à volonté *vs* 74% pour le lot foin rationné. Les intervalles vêlage-vêlage (IVV) sont de 364 jours pour le lot foin et de 359 jours pour le lot foin + féverole. Ce résultat résulte avant tout d'une conduite de la reproduction en vêlage groupé sur 2 mois stricts qui exclue les animaux à IVV importants. Nous n'avons pas mis en évidence d'effet régime sur les performances de reproduction.

DISCUSSION CONCLUSION

Dans le cas de vêlages de printemps (*mars – avril*) un déficit azoté, sur une période limitée de 78 jours avant vêlage, consécutive et suivi d'une période de non déficit alimentaire théorique ne semble pas pénaliser les performances zootechniques des couples mères veaux. Le niveau protéique des rations, sur l'échelle étudiée, ne joue pas sur la qualité des colostrums. Ainsi, économiser sur les compléments azotés dans la ration des vaches gestantes permet à la fois une économie de coûts et une simplification du travail sans pénaliser les performances zootechniques. Les résultats post-partum sont de plus très fortement influencés par la conduite postérieure : un pâturage de qualité qui permet aux couples mères veaux d'atteindre des performances correctes.

Ces essais ont été réalisés avec la participation financière de la Région Pays de la Loire.

INRA, 2007 : Tables INRA 2007

L'ordre de distribution des fourrages semble affecter l'aptitude fermentaire du lait
The order of forage distribution seems to affect the fermentability of the milk

CEPPATELLI A. (1, 2), CREMILLEUX M. (1), GOURDON B. (3), MARTIN B. (1) MICHAUD A. (1),
(1) Université Clermont Auvergne, INRAE, VetAgro Sup, UMR 1213 Herbivores, 63122 Saint-Genès-Champanelle, France.
(2) University of Padova, Department DAFNAE, Legnaro, Padova, Italy.
(3) Président de l'association « Eleveurs Autrement », Massif Central, France.

INTRODUCTION

Dans un contexte où les évènements climatiques extrêmes limitent les stocks de fourrages disponibles, certains éleveurs limitent la quantité de fourrages distribués pour l'adapter aux besoins stricts des animaux, tout en étant très vigilants sur l'ordre de distribution des fourrages (fourrage grossier avant le fourrage moins fibreux). L'effet de la restriction des fourrages aux stricts besoins des animaux, sur la composition du lait et les performances des animaux, a été étudié (Cremilleux et al. 2022). Cependant l'effet de l'ordre de distribution des fourrages sur la composition du lait reste à étudier. L'objectif de cette étude réalisée chez des éleveurs volontaires était d'analyser l'effet de l'ordre de distribution des fourrages sur la composition du lait (chimique et bactériologique) et l'aptitude fermentaire du lait mesurée par des tests de lactofermentation.

1. MATERIEL ET METHODES

L'étude a été menée à l'initiative d'agriculteurs sur 4 fermes commerciales en Auvergne. L'expérimentation s'est déroulée sur 25 jours avec trois périodes :
- Une première période (4 au 16 janvier) de mesures où l'alimentation consistait à distribuer un fourrage grossier avant le reste de la ration (Période 1 : « grossier-fin ») ;
- Une deuxième période (17 au 21 janvier) où l'ordre des fourrages de la ration n'est pas maintenu (Période 2 « fin-grossier ») ;
- Une dernière période (21 au 28 janvier) où le fourrage grossier était à nouveau distribué en tête de ration (Période 3 : « grossier-fin »).

Durant l'expérimentation, des échantillons de lait de tank ont été collectés 4 fois par semaine pour effectuer des analyses de composition chimique (TB, TP, urée, lactose, caséine, acides gras) par analyses en infrarouge et de microbiologie (germes, coliformes, E. coli et flore mésophile lactique) par épifluorescence (Agrolab's Aurillac, France). L'aptitude fermentaire du lait a été mesurée sur ces mêmes échantillons par une analyse de lactofermentation. Deux échantillons de lait ont été placés au bain marie (35°C) durant 24h et ont ensuite classés en 5 catégories (gélifié, floconneux, liquide, digéré, caséeux) (Bérodier et al., 2011). Des mesures de pH ont effectués avant et après le bain marie. En parallèle, deux échantillons de lait ont été laissés à température ambiante et des notations de l'aspect du caillé ont été effectuées deux semaines après le prélèvement selon la classification suivante (solide sans lactosérum, solide avec lactosérum, liquide, effrité). Des analyses statistiques de type Khi2 (R, 2018) et analyses de variance (modèle mixte) ont été effectuées sur les données (SAS version 3.8).

2. RESULTATS

2.1 COMPOSITION DU LAIT

Pour les différents paramètres de la composition du lait aucune différence significative entre les périodes 1, 2 et 3 n'a été observée à l'exception des cellules, dont la numérisation a été plus élevée en période 3, comparativement aux périodes 1 et 2 (5,45 vs 5,33, pvalue = 0,016).

2.2 LACTOFERMENTATION

L'aptitude fermentaire du lait mesurée par lactofermentation a été significativement différente entre les périodes 1, 2 et 3 ($p<0.001$) (Tableau 1).

La période 1 est composée essentiellement de caillés gélifiés (75%), les autres étant liquides ou floconneux. La période 2 est marquée par plus de variations avec l'apparition de caillés digérés (28%), plus particulièrement dans 2 des 4 fermes. En période 3, les échantillons sont, comme lors de la période 1, essentiellement gélifiés (90%) et aucun caillé digéré n'est observé.

Période	Gélifié	Liquide	Floconneux	Digéré
1- grossier-fin	24	4	4	0
2- fin-grossier	15	5	1	9
3-grossier-fin	31	1	6	0

Tableau 1 - Aspect des caillés obtenus à 35°C selon la période (nombre de caillés)

2.3 CAILLE DU LAIT

Tout comme pour les tests de lactofermentation, un effet important de la période sur les caillés obtenus a été mis en évidence ($p<0.001$) (Tableau 2). Pendant la période 1 la totalité des caillés a été notée « solide sans lactosérum ». La période 2 a été marquée par l'apparition d'alternance entre caillés « solide sans lactosérum » (47%) et caillés « liquides » (41%). La période 3 est également marquée par une variabilité des caillés entre « solide sans lactosérum » (41%) et caillés « liquides » (47%).

Période	Solide sans lactosérum	Solide avec lactosérum	Liquide
1- grossier-fin	24	0	0
2- fin-grossier	10	0	7
3-grossier-fin	7	2	8

Tableau 2 - Aspect des caillés obtenus à température ambiante selon la période (nombre de caillés)

3. DISCUSSION

Les résultats obtenus au cours de cette expérimentation effectuée sur un faible nombre de fermes et durant un temps très court indiquent qu'une simple modification de l'ordre de distribution des fourrages, sachant que chaque ferme travaille avec des fourrages différents, a peu d'effets sur la composition chimique du lait mais qu'elle semble affecter son aptitude fermentaire. Les éléments de l'étude ne permettent pas d'interpréter plus avant les résultats qui mériteront d'être approfondis à l'avenir notamment en caractérisant plus finement la composition chimique et microbiologique des laits.

CONCLUSION

Les tests de lactofermentation et caillés réalisés au cours de cette étude sont des indicateurs simples utilisés par certains éleveurs fromagers pour caractériser l'aptitude fermentaire du lait. Ces premières observations montrent que ces indicateurs semblent également fournir des indications sur l'alimentation des animaux et qu'il serait intéressant de poursuivre les recherches sur leurs facteurs de variation.

Nous remercions les agriculteurs qui ont accepté de réaliser cette expérimentation.

Berodier, A., Parguel, P., et al. 2001.. Comité Technique du Comté Poligny. 90p
Cremilleux, M., Coppa, M., et al. 2022 en révision Animal.

Evolution des taux de matière organique des sols dans un système bovins viande autonome conduit en agriculture biologique

Evolution of soil organic matter rate in self-sufficient organic beef cattle system

DAVEAU B. (1), FORTIN J. (1),
(1) Chambre d'Agriculture – Ferme expérimentale de Thorigné d'Anjou – la garenne de la cheminée – 49220 Thorigné d'Anjou

INTRODUCTION

La matière organique (MO) est une composante majeure de la fertilité physique, chimique et biologique des sols. Dans les systèmes d'élevage bovins viande conduits en agriculture biologique, l'autonomie alimentaire complète et la très faible utilisation d'intrants conduisent à une quasi-absence de flux de MO exogène au système. Ainsi, des interrogations se posent sur la capacité de maintenir des taux de MO dans ces systèmes et plus particulièrement dans les parcelles en rotation. Il s'agit de vérifier l'hypothèse selon laquelle la large place consacrée à la prairie temporaire en rotation dans ces systèmes devrait néanmoins permettre de maintenir voire d'améliorer ces taux de MO (Pellerin, 2020).

1. MATERIEL ET METHODES

Conduite depuis plus 20 ans en agriculture biologique, la ferme expérimentale de Thorigné d'Anjou développe un système d'élevage bovins allaitants 100% autonome sur l'alimentation des bovins avec une exigence élevée sur le niveau de finition de la quasi-totalité des bovins. Le système s'appuie sur une large place consacrée à la prairie temporaire en rotation. Les données des analyses de sol *(sur l'horizon 0 – 30 cm)* disponibles depuis 2004 ont été mobilisées et une analyse ciblée sur 14 parcelles en rotation connues depuis 15 ans a été réalisée *(n = 56).*

2. RESULTATS

2.1. DESCRIPTION DU SYSTEME ET DES PRATIQUES :

Cultures	ha
Prairie nat.	45
Prairie temp.	65
CERPRO fourr.	8
CERPRO grain	10
Féverole	8
Autres cult.	5
Total	**141**

Tab 1 : assolement

La majorité de la surface est consacrée à la production de ressources alimentaires pour les 125 UGB du système. La production fourragère représente : 85 % de la surface avec un chargement de 1,15 UGB/haSFP.

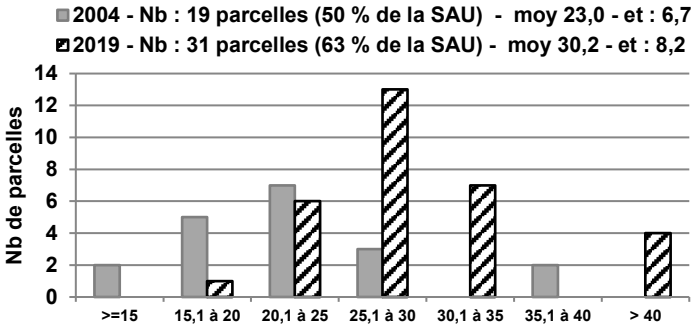
Gestion des effluents organiques maitrisables : la totalité des effluents solides (fumiers) produits sont compostés avec un double andainage réalisé en fin d'été à un intervalle de 4 semaines. 400 tonnes de compost sont produites annuellement et reparties à raison de 10 tbrut/ha sur 40 ha. Le retour organique est donc de 3 à 4 ans, soit un apport moyen de 2,9 t/ha/an. Ces apports de compost sont effectués sur prairie en fin d'automne. Les effluents liquides (très peu chargés) sont gérés par diffusion sur un filtre à roseaux (pas d'épandage sur les parcelles).

Année	ha
1	Prairie temp.
2	Prairie temp.
3	Prairie temp.
4	Prairie temp.
5	CERPRO grain (+dérobé estivale)
6	Féverole
7	CERPRO fourr. + prairie temp.

Tab 2 : Rotation principale

La rotation principale : s'appuie sur des prairies temporaires qui représentent une majeure partie des surfaces en rotation. **Le recours au labour** est systématique pour la destruction des prairies et avant le semis de féverole. Il est optionnel (suivant le salissement de la parcelle) avant l'implantation des prairies sous couvert de céréales protéagineux (CERPRO) en 7ème année de rotation.

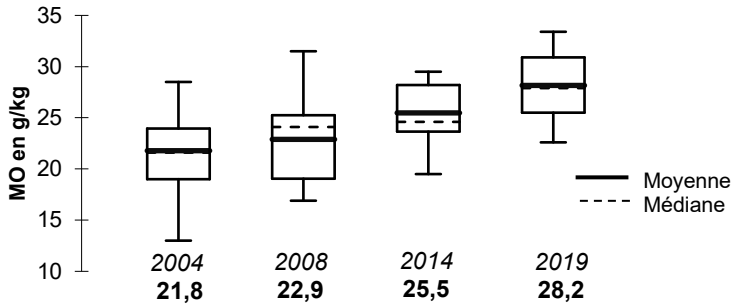
2.2. EVOLUTION GLOBALE DES TAUX DE MO :



Graph 1 : Taux de MO des parcelles en g/kg de 2004-19

Le taux moyen de MO des parcelles analysées est passé de 2,3 % à 3,0 % sur quinze ans. En 2019, aucune parcelle n'a un taux inférieur à 1,5 % (*vs* 2 parcelles en 2004). Plusieurs parcelles en prairie naturelle *(n = 4)* ont obtenu des taux supérieurs à 4 % *(moy. : à 4,9 % en 2019).*

2.2. TRAJECTOIRE D'EVOLUTION DU TAUX DE MO DE 14 PARCELLES EN ROTATION DEPUIS 15 ANS :



Graph 2 : evolution de la MO (g/kg) de 14 parcelles en rotation de 2004 à 2019 (n=56)

Sur ces 14 parcelles, le taux moyen de MO est passé de 2,2 à 2,8 %. Le rythme moyen d'augmentation est relativement linéaire avec +0,044 % de MO / an.

3. DISCUSSION

Les résultats montrent un accroissement de la teneur en matière organique des sols à l'échelle du système et également sur les parcelles en rotation. Sur ces dernières, la présence de prairie temporaire (70 % du temps de la rotation), la quasi absence de sol nu (< 5 %), l'utilisation de flores diversifiées et l'apport de matière organique de type compost (très stabilisé) peuvent être des facteurs explicatifs de ces trajectoires d'augmentation.
Sans intrants extérieurs, un système polyculture-élevage bovins allaitant autonome, cohérent, conduit en AB, qui laisse une large place aux prairies, obtient donc des trajectoires favorables d'augmentation de la MO des sols. Des mesures complémentaires en cours permettront de mieux estimer l'évolution de la densité des sols afin de quantifier précisément, les trajectoires prometteuses, au regard de ces résultats, d'accumulation et de stockage du carbone dans ces sols (Pellerin, 2020).

Cette étude a été réalisée avec la participation financière de la Région Pays de la Loire.

Pellerin et al, 2020 : stocker du carbone dans les sols français, INRA 2020.

Bien-être animal

Le traitement du concept de One Welfare dans la littérature : enseignements d'une analyse bibliométrique

DELANOUE E. (1), RODIEN M.-A. (2), MOUNAIX B. (3), BOIVIN X. (4)
(1) Institut de l'élevage - IFIP Institut du porc - Itavi, 8 rue de Monvoisin, BP 85225, 35652 Le Rheu Cedex
(2) Institut Agro, 65 Rue de Saint-Brieuc, 35042 Rennes
(3) Institut de l'élevage, 8 rue de Monvoisin, BP 85225, 35652 Le Rheu Cedex
(4) INRAE UMR Herbivores, 63122 Saint-Genès-Champanelle

RESUME
Apparue il y a quelques années, l'approche « One Welfare » considère que bien-être des humains et des animaux sont interdépendants et liés à l'environnement socio-économique et naturel de l'exploitation. L'un des axes de travail du RMT One Welfare est d'analyser les dimensions du concept de « One Welfare » pour en co-construire une définition partagée et transdisciplinaire. Pour amorcer ce travail, une analyse bibliométrique du concept, aux échelles française, européenne et internationale, a été menée. Le travail a été réalisé, en grande partie, grâce au logiciel CorText à partir d'un corpus d'articles issu du Web of Science. Le travail a permis d'identifier les 71 références les plus citées, de les classer par type de référence (littérature académique ou technique) et de décrire leurs contenus (définitions, dimensions abordées, approches suivies, type de relations humain-animal considérées,…). Il est ressorti de ce travail que le traitement du One Welfare, dans les différents types de littérature, n'en est qu'à ses débuts. Les papiers traitent ainsi davantage de l'exploration du concept en lui-même que de son application pratique sur le terrain. En conséquence, on observe des confusions persistantes dans sa définition et des difficultés à délimiter son champ d'application.

Treatment of the concept of One Welfare in the literature: lessons from a bibliometric analysis

DELANOUE E. (1), RODIEN M.-A. (2), MOUNAIX B. (3), BOIVIN X. (4)
(1) Institut de l'élevage - IFIP Institut du porc - Itavi, 8 rue de Monvoisin, BP 85225, 35652 Le Rheu Cedex

SUMMARY
Appeared a few years ago, the « One Welfare » approach considers human well-being and animal welfare interdependent and linked to the farm's social and natural environment. One of RMT One Welfare's lines of work is to analyse the dimensions of the concept, in order to co-build a transdisciplinary and shared definition. To do that, a bibliometric analysis was conducted through CorText, on different spatial scales and based on a corpus from the Web of Science of articles that deal with One Welfare. The 71 most quoted references were identified and classified according to type and content. The results show that treatment of the concept of One Welfare is only at its beginnings considering that articles mostly deal with its exploration rather than its application on field. Consequently, we still observe confusions in its definition and difficulties to delimit its scope.

INTRODUCTION

Le bien-être animal est devenu au cours des 40 dernières années un des éléments structurants des filières d'élevage sous l'influence conjointe de la réglementation européenne, de la demande sociétale et de la représentation de leur métier par les éleveurs. Cette montée en puissance de la problématique peut donner à certains éleveurs le sentiment que le bien-être des animaux passe avant leur propre bien-être (et l'amélioration de leurs conditions de travail) ou que leur expertise dans le soin aux animaux et la nature même de leur travail sont remises en cause. Depuis quelques années, l'approche « One Welfare » (« un bien-être »), inspirée du concept de « One Health » (« une santé »), considère que bien-être des humains et des animaux sont interdépendants et qu'il faut développer une vision holistique pour les faire progresser, incluant les interactions avec l'environnement socio-économique et naturel de l'exploitation. Le Réseau Mixte Technologique (RMT) « One Welfare », créé en 2021, rassemble chercheur.euse.s, ingénieur.e.s, enseignant.e.s, éleveur.euse.s et conseiller.ère.s agricoles pour explorer de manière interdisciplinaire le concept de One Welfare, développer des outils pour l'évaluer dans les systèmes d'élevages français et faciliter sa diffusion dans l'enseignement agricole. Le projet concerne les filières d'élevages herbivores, porcines et avicoles.
L'un des axes de travail du RMT One Welfare est d'analyser les dimensions du concept de One Welfare pour en co-construire un cadre de réflexion partagé et transdisciplinaire. Pour amorcer ce travail, une analyse bibliographique et bibliométrique du concept, aux échelles française, européenne et internationale, a été menée début 2022. Il s'est agi de collecter un corpus de références le plus large possible dans différents moteurs de recherche scientifiquement reconnus ou dans la littérature agricole qui mentionnent spécifiquement ou qui peuvent se rapporter au concept de One Welfare.

1. MATERIEL ET METHODES

Concrètement, l'analyse bibliométrique a été réalisée, en grande partie, grâce au logiciel CorText à partir d'un corpus d'articles issu du Web of Science, PubMed et Google Scholar. Les mots clés utilisés pour les requêtes ont été : « one welfare », « un seul bien-être », « bien-être », « bovin », « ovin », « caprin », « porc », « poule », « dinde », « canard », « poulet », « éleveur », « travail » et leur traduction anglaise (avec « welfare » et « well-being » pour le mot clé « bien-être »). Les langues françaises et anglaises ont été privilégiées pour des raisons de faisabilité en termes de moyens humains et temporels.
Au total, 65 articles scientifiques (principalement anglophones), 6 documents techniques, 4 vidéos et 28 sites web ont été référencés. Parmi les sites web analysés, on retrouve ceux des instituts techniques animaux français (IDELE, IFIP et ITAVI), des sites d'associations de défense des droits des animaux, les sites des partenaires du RMT One Welfare, celui du ministère de l'Agriculture et des sites internationaux tels que ceux de l'Organisation Mondiale de la Santé Animale (OIE) et de l'Organisation des Nations unies

pour l'alimentation et l'agriculture (FAO). Les principaux mots-clés mentionnés dans ces références ont ensuite été relevés. Le logiciel CorText a permis de recenser les 100 groupes de deux mots revenant le plus souvent dans les articles, grâce à la fonction « terms extraction ». Une carte des 150 termes les plus utilisés avec la fonction « network mapping » a également été réalisée. Ce travail a permis de cartographier les parties prenantes travaillant sur le concept de One Welfare, particulièrement dans le domaine de l'agriculture et, pour les équipes scientifiques, leur champ disciplinaire et leur nationalité. Le travail a permis d'identifier les 71 références publiées les plus citées, de les classer par type de production (littérature académique ou technique) et de décrire leurs contenus (définitions données, dimensions abordées, approches suivies, type de relations humain-animal considérées,…).

2. RESULTATS

Le concept de One Welfare apparait clairement défini dans 27 documents, seulement cité dans 4, et non évoqué explicitement dans le reste des publications. La première communication qui mentionne explicitement le One Welfare s'est tenue au Royaume-Uni en 2012 devant la British Society of Animal Science. Elle a été réalisée par Natalie Waran, qui établit un lien entre les concepts de One Health et de One Welfare et la problématique de durabilité de la production alimentaire. Le concept a ensuite été repris par Tristan J. Colonius et Rosemary W. Earley en 2013 (Etats-Unis), puis il a été porté et popularisé par Rebecca Garcia Pinillos (2018, Royaume-Uni) et David Fraser (Canada, 2019) qui sont tous deux régulièrement cités et associés à ce concept. Les pays occidentaux sont les pays qui publient le plus sur le One Welfare, et plus particulièrement les pays anglosaxons. A partir de 2017, le nombre d'articles par année augmente de manière exponentielle (Figure 1). Les revues scientifiques qui publient le plus d'articles sur le One Welfare sont *Animals* (16 articles) et *Frontiers in Veterinary Science* (9 articles).

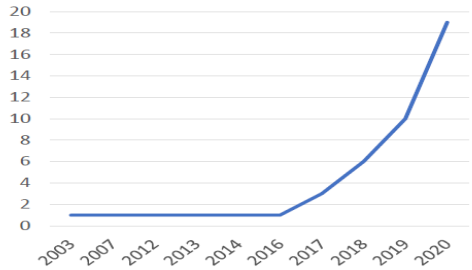


Figure 1 Evolution du nombre de publications scientifiques traitant du concept de One Welfare (recherche bibliométrique à partir du Web of Science, PubMed et Google Scholar)

Les animaux concernés par les documents sur le One Welfare sont principalement les animaux de rente (24 articles), puis les animaux de compagnie. Il y a également plusieurs articles généralistes (8) qui traitent des animaux sans indiquer précisément d'espèce.
Il apparait en outre que le concept de One Welfare est traité par de nombreuses disciplines différentes. Les disciplines les plus présentes dans les articles scientifiques sont les sciences humaines et sociales (sociologie pour 17 articles, psychologie pour 9 articles, de la philosophie/éthique pour 3 articles). L'éthologie, à travers notamment l'appréhension des relations humain-animal, est aussi très présente et fait le lien avec un pôle d'intérêt davantage centré sur l'animal. Dans ce pôle, on retrouve également la médecine vétérinaire (12 articles), la zootechnie, et les sciences de la conservation de la biodiversité de manière plus anecdotique. On retrouve également la médecine humaine dans 5 articles et, plus rarement, l'écologie et la pédagogie.

3. DISCUSSION

La définition du One Welfare est la base de réflexion du RMT One Welfare et notre analyse bibliométrique montre que cette recherche de définition est source de nombreux articles scientifiques. Dans les articles analysés, celle-ci est assez stable avec néanmoins des variations notables. La définition la plus synthétique souvent donnée est que « le One Welfare reconnait les interconnexions entre le bien-être animal, le bien-être humain et l'environnement » (Pinillos et al., 2016). Ce sont ensuite les délimitations qui sont posées pour chacune de ces trois dimensions qui varient selon les auteur.rice.s, ou dans les différents types de documents (vidéos, articles techniques, etc.).
Il apparait que de nombreux documents et articles réduisent la définition du concept à l'interconnexion entre le bien-être des humains et celui des animaux (Applebaum et al., 2020). En effet, la place de l'environnement en tant que pilier central du One Welfare apparait poser des difficultés aux différents auteur.rice.s. La définition même de l'environnement varie fortement selon les documents. Pour la plupart, la dimension environnementale correspond à l'environnement socio-économique des individus (Jordan et Lem, 2014; Piotti et al., 2021) tandis que, pour d'autres documents moins nombreux, l'environnement est pensé dans un sens plus large tenant compte de la biodiversité et des écosystèmes (Englefield et al., 2019).

CONCLUSION

Il ressort de ce travail que le traitement du concept de One Welfare, dans les différents types de littérature, n'en est qu'à ses débuts. Les papiers traitent ainsi davantage de l'exploration du concept en lui-même que de son application pratique sur le terrain. En conséquence, on observe, par la comparaison du contenu des documents, des confusions dans sa définition et des difficultés à délimiter son champ d'application. En particulier, il apparait que les trois grandes dimensions (bien-être animal, bien-être humain et environnement) que le concept se propose d'analyser en synergie ne sont pas considérées équitablement par les auteur.rice.s, qui réduisent souvent le concept à la seule dimension du bien-être animal. Quelques articles seulement font une relation avec le bien-être humain en le résumant le plus souvent à la bonne santé mentale des éleveurs, et l'aspect environnemental n'est que très rarement intégré dans les analyses. Le cas échéant, il se trouve réduit à l'environnement social de l'éleveur. Par souci de faisabilité pour explorer un concept nouveau et large, le RMT One Welfare a choisi de positionner ses premiers travaux dans un périmètre réduit (l'exploitation en tant qu'écosystème et son environnement socio-économique) et qui correspond à l'approche majoritaire identifiée dans notre revue. Toutefois, il s'agira par la suite, dans les futurs travaux du RMT, de questionner la place de ce pilier environnemental dans la manière d'appréhender le concept de One Welfare et de le rendre opérationnel sur le terrain.

Les auteur.rice.s tiennent à remercier les personnes qui ont accepté de témoigner en entretien, le GIS Avenir Elevages pour son soutien financier ainsi que les membres du groupe de travail « Nouvelles Technologies Génétiques » pour leur contribution et leur implication dans ce projet.

Applebaum J.W. et al., 2020. One Health, 11
Colonius T.J., Earley R.W., 2013. J. Am. Vet. Med. Assoc.
Englefield B. et al., 2019. Animals, 9, 752
Fraser D., 2019. World Small Animal Vet. Ass. Cong. Proceedings
Jordan T., Lem M., 2014. The Canadian Vet. J., 55, 1203-1206
Pinillos R.G. et al., 2016. Vet. Rec., 179, 412-413
Piotti P. et al., 2021. Animals, 11, 1336
Waran, N., 2012. Advances in Anim. Biosci., 3, 1, 187

Suivi du comportement individuel d'abreuvement et de la hiérarchie sociale chez les vaches laitières à l'aide d'abreuvoirs connectés

NIZZI E. (1), FORIS B. (2), GERARD C. (1), LASSALAS J. (1), HURTAUD C. (1), BOUDON A. (1)
(1) PEGASE, INRAE, Institut Agro, 35590, Saint Gilles, France
(2) Animal Welfare Program, University of British Columbia, Vancouver, BC, V6T 1Z4, Canada

RESUME – Disposer de suffisamment d'eau d'abreuvement de bonne qualité est essentiel pour la production et le bien-être des vaches laitières. Malgré tout, il a été mis en évidence que la satisfaction de ce besoin reste extrêmement hétérogène dans un nombre conséquent de fermes laitières. Des abreuvoirs connectés sont aujourd'hui disponibles pour mesurer individuellement les volumes d'eau bue et ils constituent un moyen pour mieux définir les besoins d'abreuvement. Ces outils pourraient notamment permettre de mesurer l'échelle hiérarchique des animaux au sein du troupeau, qui est sans doute un facteur explicatif majeur de la variabilité individuelle d'abreuvement. Les objectifs de notre étude ont été d'évaluer la capacité des abreuvoirs connectés à rendre compte de la hiérarchie sociale à travers l'étude d'un comportement agonistique ciblé, le remplacement à l'abreuvoir, et à mesurer l'hétérogénéité du comportement d'abreuvement des vaches selon leur rang social. Il est ressorti que l'échelle hiérarchique aux abreuvoirs peut être déterminée par l'étude exclusive des remplacements aux abreuvoirs observés par vidéo mais que cette dernière est différente de l'échelle hiérarchique mesurée grâce à un éthogramme plus complet des comportements agonistiques dans toute la stabulation. Il est apparu aussi que l'échelle hiérarchique a aussi pu être mesurée à partir des remplacements détectés automatiquement par l'abreuvoir en considérant que toute succession de buvées entre 2 individus durant moins de 25 s constituait un remplacement. Cette dernière a été fidèle à celle déterminée par les remplacements observés par vidéo. Les données individuelles d'abreuvement des vaches selon leur rang social à l'abreuvoir a révélé que les vaches les plus subordonnées ont tendance à utiliser spécifiquement les abreuvoirs les plus isolés et les plus éloignés de l'aire d'alimentation, contrairement au reste du groupe.

Monitoring individual drinking behaviour and the social hierarchy in dairy cows using electronic drinkers

NIZZI E. (1), FORIS B. (2), GERARD C. (1), LASSALAS J. (1), HURTAUD C. (1), BOUDON A. (1)
(1) PEGASE, INRAE, Institut Agro, 35590, Saint Gilles, France

SUMMARY – Providing sufficient access to clean drinking water is essential for the production and welfare of dairy cows. However, dairy farms show high variability in how they provide water to cows. Electronic drinkers are now available to monitor individual drinking intake and allow to better define the cow's water need. These devices could also be used to measure the social hierarchy of cows within a group, which may influence individual drinking behavior. We assessed the ability of electronic drinkers to identify a specific agonistic behaviour, replacement at the drinker, and the corresponding social hierarchy in a group of 22 lactating cows over 9 days. We also investigated the variation in drinking behaviour of cows according to their social rank. We found that an algorithm based on electronic drinker data can reliably identify agonistic replacements using short (i.e., lower than 26s) time intervals of visits between two cows at the same drinker. The social hierarchy at the drinkers was different from the hierarchy based on all agonistic interactions in the pen. However, the hierarchy determined based on automatically detected replacements at the drinker was consistent with the hierarchy determined using replacements observed on video. We also found that the most subordinate cows in the drinker hierarchy tended to use the most isolated drinkers and those furthest from the feeding area, unlike the rest of the group. Our results imply that automatically measuring social competition at the drinker may help ensuring sufficient water access to all individuals within a group.

INTRODUCTION

Bien que l'absence de soif soit un critère essentiel au bien-être animal, il a été montré que les équipements d'abreuvement ne permettent sans doute pas de satisfaire les besoins physiologiques des vaches laitières dans une proportion conséquente de fermes (de Boyer Des Roches et al., 2012). Ce constat aura des conséquences d'autant plus importantes sur le bien-être et la santé des troupeaux dans les années à venir du fait du changement climatique et de l'augmentation des températures estivales qui en découlera dans les régions laitières françaises. Dans le protocole Welfare Quality (Welfare Quality®., 2009), l'évaluation de l'absence de soif se base sur une obligation de moyens (nombre et positionnement des abreuvoirs, débit d'eau) et non sur une obligation de résultats. En situation de contrainte, comme lors de compétition pour l'accès à l'eau, certaines vaches du troupeau, selon leur position dans l'échelle hiérarchique, peuvent voir leur accès à cette ressource limité comme cela a été démontré pour l'accès aux ressources alimentaires (Val-Laillet et al., 2008). Dans ce contexte, il est particulièrement pertinent de caractériser l'hétérogénéité des volumes d'eau bue par les vaches dans des

configurations variées de conduite de troupeau en relation avec le dispositif d'abreuvement. Les abreuvoirs connectés sont un outil essentiel pour mesurer individuellement le comportement d'abreuvement. Il a aussi été montré que les systèmes automatiques d'enregistrement de l'abreuvement et de l'ingestion pouvaient permettre une caractérisation automatisée de l'échelle hiérarchique entre les vaches (Foris et al., 2019 ; Huzzey et al., 2014). Cependant, l'utilisation des seuls abreuvoirs connectés pour identifier la hiérarchie n'a encore jamais été étudiée. Si cette méthode fonctionnait, on pourrait envisager le développement d'outils adaptés en fermes pour généraliser ce type de mesure dans des contextes variés. Le but de cette étude a donc été d'évaluer si l'utilisation d'abreuvoirs connectés pouvait permettre la caractérisation conjointe de l'échelle hiérarchique au sein du troupeau et de ses conséquences sur la variabilité individuelle du comportement d'abreuvement, dans l'objectif à terme de généraliser ces mesures dans des contextes d'abreuvement variés.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. ANIMAUX ET CONDITIONS DE LOGEMENT

Nous avons suivi un groupe de 22 vaches Prim'Holstein en lactation (parité : 1,5 ± 0,7, production laitière moyenne : 31 kg/j, Matière Sèche Ingérée (MSI) moyenne : 22 kg/j) à la ferme expérimentale INRAE de Méjusseaume (IE PL, 35650 Le Rheu, France ; https://doi.org/10.15454/yk9q-pf68), du 02/03/2019 au 20/03/2019. Ces vaches étaient logées dans une stabulation libre équipée de 23 logettes individuelles. Chaque vache disposait d'une auge spécifique, dont l'ouverture était contrôlée grâce à une porte de détection électronique par radio fréquence (RFID). Une ration complète, à base d'ensilage de maïs supplémenté, était distribuée à volonté (10% de refus) deux fois par jour (08h00 et 16h00). Les vaches étaient traites matin et soir (06h00 et 15h30). Après chaque traite, elles restaient bloquées au cornadis environ 1 heure.

1.2. LES ABREUVOIRS

Les vaches avaient un accès *ad libitum* à l'eau grâce à 6 abreuvoirs interconnectés (La Buvette®, figure 1), constitués chacun d'un bol en polyéthylène haute densité (PEHD) d'une capacité de 3 L, d'un débitmètre et d'une antenne RFID. Un flotteur à l'arrière de chaque abreuvoir permettait de réguler l'alimentation en eau et de maintenir un niveau constant d'eau dans le bol. Pour permettre l'identification des vaches lors des buvées, les vaches étaient équipées d'un transpondeur RFID. Lorsqu'une vache s'approchait de l'abreuvoir, l'antenne placée sur le côté de l'abreuvoir détectait le transpondeur de la vache, le débitmètre enregistrait alors les impulsions générées par le flux d'eau et les informations concernant la visite à l'abreuvoir (heure, durée, volume, identifiant de l'animal) étaient consignées. Le volume d'eau par impulsion a été préprogrammé dans le logiciel avec un calibrage constant de 0,0248 L par impulsion. Deux cloisons, de part et d'autre de chaque abreuvoir permettaient de limiter l'accès à une vache à la fois. Toutes les données relatives aux abreuvoirs ont été centralisées grâce au système Blue Intelligence TM (La Buvette®, Charleville-Mézières, France) et exportées sous format Excel. Ces données nous ont permis de calculer la fréquence, la durée et la consommation journalière pour chaque vache.

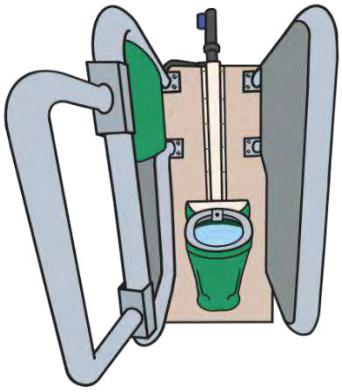


Figure 1 : Abreuvoir La Buvette® installé à la ferme expérimentale de Méjusseaume (dessin ©B. Vandresen2022)

1.3. ENREGISTREMENTS VIDEOS, ANALYSE DES INTERACTIONS AGONISTIQUES ET DETERMINATION DES ECHELLES HIERARCHIQUES DE REFERENCE DU TROUPEAU

Sept caméras réparties dans la stabulation ont permis d'enregistrer les comportements des vaches entre 5h00 et 22h30 durant 9 jours. Afin de faciliter la reconnaissance sur les vidéos, chaque vache a été marquée d'un symbole sur son dos et ses flancs. Cinq comportements agonistiques ont été considérés selon l'éthogramme donné en tableau 1. Les 4 premiers comportements agonistiques correspondent aux interactions agonistiques de bases identifiées par Dickson et al. (1967). Le cinquième est basé sur la définition donnée par Foris et al. (2019).

Type d'interaction	*Description*
oup de tête	Une vache actrice de l'interaction donne un coup de tête à une congénère.
ombat	Deux vaches s'affrontent tête contre tête
oup de corps	Une vache actrice de l'interaction donne un coup de corps à une congénère.
'enace/ vitement	Interaction sans contact physique où une vache actrice prend une position menaçante face à une congénère et entraîne sa fuite.
emplacement l'abreuvoir)	Une vache actrice donne un coup de tête ou de corps à une congénère s'abreuvant, provocant son départ de l'abreuvoir. L'actrice prend sa place dans les 60 s

Tableau 1: Ethogramme des comportements agonistiques enregistrés lors du visionnage des vidéos.

Toutes les vidéos ont été analysées par un même observateur qui a identifié, pour chacune des interactions agonistiques, la vache gagnante et la vache perdante de l'interaction. Ces données ont permis de constituer une matrice de dominance et de calculer pour chaque vache un score de David normalisé (SDnorm) comme décrit par de Vries et al. (2006). Les vaches ont ensuite été classées au sein du groupe selon leur SDnorm, ce qui a permis de leur affecter un numéro de rang social allant de 1 (vache la plus dominante) à 22 (vache la plus subordonnée), ce qui constitue l'échelle hiérarchique.

Selon les types d'interactions agonistiques considérées lors de la constitution de la matrice de dominance, quatre échelles hiérarchiques ont alors été caractérisées. La première a été établie à partir des seuls remplacements observés aux abreuvoirs. Les seconde et troisième échelles ont été établies

à partir de l'ensemble des comportements agonistiques observés par vidéos lorsqu'une des vaches impliquées dans l'interaction s'abreuvait ou lorsqu'aucune des vaches impliquées dans l'interaction ne s'abreuvait. La quatrième a été établie à partir de l'ensemble des comportements agonistiques observés par vidéos sur la totalité de la stabulation.

1.4. DETECTION DES REMPLACEMENTS PAR L'ALGORITHME BASEE SUR LES DONNEES ISSUES DES ABREUVOIRS CONNECTES

L'hypothèse de notre travail est que parmi les comportements agonistiques que nous avons enregistrés à partir des vidéos, le comportement de remplacement aux abreuvoirs pourrait être détecté automatiquement à partir des abreuvoirs connectés et suffire à caractériser une échelle hiérarchique du groupe comparable à celle obtenue par une méthode de référence basée sur l'analyse de vidéos (Foris et al., 2019). L'identification des remplacements par l'algorithme repose sur des intervalles inter-buvées entre deux vaches sur un même abreuvoir, et sont considérés comme remplacements ceux dont l'intervalle est inférieur à un seuil optimum d'identification des remplacements (SOIR). Ce seuil a été préalablement calibré sur les données de cet essai, grâce à une analyse de la performance de l'algorithme à identifier correctement les remplacements pour toutes les valeurs possibles de seuil d'identification des remplacements entre 0 et 60 s, à raison d'une valeur par seconde. La performance a été évaluée par un calcul de sensibilité et de spécificité en considérant comme référence les remplacements identifiés par les vidéos. Les nombres de remplacements vrais positifs (VP : remplacements identifiés par l'observateur des vidéos et par l'algorithme), faux positifs (FP : remplacements uniquement identifiés par l'algorithme) et faux négatifs (FN : remplacements identifiés uniquement par l'observateur) ont été calculés. La sensibilité et la spécificité ont été estimées selon les formules suivantes :

Sensibilité =VP / (VP+FN)
Spécificité =VP / (VP+FP)

Le point d'intersection entre les courbes de sensibilité et de spécificité a été considéré comme le SOIR. Toutes les données ont été traitées à l'aide du logiciel R version 4.0.3 (R Core Team, 2020).

1.5. COMPARAISON DES ECHELLES HIERARCHIQUES

Les cinq échelles hiérarchiques, comprenant les quatre dites de référence et celle issue de l'algorithme utilisant les données des abreuvoirs connectés ont été comparées grâce à l'évaluation des corrélations entre les SDnorm par la méthode Spearman (r_s). Pour chacune des échelles hiérarchiques, le comportement d'abreuvement des vaches les plus subordonnées a aussi été comparé au reste du groupe, en définissant les vaches les plus subordonnées comme celles présentant les SDnorm compris dans les 15 % les plus faibles (équivalent à 4 vaches identifiées comme subordonnées dans chacune des échelles hiérarchiques). Les variables de comportement d'abreuvement considérées ont été les volumes d'eau bue, le nombre de visites aux abreuvoirs et la durée d'abreuvement. Ces variables ont été moyennées par vache par jour avant d'être analysées par analyse de variance selon un modèle incluant l'effet du jour (comme effet aléatoire), de l'abreuvoir, du groupe hiérarchique et de l'interaction entre les deux. Les erreurs données pour les moyennes issues du modèle d'analyse de variance sont les erreurs standard et les écart-type pour les autres moyennes.

2. RESULTATS

2.1. CARACTERISATION DES COMPORTEMENTS AGONISTIQUES

Au cours des 9 jours d'analyse, 858 interactions agonistiques ont été enregistrées dont environ la moitié a eu lieu lorsqu'une des deux vaches engagées dans l'interaction s'abreuvait. Parmi cette moitié, 257 remplacements aux abreuvoirs ont été identifiés.

2.2. CALIBRAGE DE LA DETECTION AUTOMATIQUE DES REMPLACEMENTS AUX ABREUVOIRS PAR LES ABREUVOIRS CONNECTES

Au total, 297 intervalles inter-buvées de moins de 60 s entre deux vaches sur un même abreuvoir ont été enregistrés par les abreuvoirs. Parmi eux, 212 correspondaient à des remplacements également identifiés par l'observateur (VP). La figure 2-A représente la distribution des fréquences des VP et FP pour chaque seuil d'identification des remplacements entre 0 et 60 s. La figure 2-B illustre pour chacun de ces seuils, la sensibilité et la spécificité de la détection des remplacements par rapport aux vidéos. La valeur de SOIR retenue pour la suite des analyses a été de 25 s, ce qui correspond au seuil pour lequel les valeurs de sensibilité et de spécificité ont été les plus proches. Lorsque le SOIR a été paramétré à 25 s, la sensibilité a été de 0,81 et la spécificité de 0,82.

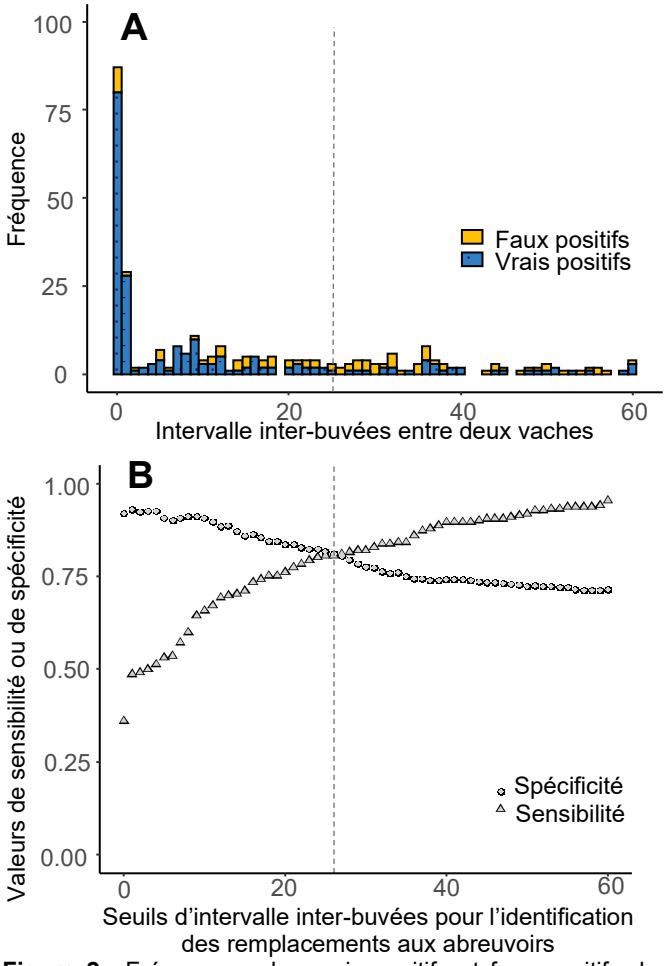


Figure 2 : Fréquences des vrais positifs et faux positifs des détections de remplacements à l'abreuvoir par rapport aux vidéos (A) et spécificité et sensibilité basées sur ces valeurs (B) pour des seuils d'identification des remplacements aux abreuvoirs compris entre de 0 et 60 s

2.3. EVALUATION DE L'ECHELLE HIERARCHIQUE

Les SDnorm issus des remplacements à l'abreuvoir observés par vidéos et ceux issus des remplacements détectés par l'algorithme ont été bien corrélées (r_s=0.82), ce qui suggère que l'algorithme peut remplacer l'analyse de vidéos par l'œil humain. Les SDnorm issus des remplacements à l'abreuvoir observés par vidéos ont aussi été bien corrélés à ceux issus de l'ensemble des interactions agonistiques observées lorsqu'une une vache s'abreuve (r_s = 0,86, figure 3A), ce qui montre que l'analyse des seuls remplacements rend bien compte de l'échelle hiérarchique établie sur un critère d'accès aux abreuvoirs. Par contre, les SDnorm issus de l'ensemble des interactions agonistiques observées lorsqu' une vache s'abreuve sont assez peu corrélés à ceux issus de l'ensemble des interactions agonistiques observées lorsqu' aucune vache ne s'abreuve (r_s=0,37, figure 3B). Ces résultats suggèrent que l'échelle hiérarchique établie sur un critère d'accès aux abreuvoirs n'est pas généralisable à celle que l'on obtient en prenant en compte l'ensemble des interactions agonistiques hors abreuvoirs. L'amplitude des SDnorm a été plus faible dans l'échelle hiérarchique issue des interactions agonistiques enregistrées aux abreuvoirs.

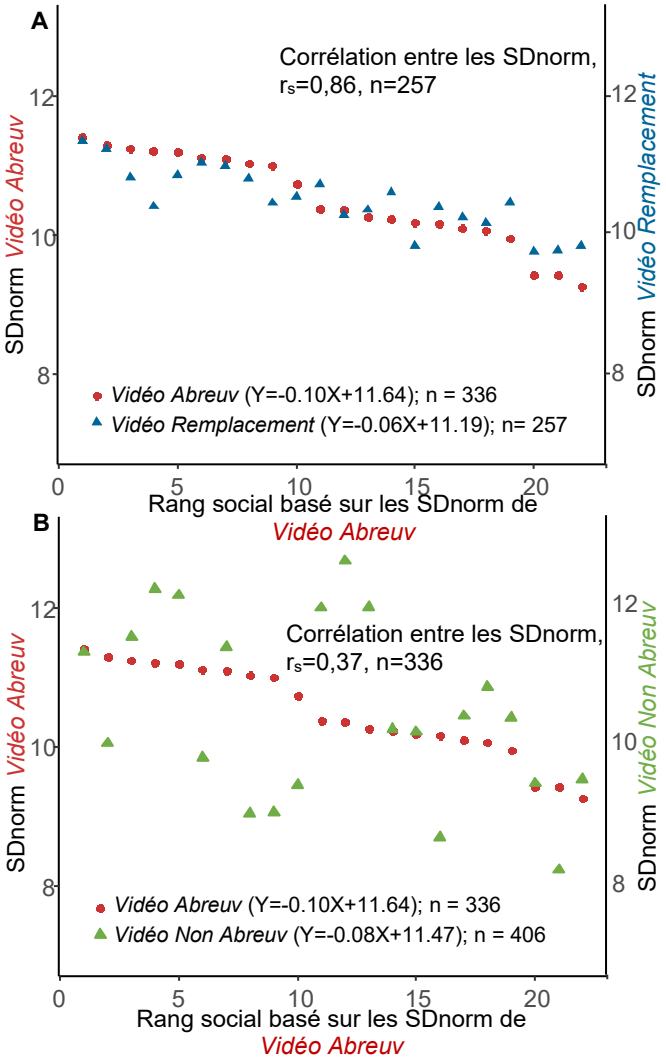


Figure 3 : Comparaison des rangs sociaux des vaches selon les échelles hiérarchiques issues des observations vidéos de l'ensemble des interactions agonistiques au cours desquelles une vache s'abreuve (*Vidéo Abreuv*), des remplacements aux abreuvoirs (*Vidéo Remplacement*) (A) et des interactions agonistiques au cours desquelles aucune vache ne s'abreuve pas (*Vidéo Non Abreuv*) (B). SDnorm : scores de David normalisés, issus des matrices de dominance de chaque échelle hiérarchique étudiée.

2.4. COMPORTEMENTS D'ABREUVEMENT DES VACHES EN FONCTION DE LEUR RANG SOCIAL

Les 22 vaches ont consommé en moyenne 82 ± 13,5 L/j pour une durée d'abreuvement de 9,6 ± 2,4 min/j et ont un nombre quotidien de visites à l'abreuvoir de 11 ± 7,9 /j. La durée de l'abreuvement quotidien et la fréquence des visites à l'abreuvoir n'ont pas été différentes entre les vaches les plus subordonnées et le reste du groupe, quelle que soit la hiérarchie considérée. En revanche, pour la hiérarchie issue de la détection par l'observateur des remplacements à l'abreuvoir, les vaches les plus subordonnées ont consommé moins d'eau que le reste du troupeau (71,8 ± 14,5 contre 84,2 ± 8,0 L/jour ; $F_{1, 20}$ = 5,8441, P=0,0253). Ces vaches ont aussi consommé moins d'eau dans les abreuvoirs n°1, 2, 4 et 6 - les abreuvoirs 2, 4 et 6 étant les 3 abreuvoirs les plus proches de la zone d'alimentation - et plus d'eau dans l'abreuvoir n°5 (45,2 % ± 1,3 L/jour, figure 4), situé dans la zone la plus isolée de la stabulation et la plus éloignée de l'aire d'alimentation. Des résultats similaires ont pu être observés lorsque l'on a considéré la proportion de temps passé à boire sur chacun des abreuvoirs et la répartition des visites.

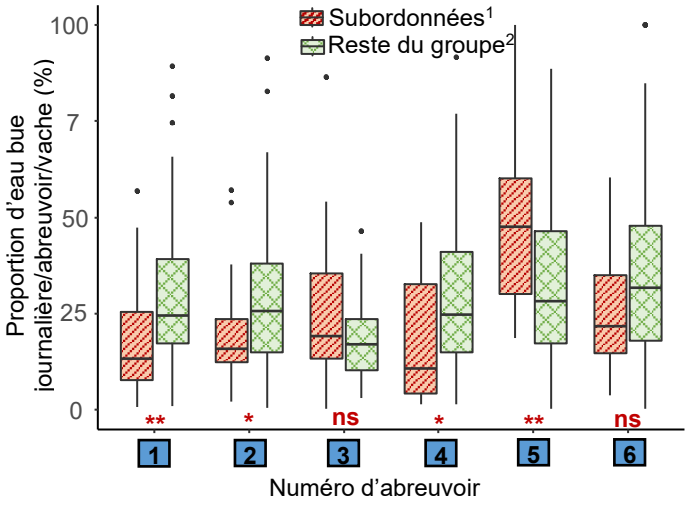


Figure 4 : Contribution des 6 abreuvoirs en terme de proportion quotidienne d'eau bue par vache (ns = non significatif, * = P<0.05, ** P<0.01).

3. DISCUSSION

3.1. DES CONDITIONS DE FORTE COMPETITION AUX ABREUVOIRS MALGRE UN NOMBRE D'ABREUVOIRS PLETHORIQUE

Parmi les 858 interactions agonistiques détectées lors de 9 jours d'observation, plus de la moitié a été détectée lorsqu'une des deux vaches impliquées s'abreuvait. Cette concentration d'interactions aux abreuvoirs peut être due à nos conditions d'élevage. Dans notre étude, la distribution des rations individuelle était réalisée durant la traite du matin, ce qui fait que les vaches réalisaient un gros repas au retour de la traite. De plus, dans un souci de prévention des mammites, elles restaient bloquées aux cornadis pendant 30 minutes après leur repas. Il est établi que la consommation d'eau est concomitante aux repas, notamment chez les ruminants (Langhans et al., 1995), et proportionnelle à la consommation d'aliment (Khelil-Arfa et al. 2012). Ces éléments de contexte ont sans doute généré une forte motivation des vaches à boire une fois libérées des cornadis. Ceci serait concordant avec le grand nombre

d'interactions agonistiques aux abreuvoirs observées dans notre essai, malgré un nombre pléthorique d'abreuvoirs. Nous avions moins de 4 vaches par abreuvoir dans cet essai alors que la recommandation est de moins de 10 vaches par abreuvoir (Welfare Quality®., 2009)

3.2. DETECTION DES REMPLACEMENTS PAR L'ALGORITHME

Les calculs de sensibilité et spécificité ont permis d'obtenir un SOIR pour des intervalles inter-buvées inférieurs ou égaux à 25 s. Ce seuil concorde parfaitement avec celui déterminé dans d'autres études du même type. Huzzey et al. (2014) ont mis en avant un seuil de 26 s sur des auges connectées de marque Insentec® (groupe Hokofarm, The Netherlands). McDonald et al. (2019) ont identifié un seuil de 29 s sur des abreuvoirs connectés de marque Insentec®. Foris et al (2019) ont identifié un seuil entre 26 et 29 s selon leurs réplicas sur le même type d'abreuvoirs et d'auges que ceux considérés par Mc Donald et al. (2019). Les auges et abreuvoirs de la marque Insentec® sont équipés de portes automatiques contrairement aux abreuvoirs La Buvette®. Ce système limite de manière conséquente les erreurs d'identification des vaches aux abreuvoirs par l'observateur. Avec notre conception d'abreuvoir, sans portes de régulation et présentant deux cloisons en acier, la précision de l'observateur quant à l'identification de la vache s'abreuvant est diminuée mais les conditions d'abreuvement sont plus proches de celles que l'on peut trouver en fermes.

3.3. LES ABREUVOIRS CONNECTES PERMETTENT UNE EVALUATION DE L'ECHELLE HIERARCHIQUE MAIS ASSEZ SPECIFIQUE A L'ABREUVEMENT

Il ressort de nos observations que les comportements agonistiques de remplacement détectés par les abreuvoirs automatisés permettent de relativement bien caractériser l'échelle hiérarchique qui a été obtenue par analyses vidéos des comportements agonistiques aux abreuvoirs, restreints ou non aux remplacements. Par contre, la hiérarchie issue des interactions agonistiques observées aux abreuvoirs se distingue clairement de celle issue des interactions agonistiques hors abreuvoir, à la fois par le classement relatif des individus et par une amplitude moindre des SDnorm. Cette différence d'amplitude a déjà été observée par Foris et al. (2019) lors de la comparaison entre la hiérarchie issue des comportements de remplacement aux auges connectées et celle issue de toutes les interactions agonistiques enregistrées dans la stabulation. Kondo et Hurnik (1990) ont observé qu'après une période d'acclimatation post-regroupement de 3-4 jours, les interactions physiques initiées entre les vaches diminuaient et laissaient place à davantage d'interactions agonistiques non physiques de type menaces/évitements, ce qui peut constituer un indicateur d'échelle hiérarchique stabilisée. Dans notre étude, les interactions agonistiques observées aux abreuvoirs ont été exclusivement des coups de tête et de corps tandis que les interactions agonistiques observées hors des abreuvoirs ont été, pour plus d'un quart, non physiques, c'est-à-dire sous forme de menaces et d'évitements. Nous pouvons suggérer que la hiérarchie identifiée hors abreuvoirs correspond à la hiérarchie stabilisée du groupe (hors contexte de compétition) et que la hiérarchie aux abreuvoirs serait influencée par le contexte de compétition. On ne peut cependant pas complètement exclure le fait que les vaches peuvent difficilement se voir lorsque l'une d'elles s'abreuve et que cela a aussi pu limiter les interactions de type menaces et évitements.

3.4. UN EFFET DE LA POSITION DES INDIVIDUS DANS L'ECHELLE HIERARCHIQUE SUR LEUR COMPORTEMENTS D'ABREUVEMENT

Nous avons observé que les individus les plus subordonnés privilégiaient les abreuvoirs les plus isolés, et évitaient ceux où la compétition semblait la plus forte, c'est à dire proches de la zone d'alimentation ou de l'aire de passage à la salle de traite. Si ces résultats restent préliminaires, le nombre d'abreuvoirs disponibles, pourtant pléthorique dans cet essai, et leur localisation pourraient avoir une réelle importance sur l'hétérogénéité du comportement individuel d'abreuvement au sein du troupeau. L'identification des animaux les plus subordonnés aux abreuvoirs semble être une piste prometteuse pour déterminer les individus en situation de sous-abreuvement lorsque les conditions d'abreuvement ne sont pas optimales.

CONCLUSION

Nous avons montré que la détection automatisée des remplacements aux abreuvoirs permet de rendre compte d'un nombre conséquent de remplacements réellement observés. Nous avons aussi montré qu'un intervalle inter-buvées entre deux vaches au même abreuvoir inférieur ou égal à 25 s est un seuil cohérent pour identifier les remplacements à l'abreuvoir. Par contre, l'échelle hiérarchique issue des comportements agonistiques aux abreuvoirs a été assez différente de celle issue des comportements agonistiques hors abreuvoirs dans cette étude. Cela peut être la conséquence d'un contexte de compétition aux abreuvoirs particulier à cette étude du fait du blocage des vaches à l'auge après chaque traite.

Les auteurs remercient la société La Buvette pour sa contribution au financement du projet et particulièrement Vincent Cardot pour son aide technique précieuse pour l'installation du dispositif d'abreuvement sur l'IEPL et sa contribution à la réflexion scientifique de ce projet.

de Boyer Des Roches A., Mounier L., Coignard M., Bareille N., Guatteo R., Veissier I., 2012. Renc. Rech. Ruminants, 16, 277-280

Dickson, D.P., Barr, G.R., Wieckert, D.A., 1967. Behaviour, 29, 195-203

de Vries H., Stevens J.MG., Vervaecke H., 2006. Anim. Behav., 71, 585-592

Foris B., Thompson A.J., von Keyserlingk M.A.G., Melzer N., Weary D.M., 2019. J. Dairy Sci., 102, 9176-9186

Huzzey J.M., Weary D.M., Tiau B.Y.F., von Keyserlingk M.A.G., 2014. J. Dairy Sci., 97, 2953-2958

Khelil-Arfa H., Boudon A., Maxin G., Faverdin P., 2012. Animal, 6, 1662-1676

Kondo S., Hurnik J.F., 1990. Appl. Anim. Behav. Sci., 27, 287-297

Langhans W., Rossi R., Scharrer E., 1995. In: Ruminant Physiology: Digestion, Metabolism, Growth and Reproduction. Langhans, W., Rossi, R., Scharrer, E., 1995. WV Engelhardt, S Leonhard-Marek, G Breves and D Giesecke (edition). Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, Allemagne, 199-216.

R. Core Team, 2020.

Val-Laillet D., de Passille A.M., Rushen J., von Keyserlingk M.A.G., 2008. Appl. Anim. Behav. Sci., 111, 158-172

Welfare Quality, 2009. Leylystad, Pays-Bas

Machine Learning appliqué au suivi du comportement pour identifier maladies, états reproductifs et perturbations des vaches laitières

VEISSIER I. (1), LARDY R. (1), MIALON M.M. (1), RUIN Q. (1), ANTOINE V. (2), KOKO J. (2)
(1) Université Clermont Auvergne, INRAE, VetAgro Sup, UMR Herbivores, 63122 Saint-Genès-Champanelle, France
(2) Université Clermont Auvergne, CNRS, UMR 6158 LIMOS, Campus des Cézeaux – BP 10125, 63173 Aubiière cedex, France

RESUME
Le comportement d'un individu est très sensible à toute perturbation extérieure ou modification de l'état interne. Nous avons cherché à prédire et à classer un large éventail d'états de santé, de stress et d'états physiologiques à partir de l'activité quotidienne de vaches laitières. Nous disposions de six jeux de données (au total 122 000 vaches*jours). Les soigneurs notaient l'état des vaches : maladie, œstrus, vêlage, perturbations (manipulations, mélange). Les vaches étaient équipées de capteurs permettant d'estimer la durée des activités - manger, se reposer, dans les couloirs – à partir desquelles était calculé le niveau d'activité. Nous avons modélisé le rythme d'activité par des transformées de Fourier (Harmoniques 0 et 1). Si l'écart entre les modèles obtenus au cours de 2 séries de 24 h est supérieur à un certain seuil, il y a de fortes chances qu'un événement particulier soit survenu : maladie, stress, chaleurs, mise-bas. Le changement s'opère avant que les soigneurs repèrent l'évènement. Ensuite, nous avons appliqué le random forest à des attributs décrivant les séries d'activité de 24 h (minimum, maximum, moyenne, autocorrélations…). Nous classons correctement 99% des séries témoins (= quasiment pas de fausse alertes) et dans un épisode qui entoure une maladie ou un événement reproductif, la probabilité de classer correctement au moins une série varie de 94 à 100%. L'apprentissage automatique appliqué à des séries temporelles semble donc un outil très puissant pour analyser le comportement des animaux et diagnostiquer son état interne.

Machine Learning applied to behaviour monitoring to detect diseases, reproductive events and disturbances in dairy cows

VEISSIER I. (1), LARDY R. (1), MIALON M.M. (1), RUIN Q. (1), ANTOINE V. (2), KOKO J. (2)
(1) Université Clermont Auvergne, INRAE, VetAgro Sup, UMR Herbivores, 63122 Saint-Genès-Champanelle, France

SUMMARY
Animal behaviour is very sensitive to any external disturbance or change in the animal internal state. We sought to predict and classify a wide range of health, stress and physiological states from daily activity of dairy cow. We had six datasets (total, 122,000 cows*days). The caretakers noted the condition of the cows: illness, oestrus, calving, disturbances (handling, mixing. Cows were equipped with sensors to estimate the duration of activities - eating, resting, in the alleys - from which the activity level was calculated. We modelled the rhythm of activity by the Fourier transform (Harmonics 0 and 1). If the difference between the models obtained during 2 series of 24 h is higher than a certain threshold, there is a strong chance that a particular event has occurred: illness, stress, heat, farrowing. The change takes place before the caretakers spot the event. Next, we applied random forest to attributes describing the 24 h activity series (minimum, maximum, average, autocorrelations...). We correctly classify 99% of the control series (= very rare false positive) and in an episode surrounding a disease or a reproductive event, the probability of correctly classifying at least one series varies from 94 to 100%. Machine learning applied to time series seems therefore a very powerful tool to analyse the behaviour of animals and diagnose its internal state.

INTRODUCTION

Le comportement d'un individu est très sensible à toute perturbation extérieure ou modification de l'état interne. Ainsi, des animaux stressés peuvent être plus actifs que la normale. Une vache cherche à s'isoler et est agitée à l'approche de la mise-bas (Jensen 2012). L'agitation accompagne également les chaleurs (Reith et Hoy 2018). Enfin, un animal malade diminue son activité, dort plus et à des moments où il est normalement éveillé, réduit la prise d'aliment et d'eau) et interagit moins avec son environnement (Dantzer et Kelley 2007 ; De Boyer Des Roches et al., 2017). Ces modifications peuvent apparaitre avant les signes cliniques. Les variations d'activité au cours de la journée, en particulier l'alternance jour-nuit - semblent des indicateurs particulièrement sensibles et précoces d'un trouble (Veissier et al., 1989). Ainsi des taurillons atteints d'une affection respiratoire sont moins actifs leur activité varie moins au cours de la journée, 3-6 jours avant l'apparition des signes cliniques (Marchesini et al., 2018).

Des changements subtils de comportement, comme la modification des rythmes (par exemple, le rythme journalier de veille/sommeil), ne peuvent pas être repérés par des observations ponctuelles. Leur détection ne peut se faire que si l'activité des animaux est enregistrée en continu, ce qui est maintenant possible grâce à des capteurs (accéléromètres, capteurs de positionnement, lecteurs RFID pour connaitre la

proximité des animaux avec une zone d'intérêt, …)(Buller et al., 2020).
Les systèmes développés pour l'élevage de précision utilisent de tels capteurs pour détecter quand les animaux sont dans des états spécifiques tels qu'en chaleurs, prêts à mettre bas, malades, … Le plus souvent ils ne détectent qu'un trouble à la fois ou plusieurs mais sans les distinguer (Stachowicz et Umstätter 2021). Nous avons cherché à prédire et à classer un large éventail d'états de santé, de stress et d'états physiologiques à partir de l'activité quotidienne des vaches, et plus particulièrement à partir d'indicateurs de rythme d'activité.

1. MATERIEL ET METHODES

Nous rapportons des travaux conduits sur plusieurs troupeaux de vaches Holstein, maintenus à l'intérieur, en fermes commerciales ou expérimentales (INRAE Herbipôle, IRTA). Nous avons utilisé 6 jeux de données comprenant

- des informations sur l'état des vaches (mammite, boiterie, acidose, vêlage, œstrus,…) ou des événements extérieurs potentiellement stressant (par ex changement de parc, manipulations) enregistrées dans les cahiers d'élevage par les soigneurs (et pour un jeu de données, des informations sur le pH ruminal afin d'identifier l'acidose)
- des données d'activité enregistrées à l'aide de capteurs.

Pour cinq jeux de données, l'activité était fournie par le système de localisation en temps réel CowView® (GEA Farm Technologies) : les vaches étaient équipées d'un tag émettant des ondes captées par des antennes placées au plafond, la position de l'animal est déterminée par triangulation, l'activité est inférée de la position (se repose si la vache est dans la logette, mange si elle est près de l'auge, sinon debout dans l'aire d'exercice). Pour un jeu de données, les vaches étaient équipées d'accéléromètres HOBO (Pendant G Acceleration Data Loggers, Onset Computer Corp) déterminant la position couché / debout et leurs auges étaient munies de portillons électroniques déterminant le temps passé à manger.
Nous calculons le niveau d'activité d'une vache pour chaque heure de la journée selon l'équation :
Niveau d'activité = -0.23 (temps passé au repos) + 0.16 (temps passé debout sans manger) + 0.42 (temps passé à manger)
Les poids ont été définis à partir d'une analyse factorielle des correspondances (Veissier et al 2001). Dans la suite de l'article, le terme « activité » réfère au niveau d'activité ainsi calculé.

2. MISE EN EVIDENCE DES MODIFICATIONS DE RYTHME D'ACTIVITE

Dans un premier temps (Veissier *et al.,* 2017), nous avons utilisé deux indicateurs de l'activité :

- l'activité moyenne du jour
- l'écart-type entre heures du jour, reflétant les variations intra-jour

calculés pour chaque jour et vache dans un jeu de données comprenant 350 vaches observées pendant 5 mois. Nous avons conduit une analyse de variance pour données répétées pour étudier la relation entre ces deux indicateurs et l'état des vaches : mammite, boiterie, autre maladie, en chaleurs. D'autres problèmes de santé ont été diagnostiqués mais avec une occurrence trop faible, ne permettant pas de les inclure dans l'analyse (10 cas de métrite, 5 d'acétonémie et 2 de colique). Les vaches étaient plus actives et les variations intra-jour étaient moins marquées le jour où une mammite ou des chaleurs étaient relevées. Les mêmes modifications étaient observées la veille de chaleurs mais pas l'avant-veille où les variations intra-jour étaient au contraire plus marquées que la normale. Les deux jours précédant l'observation d'une mammite, les vaches présentaient des variations intra-jour moins marquées. Lors de boiterie, le niveau moyen d'activité ne change pas mais les variations intra-jours sont moins marquées le jour même de l'observation et la veille (Tableau 1). Ces résultats ont confirmé que le rythme d'activité d'une vache est modifié lorsqu'elle est malade ou en chaleurs et que ces modifications précèdent les signes cliniques.

	Chaleurs	Mammite	Boiterie
Jour 0			
Niveau	+	+	=
Variations	-	-	-
Jour -1			
Niveau	+	=	=
Variations	-	-	-
Jour -2			
Niveau	+	=	=
Variations	+	-	=

Tableau 1 Mise en évidence de modifications d'activité selon l'état des vaches (niveau moyen et variations entre heures de la journée)

3. DETECTION DES CHANGEMENTS DE RYTHME D'ACTIVITE

Dans un second temps (Wagner *et al.,* 2021), nous avons cherché à modéliser la courbe journalière d'activité des vaches afin de détecter des changements. Nous avons utilisé 4 jeux de données différents du premier (total = 119000 jours x vaches). Les jeux ont été décomposés en séries de 36 h. Nous avons appliqué la transformation de Fourier sur les 24 premières et les 24 dernières heures de chaque série. Nous avons retenu la fréquence fondamentale et la première harmonique. Ainsi chaque série de 24 h est décrite par un modèle défini par l'activité moyenne et une sinusoïde représentant la cyclicité sur 24 h (en d'autres termes, le rythme circadien). Nous calculons ensuite la distance entre les deux modèles représentant les premières et dernières 24 h de la série de 36 h (Figure 1).
Un épisode de 4 jours a été défini autour d'une maladie, d'un vêlage ou de chaleurs : le jour de l'observation, deux jours avant, le jour suivant sont labélisés comme « vache dans un état particulier ». La semaine suivante est exclue de l'analyse. Le reste des jours sont considérés comme des jours normaux.
Pour chaque jeu de données, nous avons défini la distance au-delà de laquelle nous considérons que l'activité a changé au sein d'une série de 36 h. Ce seuil a été optimisé de sorte que les vaches qui ont été notées malades, en chaleurs ou vêlant par les soigneurs soient effectivement considérées comme ayant changé leur activité. Ces opérations ont été conduites sur un tiers de chaque jeu de données tiré au hasard. Nous avons ensuite testé ce seuil sur le reste des données. Avec cette méthode, près de 80% des jours notés sans problème sont détectés sans changement d'activité. Seulement 30% des jours notés avec une maladie, des chaleurs ou un événement potentiellement stressant, sont détectés avec changement d'activité. Or lors d'un épisode de maladie, vêlage ou chaleurs, la recherche de changement de rythme d'activité s'effectue dès deux jours avant que cet état soit observé par les soigneurs et se poursuit jusqu'au lendemain de l'observation. Si on s'intéresse aux épisodes où au moins une série de l'épisode est détectée avec un changement, la performance atteint 95% de détection. La méthode (appelée FBAT pour Fourier-Based Approximation with Thresholding) permet donc d'identifier les jours x vaches où un état particulier de la vache est suspecté : maladie, vêlage, œstrus, stress. Mais elle ne permet pas de discriminer ces états.

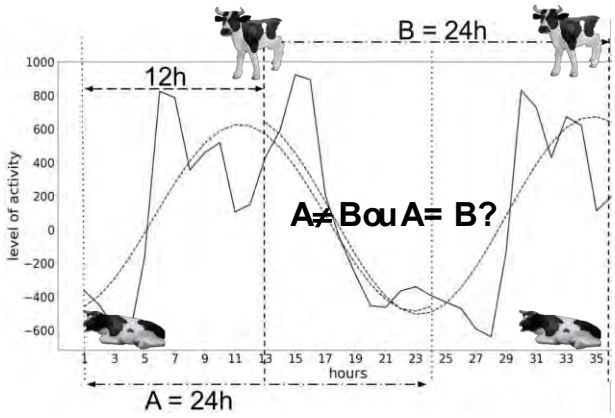


Figure 1 Modélisation de l'activité par la transformée de Fourier. Trait plein : niveau d'activité mesuré pendant 36 h ; traits pointillés : niveau d'activité modélisé pour deux séries A et B de 24 h décalées de 12 h.

4. IDENTIFICATION DES MALADIES, DES ETATS REPRODUCTIFS ET DU STRESS

Dans un troisième temps, nous avons décrit plus finement chaque série de 24 h à l'aide de 32 attributs statistiques afin de décrire

- l'activité globale (moyenne, médiane, minimum, maximum, quantiles 10-90 et 25-75
- les variations entre heures (écart-type, différences successives,…)
- la cyclicité des variations (autocorrélations d'ordre 1 à 11, harmoniques de Fourier 1 à 4).

Ces calculs ont été appliqués à 5 jeux de données (dont les 4 précédents, 121000 jours x vaches).

Nous avons appliqué un algorithme d'apprentissage automatique (Machine Learning) pour classer les séries de 24 h selon l'état des vaches. Nous avons appliqué l'algorithme Random Forest (1000 arbres construits, 10 tirages aléatoires des jeux d'apprentissage et de test pour chaque jeu de données) (Figure 2) Les attributs ayant un poids supérieur à 4% dans la classification étaient: la moyenne ; la moyenne quadratique, l'écart-type ;la moyenne quadratique des différences successives (RMSSD) ; le maximum ; les quantiles 10, les 25, 50, 75, 90 % ; les indices Kurtosis et Skewness ; harmoniques de Fourier 1 à 4 ; les autocorrélations d'ordre 1, 2, 3, 4, 5. Nous avons classé correctement 99% des séries témoins (c'est-à-dire sans état particulier d'une vache) et 42% des séries labélisées avec un état particulier. Dans un épisode qui entoure une maladie ou un événement reproductif, la probabilité de classer correctement au moins une série variait de 94 à 100% pour les vêlages, les œstrus, les boiteries, les mammites, l'acidose ruminale, les autres maladies ; elle était de 84% pour les mélanges d'animaux. Au cours d'un épisode, les séries non correctement classées sont généralement confondues avec des séries témoins et plus rarement avec des perturbations ou des acidoses, ce qui limite l'impact des confusions.

CONCLUSION

La répartition des activités au cours de la journée semble très sensible à l'état interne de l'animal. L'apprentissage automatique sur les séries temporelles semble un outil très puissant pour détecter et distinguer divers désordres de santé, les chaleurs, les vêlages, et le stress des vaches. Nous avons fait la preuve de concept qu'il est possible d'aller plus loin que les outils actuels d'élevage de précision en orientant vers un diagnostic afin de faciliter la prise de décision. Nous devons maintenant vérifier que les algorithmes utilisés sont généralisables à d'autres contextes.

Ces travaux ont bénéficié du soutien des projets européens #311825 EU-PLF et #730924 Smartcow et du programme 16-IDEX-0001 (CAP 20-25).

Reith S., Hoy S., 2018. Animal, 12, 398-407.
Stachowicz J., Umstätter C., 2021. Proc. R. Soc. B, 288, 20210190.
Veissier I., Le Neindre P., Trillat G., 1989. Applied Animal Behaviour Science, 22, 1-12.
Veissier I., Mialon M.-M., Sloth K.H., 2017. Journal of Dairy Science, 100, 3969-3974.
Wagner N., Mialon M., Sloth K., Lardy R., Ledoux D., M. S., De Boyer Des Roches A., Veissier I., 2021. Methods, 186, 14-21.

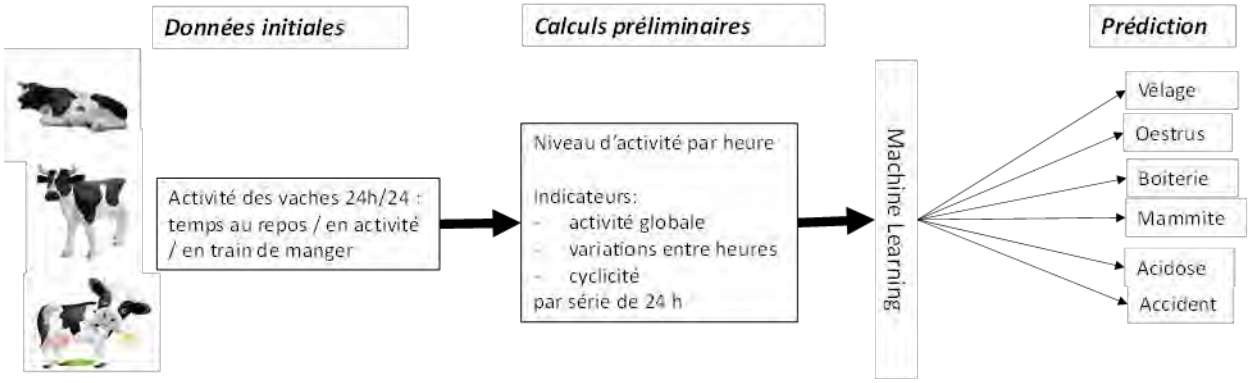


Figure 2 Développement du modèle de prédiction de l'état de la vache. Le modèle est calibré sur 10 à 30% du jeu de données (selon la taille du jeu) et testé sur le reste.

Adaptation des chevrettes au sevrage (changement d'alimentation et d'environnement) : réponses physiologiques et comportementales

BERTHELOT M. (1), ANDRADE A. (1), MIALON M.M. (2), GAUSSERES B. (3), FOUCRAS G. (3), BOISSY A. (2), MICHEL V. (4), LOLLIVIER V. (5) (6), MERLOT E. (5)

(1) ANSES – Unité Pathologie et Bien-être des Ruminants (PBER), Laboratoire de Ploufragan-Plouzané-Niort, 60 Rue Pied de fond, 79024, Niort.
(2) INRAE – Unité Mixte de Recherche sur les Herbivores (UMRH), Université Clermont Auvergne, 63122, Saint-Gènes-Champanelle.
(3) ENVT – Unité Mixte de Recherche Interactions hôtes-agents pathogènes (UMR IHAP), Ecole nationale vétérinaire de Toulouse, 23 Chemin des Capelles, 31300, Toulouse.
(4) ANSES – Direction de la Stratégie et des Programmes et Pôle Recherche et Référence du travail (DSP), Laboratoire de Maisons-Alfort, 14 Rue Pierre et Marie Curie, 94701, Maisons-Alfort Cedex.
(5) INRAE – Physiologie, Environnement et Génétique pour l'Animal et les Systèmes d'Elevages (PEGASE), Institut Agro, 16 le Clos, 35590, Saint Gilles.
(6) Institut Agro – Physiologie, Environnement et Génétique pour l'Animal et les Systèmes d'Elevages (PEGASE), 65 rue de Saint Brieuc, 35042, Rennes.

RESUME - La période de sevrage est une étape stressante pour les jeunes animaux d'élevage. Nous avons comparé les réponses physiologiques et comportementales de chevrettes au sevrage (défini ici comme l'arrêt de l'alimentation lactée associée à un changement de bâtiment) à celles de chevrettes non sevrées. Cinquante-deux chevrettes réparties en deux groupes (2x26), selon des critères d'âge et de poids, ont été conduites dans deux enclos de la nurserie de l'installation expérimentale INRAE PEGASE-IEPL et alimentées avec du lait distribué à la louve, de la paille et des concentrés. A J0, les chevrettes de l'un des enclos ont été chargées dans une fourgonnette, transportées 5 minutes puis déchargées dans un enclos de la chèvrerie où elles ne recevaient plus de lait (lot SEV), tandis que les chevrettes de l'autre enclos restaient dans la nurserie et continuaient de recevoir du lait (lot T). Un sous-effectif de 15 chevrettes par lot a été sélectionné sur des critères d'âge et de poids, sur lequel des prises de sang ont été faites à J-1, J0 (1h après sevrage du lot SEV), J+1 et J+7. Leur comportement a été enregistré via des caméras pendant 3h (14-17h), à 3 reprises avant (J-4, J-2 et J-1) et après J0 (J+1, J+2 et J+6). Le cortisol sanguin était supérieur dans le lot T par rapport au lot SEV à J+1 (P<0,05). Les indicateurs de stress oxydant ont été affectés par le jour (P<0,05), mais de façon identique dans les deux lots. A J0, le pourcentage de lymphocytes tendait à diminuer (P=0,053) et celui de neutrophiles était accru (P<0,05) en comparaison de J-1 dans le lot SEV, tandis qu'il était stable au cours du temps dans le lot T. La réponse de prolifération des lymphocytes était comparable à J-1, tendait à être accrue à J+1 (P=0,08) et était significativement plus importante à J+7 (P<0,05) dans le lot SEV par rapport au lot T. Après J0, les chevrettes du lot SEV se couchaient moins fréquemment par rapport au lot T à J+1 et J+2 (P<0,001). Dans le lot SEV, les comportements d'alimentation et d'abreuvement étaient plus fréquents à J+1, J+2 et J+6 par rapport au lot T (P<0,01), et ceux d'exploration étaient plus fréquents à J+1 et J+2 (P<0,05). Le poids des chevrettes n'était pas significativement différent entre les deux lots à J+7 (lot T : 21,2 ± 2,6 kg ; lot SEV : 20,2 ± 1,9 kg) malgré un gain moyen quotidien des chevrettes du lot T supérieur entre J-9 et J+7 à celui des chevrettes du lot SEV (256,2 ± 52,1 g/j vs 205,1 ± 63,3 g/j, P<0,05). En conclusion, le sevrage, effectué dans les conditions de l'expérimentation (arrêt de l'alimentation lactée associé à un changement de bâtiment) ont induit des variations physiologiques précoces et d'autres plus tardives jusqu'à une semaine après le sevrage, alors que l'impact sur le comportement des chevrettes était modéré, témoignant d'un processus d'adaptation à ces événements.

Goat kid's adaptation to weaning (feed and environment change): physiological and behavioural responses

BERTHELOT M. (1), ANDRADE A. (1), MIALON M.M. (2), GAUSSERES B. (3), FOUCRAS G. (3), BOISSY A. (2), MICHEL V. (4), LOLLIVIER V. (5) (6), MERLOT E. (5)

(1) ANSES – Unité Pathologie et Bien-être des Ruminants (PBER), Laboratoire de Ploufragan-Plouzané-Niort, 60 Rue Pied de fond, 79024, Niort.

SUMMARY - The weaning period is a stressful time for young farm animals. We compared the physiological and behavioural responses of weaned (defined here as the cessation of milk feeding associated with a change of environment) goat kids to un-weaned ones. Fifty-two kids, distributed in two groups (2x26) according to age and weight criteria, were reared in two pens in the experimental station INRAE PEGASE-IEPL's nursery and fed with milk, straw and concentrated feed. At D0, the goat kids from one of the pen was loaded into a van, driven for 5 minutes and then unloaded in a different pen in the goat stable where they did not receive milk (SEV treatment), while the other group stayed in the nursery and still received milk (T treatment). Fifteen individuals were selected in each groups according to age and weight criteria, upon which blood samples were taken on D-1, D0 (1h after weaning), D+1 and D+7. Their behaviour was recorded on camera for 3h (from 2 to 5 P.M.), 3 times before (D-4, D-2 and D-1) and after D0 (D+1, D+2 and D+6). Blood cortisol was higher in T treatment compared to SEV treatment at D+1 (P<0.05). Indicators of oxidative stress were affected by day (P<0.05), but identically in both groups. At D0, the percentage of lymphocytes tended to decrease (P=0.053) and of neutrophils was increased (P<0.05) compared

to D-1 in SEV, while it was stable over time in T. The lymphocyte proliferation response was comparable to D-1, tended to be increased at D+1 (P=0.08) and was significantly greater at D+7 (P<0.05) in SEV compared to T. After D0, kids of the SEV treatment were less frequently lying down compared to the T treatment at D+1 and D+2 (P<0.001). The feeding and drinking behaviours were more frequent for the SEV treatment than the T treatment at D+1, D+2 and D+6 (P<0.01). Exploration was more frequent for the SEV treatment than the T treatment at D+1 and D+2 (P<0.05). The weight of the goat kids was not significantly different between the 2 groups at D+7 (treatment T: 21,2 ± 2,6 kg ; treatment SEV: 20,2 ± 1,9 kg). despite a higher average daily gain (ADG) of kids in the T treatment between D-9 and D+7 than kids in the SEV treatment (256,2 ± 52,1 g/j vs 205,1 ± 63,3 g/j, P<0,05). In conclusion, the weaning carried out under the conditions of the experiment (cessation of milk feeding associated with a change of environment) induced early physiological variations and others later, up to a week after D0 and also affected the goat kids' behaviour moderately, revealing a process of adaptation to weaning and change of environment.

INTRODUCTION

La période de sevrage se caractérise pour le chevreau par l'arrêt de l'alimentation lactée et peut être accompagnée d'un changement d'environnement. Cette période de transition est reconnue comme une étape stressante de la vie des jeunes animaux de rente, durant laquelle leur santé et leur bien-être peuvent être altérés plus ou moins durablement (Zobel et al., 2020). Au-delà d'indicateurs cliniques de détérioration de l'état sanitaire, différents indicateurs physiologiques et comportementaux ont été étudiés, chez les caprins ou dans d'autres espèces, pour démontrer l'existence de réponses d'adaptation des animaux à des changements (Koolhaas et al., 1999). L'amplitude et la durée de ces réponses contribuent à déterminer dans quelle mesure le bien-être des animaux est compromis par la situation étudiée. L'objectif de cette expérimentation était d'étudier l'évolution d'indicateurs comportementaux et physiologiques au moment du sevrage afin de voir si les indicateurs identifiés mettent en évidence ou non un stress lié au sevrage. Le terme « sevrage » utilisé ici et dans la suite de l'article regroupe le changement alimentaire (arrêt de l'alimentation lactée) et le changement d'environnement qui ont eu lieu de façon simultanée.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. INSTALLATION ET ANIMAUX

L'essai a été conduit à la station expérimentale de INRAE PEGASE-IEPL(https://doi.org/10.15454/yk9q-pf68). Un mois avant le sevrage du lot concerné (lot SEV), l'ensemble des jeunes (48 femelles et 4 mâles) nés dans la station en janvier 2021 et gardés pour le renouvellement ont été répartis en deux groupes de tailles égales (n=26/groupe), sur des critères d'âge, de poids et de sexe, et logés dans deux enclos contigus en nurserie (Lot Témoin (T) : 14,4 m², Lot SEV : 13,3 m²). La configuration des lots était telle que les chevrettes des deux lots pouvaient avoir des contacts tactiles, visuels et olfactifs. Neuf jours avant la date choisie pour le sevrage (J-9), tous les chevreaux ont été pesés. Un sous-effectif de 15 chevrettes par lot a été sélectionné sur des critères d'âge (lot T : 52 ± 4 jours ; lot SEV : 53 ± 4 jours à J-9) et de poids (lot T : 17,1 ± 2,4 kg ; lot SEV : 16,9 ± 2,1 kg). A J0 (jour du sevrage pour le lot SEV), alors que les chevrettes étaient âgées en moyenne de 62 ± 4 jours, le lot SEV a été chargé dans une fourgonnette, transporté 5 minutes, puis déchargé dans un enclos de la chèvrerie (12,8 m²), bâtiment à proximité de la nurserie mais complétement séparé, et ne recevait plus de lait, tandis que l'autre lot est resté dans la nurserie jusqu'à la fin de l'étude avec toujours un accès à l'alimentation lactée. Les deux lots étaient ainsi complétement séparés.

Durant leur phase d'élevage en nurserie, toutes les chevrettes ont reçu une alimentation lactée (lait artificiel à la louve). Chacun des deux lots en nurserie disposait de deux râteliers avec de la paille, une auge en dessous de chaque râtelier et une 3ème auge opposée aux deux râteliers dans lesquelles étaient mis les concentrés ainsi que d'un abreuvoir. A partir de J0, le lot SEV recevait les concentrés à l'aire d'alimentation du nouveau bâtiment et disposait de deux râteliers de paille en hauteur et d'un abreuvoir alors que les conditions d'alimentation du lot T non sevré demeuraient inchangées. Tout au long de l'essai, les deux lots ont reçu des fourrages et concentrés une fois par jour. Le paillage était réalisé une fois par jour. Les quantités d'aliments consommées n'ont pas été évaluées. Les chevrettes ont été pesées à J+7.

1.2. REPONSES PHYSIOLOGIQUES

Pour étudier l'évolution des indicateurs physiologiques, des prises de sang à la jugulaire ont été faites à J-1, J0 (1h après sevrage du lot SEV), J+1 et J+7. Les prélèvements étaient systématiquement réalisés entre 10h et 11h.

Le cortisol sanguin a été mesuré par un immunoessai enzymatique compétitif (kit ST-AIA, Tosoh Europe, Tessenderlo, Belgique). Les hydroperoxides sanguins et la capacité antioxydante totale du sang ont été mesurés avec des kits commerciaux (dROM and BAP tests, Diacron, Grosseto, Italy). La formule sanguine a été déterminée sur sang total à l'aide d'un automate calibré pour les analyses hématologiques de chèvre (MS9R, Melet Schloesing laboratories, Osny, France).

Les cellules mononucléées du sang (lymphocytes et monocytes) ont été isolées sur gradient de ficol, puis mises en culture pendant 48h (2,5.10^5 cellules par puits), en présence d'un mitogène spécifique des lymphocytes T (la concanavaline A ou ConA, 5 µg/mL). La réponse de prolifération des lymphocytes à la ConA a été mesurée par incorporation de BrDU (kit Roche, Sigma-Aldrich). Les cellules ont aussi été cultivées 48 heures (5.10^6 cellules par puits), dans du milieu de culture simple ou additionné de lipopolysaccharide bactérien (LPS, O55 : B5, 10 µg/mL), qui active les monocytes, les polynucléaires et les lymphocytes B. La production de 14 cytokines a été dosée dans le surnageant de culture (Milliplex® Bovine Cytokine/Chemokine Magnetic Bead Panel 1, Merck, Darmstadt, Germany). Une pesée en fin d'essai (J+7) a été faite pour les deux lots.

1.3. REPONSES COMPORTEMENTALES

Les quinze chevrettes par lot ont été identifiées par des colliers de couleur différente. Leur comportement a été enregistré par des caméras (HIKVISION), de 6h à 18h tous les jours de J-4 à J+6. Le matériel d'enregistrement a été installé au plafond, au milieu des enclos. Le comportement des chevrettes a été analysé 3 jours avant (J-4, J-2 et J-1) ainsi que trois jours après le sevrage du lot SEV (J+1, J+2 et J+6). La plage horaire d'analyse de 14h-17h a été choisie car elle correspond à une période de la journée présentant un minimum d'interventions humaines dans la chèvrerie, à distance des interventions ponctuelles (prises de sang) et de la distribution d'aliment qui était le matin. De plus, les râteliers de paille d'un lot pouvaient être vides avant le remplissage du matin, ce qui pouvait empêcher ces matins-là l'expression du comportement « mange de la paille ».

Les comportements de chaque chevrette ont été relevés par scan toutes les 2 minutes sur 3h de vidéo par jour. Les comportements suivants ont été relevés : Couché, Debout (D) Mange Paille (D_Mange Paille), D_Tête sous Râtelier, D_Tête dans Auge (ou Cornadis), D_Boit Lait, D_Boit Eau, D_Inactif, D_Explore, D_Interaction, D_Jeu, D_Toilette, D_Tête non

visible (ce comportement représentant 5,5 % ou moins des comportements Debout, il n'a pas été pris en compte dans l'analyse) et D_Autres (comportements non décrits dans l'éthogramme). La fréquence des comportements a été calculée par jour d'observation et par chevrette. Deux comportements peu observés (Jeu et Interaction) ont été regroupés pour l'analyse. L'hypothèse a été faite que le comportement « D_Tête sous Râtelier » en nurserie était un comportement alimentaire car l'auge se trouvait dessous. Une fois le lot SEV sevré et déplacé en chèvrerie, ce comportement ne pouvait pas être comparé avec le lot T car les concentrés ne se trouvaient plus dans une auge sous les râteliers mais à l'aire d'alimentation. Pour limiter les biais, le comportement d'alimentation solide a été étudié en regroupant les 3 comportements suivants : D_Mange Paille, D_Tête sous Râtelier et D_Tête dans Auge (ou Cornadis) en un seul comportement nommé Alimentation.

1.3. ANALYSES STATISTIQUES

Les données ont été analysées sur le logiciel RStudio© (version 2021.09.0) avec la fonction lmer du package lme4. En utilisant des modèles mixtes généralisés, les effets fixes du jour du traitement (SEV et T) et leur interaction, ainsi que l'effet aléatoire des chevrettes, ont été testés. La p-value a été considérée comme significative quand P<0,05.

2. RESULTATS

Le poids des chevrettes n'a pas différé entre les deux lots à J+7 (lot T : 21,2 ± 2,6 kg et lot SEV : 20,2 ± 1,9 kg) malgré un gain moyen quotidien supérieur pour le lot T par rapport au lot SEV (256,2 ± 52,1 g/j vs 205,1 ± 63,3 g/j, P<0,05).

2.1. REPONSES PHYSIOLOGIQUES

Le cortisol sanguin dans le groupe T a augmenté entre J0 et J+1, et était plus élevé que dans le lot SEV à J+1 (42 vs 22 ± 5 ng/mL, P<0,05). Les indicateurs de stress oxydant ont été affectés par le jour (P<0,05), mais de façon identique dans les deux lots (augmentation des hydropéroxides et diminution de la capacité anti-oxydante totale du sang entre J-1 et J+7). A J0, le pourcentage de lymphocytes tendait à être diminué (57 vs. 60 ±2 %, P=0,053) et celui de neutrophiles était accru (43 vs. 38 ±2 %, P<0,05) en comparaison de J-1 chez les chevrettes du lot SEV, tandis qu'ils étaient stables au cours du temps chez les chevrettes du lot T. Le pourcentage d'éosinophiles a augmenté entre J-1 et J+7 (0.31 vs 0.81 ± 0.04%, P<0,001), avec des valeurs significativement plus élevées quel que soit le jour dans le lot SEV en comparaison du lot T (0.52 vs. 0.35 ± 0.07 %, P<0.05).

La réponse de prolifération des lymphocytes était comparable à J-1, tendait à être accrue à J+1 (P=0,08) et était significativement plus importante à J+7 (P<0,05) dans le lot SEV par rapport au lot T. Parmi les 14 cytokines dosées, seule la production de Vascular Endothelial Growth Factor A (VEGF-A) dans le milieu sans LPS a été influencée par le traitement : à J+1, les cellules des chevrettes du lot SEV produisaient plus de VEGF-A que celles des chevrettes du lot T (25 vs 13 ± 3 pg/mL, P<0.05).

2.2. REPONSES COMPORTEMENTALES

La fréquence des positions (Debout/Couché) et des activités en position Debout (Exploration ; Toilette ; Jeu-Interaction) des deux lots étaient similaires avant J0 sauf pour les activités « Inactif », « Alim » et « Boit eau ». En effet, les chevrettes du lot T étaient plus fréquemment « debout inactives » que celles du lot SEV à J-4 (P<0,01) et J-1 (P<0,05). Les comportements « Alim » et « Boit eau » étaient différents uniquement à J-2, avec les chevrettes du lot SEV moins fréquemment observées en train de s'alimenter (P<0,05) et plus fréquemment observées en train de boire que celles du lot T ce jour (P<0,01). Après J0, les chevrettes du lot SEV étaient moins fréquemment couchées par rapport au lot T à J+1 (P<0,001 ; 44,1 ± 10,7 vs 69,1 ± 8,8 scans 'couché') et J+2 (P<0,001), mais cette différence n'était plus observée à J+6. Les comportements « alimentation » et « boit eau » étaient plus fréquents pour le lot SEV par rapport au lot T à J+1 (P<0,01 ; 21,7 ± 6,9 vs 8,3 ± 3,8 scans 'alimentation' et 7,2 ± 4,9 vs 1,1 ± 1,1 scans 'boit eau'), à J+2 (P<0,01) et à J+6 (P<0,01). Les comportements d'exploration étaient plus fréquents chez les chevrettes du lot SEV que chez les chevrettes du lot T à J+1 (P<0,05 ; 4,8 ± 3,2 vs 2,9 ± 2,9 scans 'explore') et J+2 (P<0,05) mais cette différence n'était plus observée à J+6. Les chevrettes du lot SEV ont présenté des phases d'inactivité en étant debout et inactive d'abord plus fréquentes que celles du lot T à J+1 (P<0,05) et J+2 (P<0,05) puis moins fréquentes à J+6 (P<0,01). Aucune différence n'a été relevée entre les deux lots pour « Toilettage » « Jeu-interaction » à J+1, J+2 et J+6.

3. DISCUSSION

3.1. REPONSES PHYSIOLOGIQUES

Le suivi de la sécrétion de cortisol permet d'appréhender la réponse émotionnelle à des facteurs de stress (Mormède et al, 2007). La mesure d'une augmentation des concentrations de cortisol chez les chevrettes du lot T à J+1 en comparaison de J0 serait le témoin d'un stress chez ces animaux. La seule hypothèse que nous pouvons faire est que ce stress serait lié au départ du lot SEV, et donc à la rupture d'interactions avec les animaux de ce lot, car aucun autre évènement n'a été noté ce matin-là. L'absence de différence du taux de cortisol mesuré chez les chevrettes du lot SEV après le sevrage suggère que le changement d'alimentation et d'environnement n'auraient pas déclenché un état de stress mesurable par cet indicateur. Néanmoins, l'augmentation du pourcentage de neutrophiles sanguins et la diminution du pourcentage de lymphocytes, observables une heure après le sevrage chez le lot SEV et en voie de retour à la normale le lendemain, sont des indicateurs classiques d'une situation de stress aigu (Kannan et al, 2000). De plus, l'augmentation de la production spontanée de VEGF, une cytokine pro-inflammatoire, par les cellules immunitaires prélevées 24h après le sevrage et le changement d'environnement chez le lot SEV témoigne d'un effet précoce du sevrage. A notre connaissance, l'effet du stress, quelle que soit l'espèce de mammifère, sur cette cytokine n'avait jamais été étudié.

Le changement d'alimentation et d'environnement ont induit des effets sur la fonction immunitaire, qui ont continué à se développer pendant la semaine suivant l'événement. Ainsi, le sevrage a accru la réponse proliférative des lymphocytes sanguins, et cet effet était plus marqué à J+7 comparé à J+1. Cet effet d'un stress sur la prolifération des lymphocytes n'avait pas été montré chez la chèvre, mais il est connu chez le porc que les stress sociaux peuvent, selon le type de situation, accroitre ou diminuer la capacité des lymphocytes à proliférer (Sutherland et al., 2006).

3.2. REPONSES COMPORTEMENTALES

Suite à l'arrêt de l'alimentation lactée et au transfert en chèvrerie, les chevrettes ont présenté un niveau d'activité (fréquence de position debout) plus important que celui du lot non sevré. Cela peut s'expliquer par le fait que les chevrettes sevrées se retrouvaient dans un milieu inconnu avec de nouveaux bruits, odeurs et habitudes, associé à une modification de l'alimentation, ce qui a pu provoquer un stress. De nombreuses études ont montré que le niveau d'activité général de l'animal augmente avec son état de stress (Koolhaas et al., 1999 ; Patt et al., 2013). Cependant il n'est pas possible de dire qui du changement d'alimentation ou d'environnement a provoqué le stress le plus important. Les fréquences d'alimentation et de buvée les premiers jours après sevrage sont plus élevées chez les chevrettes du lot SEV que du lot T. Cette augmentation est cohérente avec les résultats d'Atasoglu et al. (2008) : l'arrêt de l'alimentation lactée se traduit par une augmentation du temps passé à boire de l'eau. Suite au sevrage, le comportement d'exploration des chevrettes du lot SEV a augmenté durant les 2 premiers jours. Par la suite, les chevrettes semblent d'être habituées à leur

nouvel environnement puisqu'après six jours, il n'y a plus de différence entre lots. Cette modification du comportement semble être liée au changement d'environnement plutôt qu'au changement d'alimentation. Quant au comportement de « Jeu-Interaction » qui est connu pour être un indicateur pertinent de bien-être chez le jeune mammifère, il a été trop peu observé pour émettre des conclusions.

CONCLUSION

Le sevrage tel que mis en œuvre dans cette étude (arrêt de l'alimentation lactée associée à un changement d'environnement, à environ 2 mois et 19 kg) ont induit chez les chevrettes des effets physiologiques modérés juste après ces événements mais qui persistent jusqu'à une semaine après. Le sevrage a eu un impact modéré sur le comportement des chevrettes. Il serait intéressant de poursuivre des travaux sur l'impact du poids au sevrage, qui n'a pas pu être investigué ici. Alors que ces quelques modifications comportementales révèleraient un processus d'adaptation progressif au sevrage qui a pu être facilité par le poids assez élevé des chevrettes au moment du sevrage, les indicateurs physiologiques indiquent que cette adaptation s'est faite au prix modifications physiologiques, notamment immunitaires, qui persistent pendant au minimum une semaine après le sevrage. Les conséquences potentielles en terme de santé à moyen-long terme n'ont pas été évaluées dans cette étude.

Nous remercions l'ensemble du personnel de l'IEPL et de Saint-Gilles pour la réalisation de cet essai ainsi que la région Nouvelle-Aquitaine, l'ANICAP et la DGAL pour avoir financé ce projet.

Atasoglu C., Yurtman I.Y., Savas T., Gultepe M., Özcan O., 2008. Animal Science Journal, 79, 435-442.
Kannan G., Terrill T.H., Kouakou B., Gazal O.S., Gelaye S., Amoah E.A., Samaké S., 2000. J Anim Sci, 78, 1450-1457.
Koolhaas, J.M., Korte, S.M., De Boer, S.F., Van Der Vegt, B.J., Van Reenen, C.G., Hopster, H., De Jong, I.C., Ruis, M.A.W., Blokhuis, H.J., 1999. Neurosci Biobehav Rev, 23, 925-935.
Mormède P., Andanson S., Aupérin B., Beerda B., Guémené D., Malmkvist J., Manteca X., Manteuffel G., Prunet P., van Reenen C.G., Richard S., Veissier I., 2007. Physiol Behav, 92, 317-339.
Patt, A., Gygax, L., Wechsler, B., Hillmann, E., Palme, R., Keil, N.M., 2013. Applied Anim Behav Sci, 146, 56-65.
Sutherland M.A., Niekamp S.R., Rodriguez-Zas L., Salak-Johnson L., 2006. J Anim Sci, 84, 588-596.

Préférences des chèvres vis-à-vis de quatre types de brosses et impact sur leur bien-être

BOTREAU R. (1), MIALON M.M. (1), BERTHELOT M. (2), DESCHREVEL L. (3), MEUNIER B. (1), CAILLAT H. (3)
(1) INRAE, Université Clermont Auvergne, VetAgro Sup, UMR1213 Herbivores, 63122 Saint-Genès-Champanelle
(2) Anses, Laboratoire de Ploufragan-Plouzané-Niort, 79024 Niort
(3) INRAE, UE1373 FERLus, Les Verrines, 86600 Lusignan

RESUME - Proposer des brosses aux chèvres pourrait constituer un axe d'amélioration de leur bien-être en satisfaisant leur besoin de toilettage, tout en leur apportant un enrichissement occupationnel et sensoriel. Cette étude vise à établir l'utilisation et les préférences des chèvres pour quatre types de brosses, et à évaluer l'impact sur leur bien-être. Quatre brosses ont été mises à disposition d'un lot de 50 chèvres en lactation sur deux périodes de 6 semaines en mars (P1) et en juin (P2) : une brosse fixe, deux brosses pivotantes de taille petite (mini) et moyenne (midi), et une brosse rotative automatique. Des observations comportementales (scans toutes les 10 min, sans individualisation) ont été réalisées pour étudier l'utilisation des brosses : utilisation pour se brosser (et zone du corps brossée) ou 'autrement' (principalement manipulations orales). L'impact des brosses sur le bien-être des chèvres a été évalué par des mesures sanitaires (abcès, boiterie, blessures, propreté) avant et après chaque période, et comportementales (postures et activités) en P1 avant et pendant l'accès aux brosses. La brosse automatique a été significativement la plus utilisée, suivie par la midi et la fixe, et enfin la mini. La brosse automatique a été utilisée exclusivement pour se brosser (91 % des scans où elle est utilisée) alors que les trois autres le sont aussi 'autrement' (26 à 31 % des scans). En P1, toutes les brosses ont majoritairement servi à se brosser la tête ($p<0,05$). En P2, l'utilisation a évolué pour la midi (utilisations tête et corps équivalentes) et l'automatique (utilisation corps majoritaire, $p<0,001$). L'accès aux brosses n'a pas impacté la santé et a entraîné une diminution du nombre de chèvres observées debout inactives et à se frotter aux barrières ($p<0,001$), sans impacter l'auto-toilettage. Ces résultats montrent que les chèvres utilisent différemment les brosses, ce qui les rend complémentaires. Leur mise à disposition simultanée constitue bien un enrichissement du milieu puisqu'elles sont toutes utilisées et que l'impact sur le bien-être est positif sur la période d'observation (report du grattage sur des supports adéquats et réduction de l'inactivité, ennui…).

Goats' preferences for four types of brushes and impact on their welfare

BOTREAU R. (1), MIALON M.M. (1), BERTHELOT M. (2), DESCHREVEL L. (3), MEUNIER B. (1), CAILLAT H. (3)
(1) INRAE, Université Clermont Auvergne, VetAgro Sup, UMR1213 Herbivores, 63122 Saint-Genès-Champanelle

SUMMARY - Offering brushes to goats could be a way to improve their welfare by satisfying their need for grooming, while providing them with occupational and sensory enrichment**.** This study aims to establish the use and preferences of goats for four types of brushes, and to assess the impact on their welfare. Four brushes were provided to a group of 50 lactating goats over two 6-week periods in March (P1) and June (P2): a fixed brush, two swivel brushes of small (mini) and medium (midi) size, and an automatic rotating brush. Behavioural observations (scans every 10 min, without individualisation) were carried out to study the use of the brushes: use for brushing (and area of the body brushed) or 'otherwise' (mainly oral manipulation). The impact of the brushes on goat welfare was assessed by health measures (abscesses, lameness, injuries, cleanliness) before and after each period, and behavioural measures (postures and activities) in P1 before and during brush access. The automatic brush was significantly the most used, followed by the midi and the fixed, and finally the mini. The automatic brush was used exclusively for brushing (91% of the scans where it was used) while the other three were also used 'otherwise' (26% to 31% of the scans). In P1, all brushes were used predominantly for head brushing ($p<0.05$). In P2, use changed for the midi (equal head and body use) and the automatic (majority body use, $p<0.001$). Access to brushes did not impact health and resulted in a decrease in the number of goats observed standing idle and rubbing against barriers ($p<0.001$), without impacting self-grooming. These results show that goats use the brushes differently, which makes them complementary. Their simultaneous provision constitutes an enrichment of the environment since they are all used and the impact on well-being is positive over the observation period (postponement of scratching on suitable supports and reduction of inactivity, boredom, etc.).

INTRODUCTION

Afin d'améliorer le bien-être des chèvres laitières en élevage, et ainsi de mieux répondre aux attentes sociétales de plus en plus fortes, une solution consiste à mettre en place des objets d'enrichissement (amélioration du milieu de vie). Ces derniers agissent pour le bénéfice comportemental des animaux en réduisant l'expression de comportements inappropriés et en stimulant les émotions positives (Anses, 2015 ; Boissy *et al.*, 2007). Parmi les enrichissements les plus faciles à mettre en place et déjà disponibles dans le commerce se trouvent les brosses. Les brosses devraient permettre aux chèvres de satisfaire leur besoin de maintenance (toilettage) tout en améliorant leur confort en leur offrant un support adapté de brossage et de grattage. Cependant très peu d'études scientifiques ont montré leur intérêt pour les chèvres laitières, et ces études comprenaient plusieurs types d'enrichissement dont des brosses (Gomes *et al.*, 2018 ; Kakarash *et al.*, 2021) ne permettant pas de conclure sur l'impact uniquement des brosses sur le bien-être des chèvres mais mettant en avant une utilisation non négligeable des brosses même en présence d'autres enrichissements.

Pour savoir si un objet constitue un enrichissement du milieu il faut vérifier s'il est utilisé et si son impact sur le bien-être des animaux est positif. Cette étude a eu pour objectif d'établir les préférences des chèvres pour 4 types de brosses proposées simultanément aux chèvres, et d'évaluer leur impact sur le bien-être de ces dernières. Nos hypothèses initiales étaient les suivantes :

- La brosse rotative automatique sera certainement plus utilisée que les autres brosses (non automatiques, et nécessitant ainsi surement plus d'efforts de la part des chèvres)
- Les brosses longues et orientables permettront aux chèvres de se brosser plus facilement l'ensemble du corps
- L'accès aux brosses permettra globalement d'améliorer le comportement des chèvres, mais avec le risque de voir une augmentation des interactions agonistiques du fait de la

compétition pour accéder aux brosses, ainsi qu'une augmentation du nombre d'abcès caséeux les brosses constituant un support supplémentaire pour les bactéries responsables de ces derniers.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. ANIMAUX ET HEBERGEMENT

L'étude s'est déroulée sur le 1er semestre 2021 à la chèvrerie expérimentale du l'UE FERLus à Lusignan, dans le cadre de l'expérimentation-système INRAE Patuchev (Caillat *et al.*, 2013). Les résultats présentés ici concernent uniquement les chèvres en lactation du lot hébergé en bâtiment, sur aire paillée, sans accès à l'extérieur ni autres enrichissements. Au total le lot comprenait 50 chèvres de race Alpine ayant démarré leur lactation à l'automne. Compte tenu du cadre de l'expérimentation-système, il n'a pas été possible de constituer des sous-lots (notamment pour avoir un lot 'témoin' et un lot 'brosses'), le lot a donc été son propre témoin, avant et après mise en place des brosses (cf. section suivante)

1.2. BROSSES

Quatre brosses aux caractéristiques différentes, toutes disponibles dans le commerce, ont été mises simultanément à disposition des chèvres (Tableau 1) : une brosse pivotante et rotative automatique DeLaval (Auto), une brosse pivotante EasySwing® Mini (Mini), une brosse pivotante EasySwing® Midi (Midi) et une brosse fixe rectangulaire de la Société Ouest Vendée Brosse (Fixe). Seule la brosse Mini était déjà connue des chèvres. Les brosses ont été mises à disposition des chèvres sur deux périodes (Figure 1) : 6 semaines en mars (P1) puis laissées en place à partir de juin (P2). En P1, La brosse Auto a été installée 1 semaine avant les trois autres pour laisser le temps aux chèvres d'apprendre à s'en servir.

1.3. MESURES POUR ETABLIR LES PREFERENCES D'UTILISATION DES BROSSES

Au cours des périodes P1 et P2 des observations comportementales ont été réalisées en direct sur deux semaines distinctes (Figure 1) pour évaluer l'utilisation des brosses par les chèvres. Des scans sur les 4 brosses ont été réalisés toutes les 10 minutes du lundi au jeudi (entre les scans, des observations en focus étaient réalisées pour calibrer des algorithmes à partir de données issues des accéléromètres posés sur les brosses, cf. poster Meunier *et al.*, 2022) et toutes les 2 minutes les vendredis. Au total 1152 scans ont été réalisés pour chaque brosse, sans individualisation des chèvres. Seules les chèvres interagissant avec les brosses ont été observées.

Tableau 1 Brosses mises à disposition des chèvres, présentées dans l'ordre de leur position dans le parc d'élevage. Les dimensions indiquées correspondent à celle de la brosse à proprement parlé.

Auto	Mini	Fixe	Midi
20 cm × 50 cm	30 cm × 40 cm	43 cm × 33 cm	40 cm × 50 cm
			

L'éthogramme se composait des comportements suivants (regroupés pour les analyses statistiques, les comportements détaillés sont entre parenthèses) : se brosse × partie du corps brossée : tête vs. corps (dos-croupe, flancs, cuisses, pattes), utilise la brosse autrement (flaire, mâchouille, pousse, grimpe sur la brosse), utilise le support de la brosse (se frotte contre, lèche, grimpe sur, mâchouille).

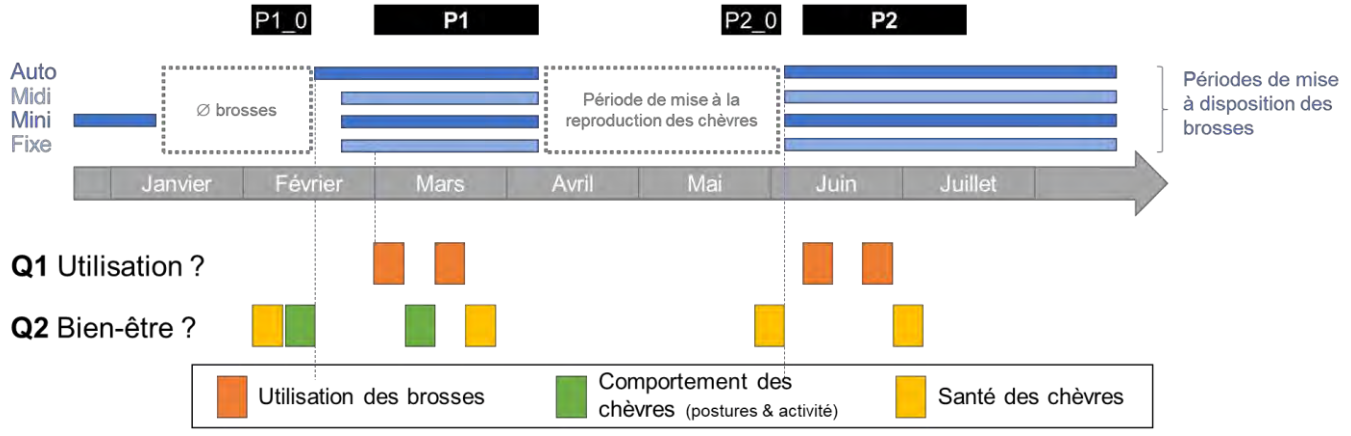
1.4. MESURES POUR EVALUER L'IMPACT SUR LE BIEN-ETRE DES CHEVRES

Pour évaluer l'impact de la mise à disposition des brosses sur le bien-être des chèvres, des mesures comportementales et sanitaires ont été réalisées avant le début de chaque période (P1_0 et P2_0) et pendant chaque période (P1 et P2). Les mesures comportementales n'ont été réalisées qu'en P1 alors que les mesures sanitaires l'ont été sur les deux périodes (Figure 1).

Pour l'**évaluation comportementale**, les postures et les activités des chèvres, non individualisées, ont été observées par scans et par focus sur 2 fois cinq jours consécutifs. Pour des raisons de faisabilité, le parc a été divisé en 6 zones virtuelles observées les unes après les autres, en scan puis en focus (toutes les chèvres présentes dans chaque zone ont été observées). Chaque jour, chaque zone a ainsi fait l'objet de 8 scans (espacés de 45 min.) et de 8 périodes de focus de 4 min. Au total, 480 scans et 32h de focus ont été réalisés.

Les scans ont permis d'enregistrer le nombre de chèvres réalisant les activités détaillées ci-dessous croisées avec les postures/locomotion 'est debout et se déplace', 'est debout immobile' et 'est couchée' :

Figure 1 *Calendrier expérimental, réalisé sur l'année 2021.*



Inactive / Rumine / Mange / Boit / Se lèche, se mordille, se gratte / Lèche ou mordille l'environnement / Se frotte à un élément de l'environnement (hors brosse) / Se brosse / Flaire/mordille la brosse / Interagit avec congénèr.

Les observations en focus ont été réalisées afin d'observer des comportements plus rares ou furtifs tels que les jeux ou les interactions sociales agonistiques en dénombrant le nombre de fois où chaque item comportemental de l'éthogramme a été observé : menace ou pousse une congénère / donne un coup ou mord une congénère / lutte entre deux congénères / lèche ou se frotte contre une congénère / tête une congénère / court / saute ou caracole / se lèche, se mordille, se gratte / se frotte à l'environnement / se brosse / balance la tête. Pour l'**évaluation sanitaire**, les chèvres ont été individuellement inspectées pour noter l'état de leur poil (bon/abîmé), la propreté du jarret (propre / un peu sale / très sale), la propreté de la mamelle (propre / un peu sale / très sale), les boiteries (oui / non), la prostration (oui / non), le nombre de blessures (pas de blessure / dépilation / égratignure ou griffure / plaie) et le nombre d'abcès caséeux et leur stade de développement (fermé / dépilé / ouvert / cicatrisé).

1.5. TRAITEMENT DES DONNEES

Les données ont toutes été analysées avec R (packages *stat*, *lme4* et *ordinal*) par des modèles linéaires généralisés mixtes, en données quantitatives ou multinomiales. Les données quantitatives ne suivant pas une loi de distribution classique ont été transformées en données multinomiales à 3 classes (en fonction des centiles 0,33 et 0,67 pour avoir des classes avec des effectifs homogènes). Les modèles comprenaient en effet aléatoire le jour de la semaine ou l'individu (données sanitaires) et en effets fixes la période, la semaine et les facteurs d'intérêts en fonction de la question (ex. le type de brosse, la zone brossée…) auxquels ont été rajoutés les interactions d'ordre 2 interprétables.
Les données des observations des comportements relevés en focus n'ont pas encore été analysées statistiquement.

2. RESULTATS

2.1. UTILISATION DES BROSSES

La brosse automatique a été utilisée quasi-exclusivement pour se brosser (91 % des scans où elle est utilisée) alors que les trois autres le sont aussi autrement (dont manipulations orales) ou pour leur support : 26 % pour la Mini, 29 % pour la Fixe et 31 % pour la Midi contre seulement 9 % pour l'Auto.Concernant l'activité de brossage, la brosse Auto a été significativement la plus utilisée (*A*, les lettres en italiques indiquent des différences avec p-value < 0,05), puis la Midi (*B*), la Fixe (*BC*), et enfin la Mini (*C*, cf. Figure 2).
En P1, toutes les brosses ont majoritairement servi à se brosser la tête plutôt que le reste du corps (p<0,05). En P2, l'utilisation a évolué pour la Midi (utilisations tête et corps équivalentes) et l'Auto (utilisation pour se brosser le corps majoritaire, p<0,001).

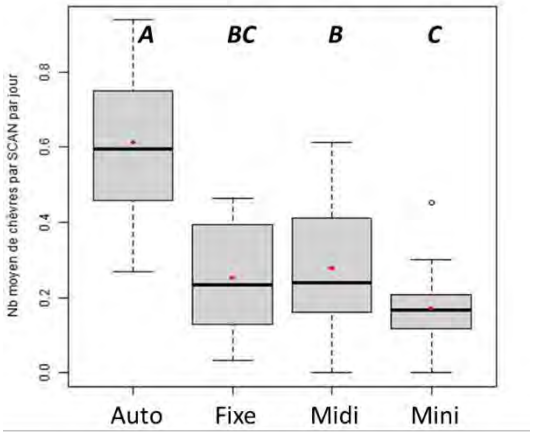


Figure 2 Boxplots du nombre moyen de chèvres qui se brossent par scan en fonction des brosses. *Aucune loi de distribution n'était adaptée aux données, ces dernières ont donc été transformées en classes pour l'analyse statistique.*

2.2. IMPACT SUR LE BIEN-ETRE DES CHEVRES

2.2.1. Evaluation comportementale

La mise à disposition des brosses a conduit à une diminution du nombre de chèvres inactives (toutes postures confondues, p<0,001). Afin de différencier le temps de repos (inactives couchées) du temps d'inactivité debout immobile, ces deux comportements ont été analysés. Alors que le temps de repos (immobiles couchées) n'évolue pas entre P1-0 et P1 (p=0,54), le temps d'inactivité debout immobile a lui diminué avec l'accès aux brosses (p=0,02).
Nous avons aussi observé une nette diminution des comportements d'auto-toilettage sur l'environnement (se frotte aux poteaux, barrières ou cornadis, p<0,001), avec un report de cette activité de toilettage vers les brosses. Les comportements d'auto-toilettage, eux, n'ont pas été significativement impactés par l'accès aux brosses (p=0,09).
L'activité de rumination a elle augmenté entre P1-0 et P1 (p-value=0,03). Les interactions sociales ont diminué en présence des brosses (p=0,03). L'analyse statistique des données recueillies en focus permettra de distinguer les interactions positives des interactions agonistiques (qui au pire restent stables entre P1-0 et P1 et au mieux pourraient diminuer, cf. Figure 3).
Les postures (toutes activités confondues) n'ont pas été impactées par l'accès aux brosses, de même que les activités autres que celles mentionnées préalablement.

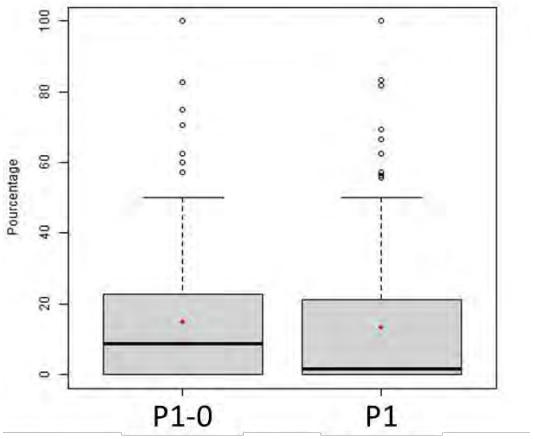


Figure 3 Boxplot des pourcentages de comportements agonistiques sur l'ensemble des comportements observés en fonction de la période (données issues des focus).

2.2.2. Evaluation sanitaire

Concernant l'état sanitaire du troupeau, sur l'ensemble des observations, 90% des chèvres avaient un pelage de bonne qualité (poils homogènes, brillants), 99% étaient très propres au niveau des jarrets et de la mamelle et 95% étaient exemptes de boiteries. Les données binomiales ou multinomiales étaient trop déséquilibrées entre les classes pour pouvoir faire une analyse statistique, mais l'accès aux brosses n'a visiblement pas impacté ces mesures.
Le nombre d'abcès totaux (hors abcès cicatrisés), le nombre d'abcès fermés et le nombre de blessures totales chez les chèvres après installation des brosses n'étaient pas significativement différents de ceux observés avant que les brosses aient été installées, en P1 comme en P2 (p-values comprises entre 0,30 et 0,95).

3. DISCUSSION

Les brosses sont toutes utilisées par les chèvres, même si ces dernières semblent préférer se brosser en premier avec la brosse Auto, en second avec les brosses Midi et Fixe et en dernier avec la brosse Mini. Cette préférence pour la brosse rotative automatique se retrouve aussi chez les vaches laitières (Gutmann, 2010, cité par Mandel *et al.*, 2016). Alors que les brosses Fixe et Mini sont très largement utilisées pour se brosser la tête, les brosses Auto et Midi sont utilisées à la fois pour se brosser le corps et la tête. Ces différences

d'utilisation ont varié entre les périodes, ce qui nous conduit à supposer que les chèvres avaient appris à se servir des brosses Auto et Midi pour se brosser le corps. Par ailleurs, les brosses Fixe, Mini et Midi sont toutes utilisées pour d'autres activités que le brossage, telles que les manipulations orales, permettant l'expression d'un répertoire comportemental plus large. Concernant la brosse Mini, le fait que les chèvres connaissaient déjà cette brosse peut peut-être expliquer en partie le moindre intérêt porté par les chèvres à cette brosse, mais la taille de la brosse a pu aussi la rendre moins pratique à utiliser en comparaison avec les autres brosses proposées. Les quatre brosses testées dans cette étude apparaissent donc comme complémentaires les unes des autres en termes d'utilisation. Les résultats apportés par les accéléromètres et leurs algorithmes (Meunier *et al.*, 2022) viendront compléter ces résultats avec une analyse sur le plus long terme, 24h/24, 7j/7, notamment en termes de durée d'utilisation de chaque brosse et d'évolution avec la saison ou l'accès au pâturage.

Sur l'ensemble des comportements observés, seuls quatre ont été significativement impactés par l'ajout de brosses dans les aires paillées. Par exemple, les comportements d'abreuvement, d'alimentation et les auto-toilettages sont restés inchangés entre P1-0 et P1. En revanche, les grattages sur l'environnement, le temps que les chèvres passent « debout inactives », les interactions des chèvres entre-elles et la rumination ont été modifiés. Ces trois premiers comportements ont diminué avec l'installation des brosses tandis que le quatrième, la rumination, a augmenté.

Chez des bœufs, Park et al. (2020) n'ont pas montré de différence dans le temps passé à ruminer en fonction de l'accès ou non à une brosse. Dans une étude sur de jeunes génisses, Velasquez-Munoz *et al.* (2019) ont observé une augmentation du temps passé à manger et une augmentation de la rumination en présence de la brosse. Nous retrouvons ici le même résultat sur des chèvres, confirmé par une augmentation de la quantité de foin ingéré entre P1-0 et P1 (1,8 vs. 2,1 kg MS / chèvre). Cependant nous ne pouvons conclure que seul l'accès aux brosses a eu cet effet puisque la quantité de foin distribué aux chèvres a elle aussi augmenté et que la qualité a pu varier, conduisant à une meilleure ingestion. Nous avons pu observer une diminution des interactions sociales en présence des brosses, sans augmentation (voire diminution) des interactions agonistiques. Il faut cependant signaler que dans notre étude quatre brosses sont mises à la disposition de 50 chèvres, soit 1 brosse pour 12,5 chèvres. Nous avons donc des conditions propices à une faible compétition des chèvres pour l'accès aux brosses. Velasquez-Munoz *et al.* (2019) ont mis en évidence chez leurs génisses une diminution du temps d'inactivité avec l'accès à une brosse, ce que nous avons aussi montré chez nos chèvres. Le temps passé inactif n'est pourtant pas si simple à interpréter en termes d'état émotionnel (Fureix et Meagher, 2015), pouvant refléter des états négatifs comme positifs en fonction du contexte. Nous faisons l'hypothèse que dans notre étude cette augmentation du temps passé debout inactif (sans modification du temps passé couché inactif, assimilé ici à du repos) pourrait être un signe d'ennui qui selon la définition de Fureix et Meagher (2015) pourrait être induit par la monotonie ou par un niveau sub-optimal de stimulation. Tous nos résultats vont dans le même sens : un impact positif des brosses sur le comportement des chèvres, leur permettant de reporter les activités de grattages contre l'environnement vers des éléments adaptés à cette activité (les brosses), sans diminuer le temps d'auto-toilettage, tout en diminuant le temps passé debout inactive qui pourrait s'apparenter à de l'ennui et en n'augmentant pas les interactions agonistiques. Une étude sur le long terme permettrait d'affiner ces résultats, notamment en termes de désintérêt ou non des chèvres pour les brosses. Dans notre étude, les brosses ont été enlevées entre P1 et P2 puis remises en place, ce qui a pu générer chez les chèvres un regain d'intérêt pour elles. C'est tout l'intérêt du travail mené actuellement sur les accéléromètres pour avoir un suivi long terme 24h/24 de l'utilisation des brosses. Pour ce qui est de l'impact des brosses sur la santé des chèvres, notre étude ne montre aucune conséquence que ce soit sur l'état du poil, les blessures, la propreté ou encore les boiteries. Nos résultats semblent montrer que les brosses ne font pas augmenter le nombre d'abcès sur les chèvres à court terme. Toutefois cette conclusion est partielle puisque les abcès ont des origines multifactorielles et ont parfois des temps d'incubation bien plus longs que les périodes expérimentales de cette étude. Il serait donc judicieux de poursuivre les investigations sur le lien potentiel entre brosse et abcès caséeux, *via* des mesures microbiologiques sur les brosses et une durée d'étude plus longue. A la fin de cette étude nous avons pu constater visuellement (évaluation qualitative) un bon état de conservation des 4 modèles de brosses. La densité de poils sur chaque brosse semble s'être maintenue et les supports n'ont pas été ou peu abîmés. Contrairement à la brosse automatique, les 3 autres brosses présentent toutefois l'avantage d'un mécanisme simple, potentiellement moins à risque d'usure ou de défectuosités, et ne consommant pas d'électricité.

CONCLUSION

Les quatre brosses étudiées ont toutes été utilisées par les chèvres et semblent même être complémentaires leur permettant de se brosser des zones différentes du corps et de réaliser d'autres activités (telles que les manipulations orales). Cependant, certaines brosses semblent être préférées à d'autres, la brosse rotative automatique étant la plus utilisée par le troupeau, mais c'est aussi la plus coûteuse pour l'éleveur (installation et maintenance). Par ailleurs, la mise à disposition simultanée de ces quatre brosses a eu un impact positif (bien que modéré) sur le bien-être des chèvres (comportement amélioré et santé maintenue). Cette étude confirme donc l'intérêt de brosses de différents modèles comme enrichissement du milieu pour les chèvres laitières.

Nous remercions tout le personnel de l'UE FERLus où s'est déroulée l'étude, notamment B. Ranger et C. Boisseau. Cette étude est une des actions du réseau d'excellence caprine de Nouvelle-Aquitaine et Pays de la Loire (REXCAP). Elle a bénéficié du soutien financier d'INRAE et de la Région Nouvelle-Aquitaine.

Anses, 2015. Saisine 2013-SA-0180, Maisons-Alfort, France

Boissy A., Arnould C., Chaillou E., Colson V., Desire L., Duvaux-Ponter C., Greiveldinger L., Leterrier C., Richard S., Roussel S., Saint-Dizier H., Meunier-Salaun M.C., Valance D., 2007. Inra Prod. Anim., 20, 17-22

Caillat H., Ranger B., Guillouet P., 2013. Renc. Rech. Ruminants, 20, 296

Fureix C., Meagher R.K., 2015. Appl. Anim. Behav. Sci., 171, 8-24

Gomes K.A.R., Valentim J.K., Lemke S.S.R, Dallago G.M., Vargas R.C., da Costa Paiva A.L., 2018. Acta Scientiarum. Anim. Sci., 2018, v. 40

Gutmann A., 2010. In 24th Internationale Gesellschaft für Nutztierhaltung Conf. Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Ettenhausen, Switzerland, 78-81

Kakarash N.A., Ramzi D.O., Ismaeel D.O., Marif H.F. 2021. Assiut Vet. Med. J., 67, 170, 11-18

Mandel R., Whay H.R., Klement E., Nicol, C.J., 2016. J. of Dairy Sci., 99, 1695-1715

Meunier B., Deschrevel L., Delahaye Q., Boisseau C., Berthelot M., Mialon M.-M., Caillat H, Botreau R., 2022. Renc. Rech. Ruminants., 2022

Park R.M., Schubach K.M., Cooke R.F., Herring A.D., Jennings J.S., Daigle C.L., 2020. Appl. Anim. Behav. Sci., 228, 104995

Velasquez-Munoz A., Manriquez D., Paudyal S., Solano G., Han H., Callan R., Velez J., Pinedo P., 2019. BMC Vet. Res., 15, 8

Expérience précoce et prédispositions génétiques : quels impacts sur l'adaptation comportementale et les performances d'agnelles sur parcours ?

MIALON M.M. (1), AIGUEPERSE N. (1), PARISOT S. (2), DURAND C. (2), GUITTARD A. (1), BONNAFE G. (2), DOULS S. (2), TORTEREAU F. (3), BOIVIN X. (1), GINANE C. (1)
(1) INRAE, Université Clermont Auvergne, VetAgro Sup, UMR1213 Herbivores, 63122 Saint-Genès-Champanelle
(2) UE0321 INRAE La Fage, Roquefort sur Soulzon - France
(3) UMR1388 (GenPhySE) INRAE, Institut National Polytechnique de Toulouse - INPT, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, Université de Toulouse Paul Sabatier 31326- Castanet Tolosan - France

RESUME
Le type d'élevage des agneaux dans le jeune âge peut impacter fortement leurs performances et leur capacité d'adaptation à des challenges. La sélection génétique pour augmenter l'efficience est une voie pour favoriser l'adaptation à des milieux contraignants. Cette étude vise à étudier les effets respectifs et en interaction de l'expérience précoce (allaitement artificiel (AA) vs maternel (AM)) et de la lignée génétique pour l'efficience alimentaire (plus efficiente (EFF+) vs moins efficiente (EFF-)), pour 80 agnelles de race Romane dans un système en plein air intégral sur parcours. Les agnelles AM sont élevées sur parcours avec les mères dès la naissance et sevrées à J90. Les agnelles AA sont élevées en bergerie, sevrées à J40 et maintenues en bâtiment jusqu'à J100. De J100 à J200, les agnelles AA et AM sont conduites en lots séparés sur le parcours. Des pesées régulières et des prises de sang permettent de suivre la croissance et l'évolution de certains métabolites sur une période de 6 mois (J0 à J200). L'activité comportementale a également été observée. Sur les 3 semaines suivant l'entrée sur le parcours, la croissance des AA est très inférieure à celle des AM et un écart de poids significatif subsiste 3,5 mois plus tard. Lors de l'entrée sur le parcours, les AA ont montré une activité d'alimentation beaucoup plus faible et un temps d'exploration plus élevé que les AM. Après 10 semaines de pâturage, ces différences d'activités sont fortement atténuées. La lignée génétique n'a pas d'impact sur l'activité comportementale ni sur la croissance excepté une tendance pour une croissance plus faible des EFF- entre J90 et J200. Après 3 semaines sur le parcours dans les mêmes conditions, les AA ont un métabolisme orienté vers la mobilisation des réserves avec un niveau d'AGNE supérieur aux AM à J120 et J135 et une glycémie inférieure à J135. Leur concentration en urée est inférieure aux mêmes dates, suggérant l'ingestion d'un régime moins riche en azote que les AM. Concernant la lignée génétique, à J120 et J135, la lignée EFF- présente un plus fort niveau d'AGNE indiquant une plus forte mobilisation des réserves chez ces agnelles. Cette étude montre un effet marqué de l'expérience précoce sur le comportement, les performances et le métabolisme chez les agnelles, mais relativement transitoire. Nos résultats indiquent pour l'instant peu d'impact de la lignée génétique, seule ou en interaction avec l'expérience.

Early experience and genetic predispositions: what impact on behavioural adaptation and performance of ewe lambs on pasture?

MIALON M.M. (1), AIGUEPERSE N. (1), PARISOT S. (2), DURAND C. (2), GUITTARD A. (1), BONNAFÉ G. (2), DOULS S. (2), TORTEREAU F. (3), BOIVIN X. (1), GINANE C. (1)
(1) INRAE, Université Clermont Auvergne, VetAgro Sup, UMR1213 Herbivores, 63122 Saint-Genès-Champanelle

The type of suckling of lambs at early age can strongly affect their performance and ability to adapt to challenges. Genetic selection may help to increase efficiency, and consequently improve adaptation to constraints. This study aims to investigate the separate and interactive effects of early experience (artificial (AA) vs maternal (AM) rearing) and genetic line on feed efficiency (more efficient (EFF+) vs less efficient (EFF-)), using 80 Romane ewe lambs in a free-range system. AM ewe lambs were reared on free-range pasture with their mothers from birth, and weaned at D90. AA ewe lambs were reared indoors, weaned at D40 and then kept indoors until D100. From D100 to D200, AA and AM lambs were kept on free-range pasture, in separate groups. Regular weighing and blood sampling allowed monitoring growth and levels of certain metabolites, between D0 and D200. Behavioural activity was also observed. Over the 3 weeks following transitioning to pasture, AA grew much less than AM lambs, and a significant difference in weight was still observed 3.5 months later. Following transitioning to pasture, AA lambs showed significantly lower feeding activity and greater exploration time than AM lambs. After 10 weeks of grazing, these differences had mostly subsided. Genetic line had no impact on behavioural activity or growth, apart from a tendency to reduced growth of EFF- lambs between D90 and D200. Three weeks after transitioning to pasture, compared to AM, AA lambs had a metabolism oriented towards mobilisation of energy reserves, with greater NEFA D120 and D135 and lower blood glucose levels D135. These same days, urea levels were also lower, suggesting lower nitrogen ingestions. D120 and D135, compared to the EFF+ lambs, the EFF- lambs had a higher NEFA level, probably reflecting a greater use of energy reserves. This study shows a marked but relatively transient effect of early experience on behaviour, performance and metabolism in ewe lambs. Our results so far indicate little impact of genetic line alone or in interaction with experience.

INTRODUCTION

L'évolution agroécologique des systèmes d'élevage de ruminants implique une valorisation des ressources locales, laissant une part importante au pâturage, et l'acceptation d'un moindre contrôle de l'environnement avec divers aléas auxquels les animaux doivent s'adapter (Dumont et al. 2014). Cette adaptation passe par la résilience des animaux vis-à-vis des challenges rencontrés au cours de leur vie productive, et également par leur efficience sur des rations de valeur alimentaire variable et souvent faible.

Efficience et résilience peuvent avoir une composante génétique (Tortereau et al., 2020) et une composante environnementale, en particulier dans le jeune âge (Langenhof et Komdeur, 2018). L'interaction génotype x environnement sur ces deux mécanismes d'adaptation a été jusqu'à présent peu explorée voire ignorée (Mulder 2016).

Les systèmes d'élevage ovin avec des races prolifiques élevées sur parcours, offrent un cadre propice pour étudier l'interaction génotype x milieu. D'une part, le parcours représente un environnement à la fois diversifié et contraignant en particulier en termes de ressources alimentaires (hétérogènes en quantité et qualité). D'autre part, la prolificité implique qu'une partie des agneaux est élevée en allaitement artificiel en batiment, sans apprentissage possible dans le jeune âge de cet environnement, ce qui pourrait affecter leur adaptation sur le long terme à cet environnement (Pitel et al., 2019). D'un point de vue génétique, des travaux récents en race Romane montrent une héritabilité de l'efficience alimentaire et la possibilité de sélectionner des lignées sur ce trait (Tortereau et al., 2020). L'impact de l'environnement sur l'expression de cette efficience reste cependant à évaluer.

Dans la présente étude, nous testons l'hypothèse que des agnelles élevées sur le parcours dans le jeune âge et/ou issues de la lignée plus efficiente auront un comportement plus adapté et de meilleures performances que leurs congénères élevées en allaitement artificiel et/ou issues de la lignée moins efficiente, une fois toutes exposées après sevrage aux conditions du parcours.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. ANIMAUX ET MODE D'ELEVAGE

L'expérimentation s'est déroulée sur l'UE INRAE de La Fage (Causse du Larzac, Aveyron). Quatre-vingts agnelles Romane, filles de béliers de 2 lignées divergentes sur l'efficacité alimentaire (EFF- : moins efficiente *vs*. EFF+ : plus efficiente) ont été élevées en allaitement artificiel en bâtiment (AA) ou en allaitement maternel sur parcours (AM) dès 24 heures d'âge. Les agnelles AA ont été sevrées à 40 jours (J40, poids moyen 14kg) et sont restées en bergerie jusqu'à l'âge de 3 mois (J90) qui correspondait au sevrage des AM. Après le sevrage des AM, les 40 agnelles de chaque expérience précoce (AA et AM) ont été divisées en deux lots (répétitions) de 20 individus (chaque lot comportant 10 EFF- et 10 EFF+) et placées à J100 dans 4 parcelles expérimentales (1,1 ha) situées sur le parcours et séparées géographiquement et visuellement. Les quatre lots ont été conduits séparément jusqu'à J200. Ils ont été sur les parcelles expérimentales lors de 2 sessions de 4 à 5 semaines (J100 à J135 puis J170 à J200), séparées d'une intersession de même durée pendant laquelle tous les lots ont été transférés sur un autre parc pour économiser la végétation. A J200, les 80 agnelles ont quitté les parcelles expérimentales, ont été rassemblées en un seul lot et conduites sur un autre parc du parcours. Les AA et les AM étaient toujours restées séparées jusque-là.

Concernant l'alimentation, avant le sevrage, les agnelles AA ont été nourries avec du lait commercial reconstitué, et complémentées à partir de la 2ème semaine avec du concentré et du foin. Après sevrage et jusqu'à J90, elles sont restées en bergerie et ont reçu un régime à base de concentré et de foin à volonté. La litière était composée de paille. Les agnelles AM sont allées au pâturage sur le parcours du Causse dès 24h après la naissance où elles ont été allaitées par leur mère avec un accès au même concentré que les AA. Toutes avaient accès à de l'eau à volonté.

Une fois sur les parcelles expérimentales, les agnelles sont restées complémentées en concentré (10 kg/lot) jusqu'à J200.

1.2. MESURES ET ANALYSES

A J0, J35, J90 (sevrage des AM, avant session 1), J120 (milieu session 1), J135 (fin session 1), J170 (début session 2) et J200 (fin session 2), les agnelles ont été pesées. Des échantillons de sang ont été prélevés à J90, J120, J135, J170 et J200 pour doser certains marqueurs du métabolisme : glucose, AGNE, βOH et urée.

Au début de chaque session, l'activité de 12 agnelles / lot a été observée sur 3 créneaux ayant lieu le matin de l'entrée sur les parcelles expérimentales, l'après-midi du même jour et le lendemain matin (seuls les créneaux 1 et 3 seront présentés ici). Chaque créneau durait 2,5h pendant lesquelles les activités de pâturage, de repos et rumination, d'exploration et de déplacement étaient relevées toutes les 3 minutes par scan sampling.

Les données ont été analysées avec le logiciel SAS (Proc GLM et proc Mixed) avec les effets fixes de l'expérience précoce, de la lignée et du créneau (pour les scans d'activité), et leurs interactions. Les données métaboliques ont été analysées par date et les données comportementales par session.

2. RESULTATS

2.1. CROISSANCE et METABOLISME

2.1.1. Croissance

Pendant le 1er mois d'allaitement, la croissance est significativement plus faible chez les agnelles AA que chez les AM, puis l'écart se réduit jusqu'à J90 (Tableau 1) avec un poids de 24,7 kg vs 25,7 kg respectivement pour les AA et les AM (*P* = 0,08). Le challenge après J90 se traduit par une chute de croissance (GMQ J90-J120) chez les AA et les AM, mais de façon beaucoup plus marquée chez les AA. Au-delà de J120, les GMQ ne diffèrent plus mais l'écart de poids entre les AA et les AM ne se réduit pas (poids de 33,7 kg vs 37,4 kg respectivement pour les AA et les AM à J200, P<0,0001).

La croissance sur ces différentes périodes n'est pas influencée par la lignée génétique des pères. Seule une tendance apparaît entre J90 et J200 (P = 0, 07) avec une croissance plus faible des EFF-.

	Exp	Lign	Exp Lign.	* AA	AM	EFF-	EFF+
GMQ J0-J35	***	NS	NS	235	271	258	247
GMQ J0-J90	†	NS	NS	236	248	243	241
GMQ J90-J120	***	NS	NS	46	124	75	96
GMQ J120-J200	NS	NS	NS	92	95	91	96
GMQ J90-J200	***	†	NS	81	102	86	96

Exp : AA = Allaitement artificiel, AM = Allaitement maternel ;
Lign : EFF- : moins efficiente *vs.* EFF+ : plus efficiente.
** : P<0,05 ; ** : P<0,01 ; *** : P<0,0001 ; † : P<0,1 ; NS : P >0,1*

Tableau 1 : Croissance (GMQ en g/j à différentes périodes) selon l'expérience précoce (Exp) et la lignée génétique efficience alimentaire (Lign)

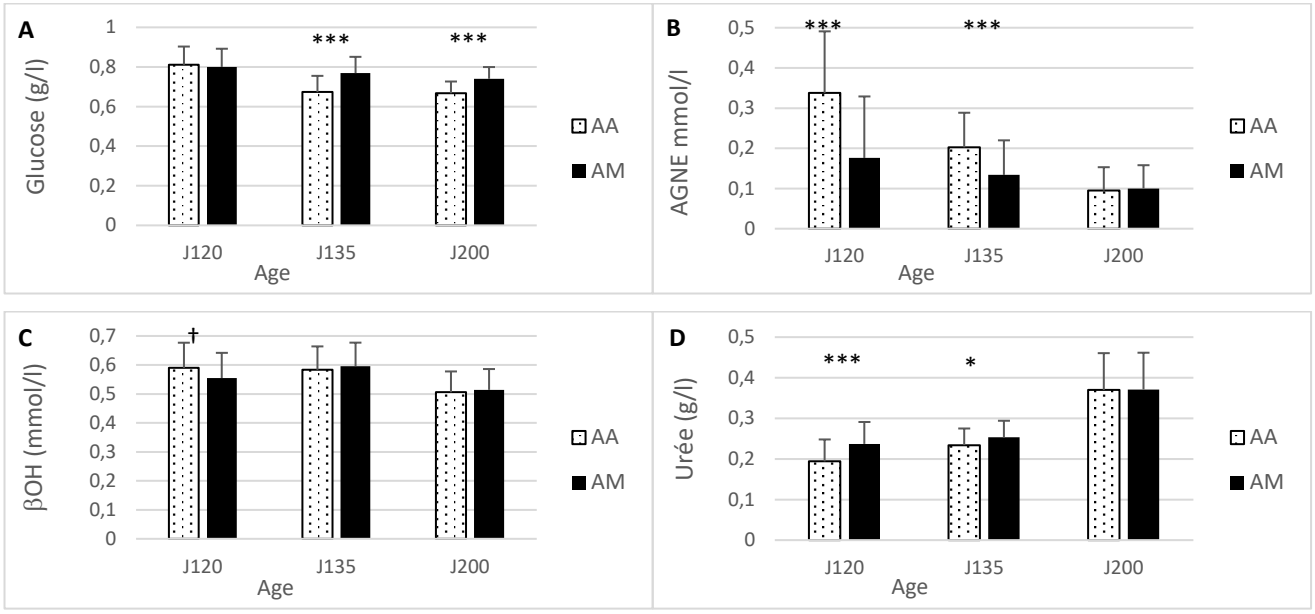


Figure 1 : Concentrations plasmatiques en glucose (1A), acides gras non estérifiés (AGNE, 1B), beta hydroxybutyrate (βOH, 1C) et urée (1D) à J120, J135 (fin session 1) et J200 (fin session 2) selon l'expérience précoce (AA : Allaitement artificiel et AM : Allaitement maternel).

2.1.2. Métabolisme

Quels que soient l'âge et le métabolite analysé, il n'y a pas d'interaction entre l'expérience et la lignée.

A J120, la glycémie ne diffère pas entre les agnelles AA et AM (Fig.1A). Par contre le niveau d'AGNE est beaucoup plus élevé chez les AA ainsi qu'une tendance pour un niveau supérieur en □OH (Fig.1B, C). Concernant l'urée, les AM ont un niveau supérieur à celui des AA (P<0,0001) (Fig.1D). Les agnelles de la lignée EFF- ont un niveau d'AGNE supérieur à celui des EFF+ (P<0,05) et ont tendance à avoir un niveau d'urée plus faible (P=0,08).

Au-delà de J120 les AM ont une glycémie plus élevée (P<0,0001) que les AA jusqu'à J200. Les AA présentent encore un niveau d'AGNE supérieur (P<0,0001) et un niveau d'urée inférieur (P<0,05) à J135 mais il n'apparait plus de différence à J200. La différence entre lignées pour les AGNE en faveur des EFF- persiste à J135 (P<0,05) puis disparait.

2.1. ACTIVITES AU PATURAGE

Les activités comportementales n'ont pas été affectées par la lignée génétique, ni en tant que facteur principal, ni en interaction avec les autres facteurs testés (Tableau 2)
En session 1, au moment de la première entrée sur les parcelles expérimentales, les différences d'activités sont marquées entre les agnelles AA et AM, surtout lors du créneau 1 (Figure 2). Les agnelles AA ont passé environ un tiers de leur temps à explorer leur environnement contre moins de 1% pour les AM (P<0,0001). Inversement, l'activité d'alimentation a été deux fois moins importante chez les AA que chez les AM (p<0,0001). Les activités de repos et rumination d'un côté, et de déplacement de l'autre, ont été similaires entre AA et AM sur ce 1er créneau. Le lendemain matin (créneau 3), les AA ont passé une même proportion du temps que la veille pour s'alimenter (P=0,9). Elles ont en revanche fortement réduit leur temps d'exploration (de 34 à 5%, P<0,0001), au bénéfice du temps de repos et de rumination (de 11 à 52%, P<0,0001). Ce temps de repos et rumination a également augmenté chez les AM (de 10 à 27%, P<0,0001) au détriment des activités de pâturage (P=0,002) et de déplacement (P<0,0001).

En session 2, les différences entre lots et créneaux étaient nettement moins marquées. L'activité d'exploration ne représentait plus que de 0,5 à 1,3 % en moyenne selon les lots et les créneaux. L'activité d'alimentation représentait 50 à 55% du temps et l'activité de repos + rumination, de 40 à 45%. Seules les agnelles AM, lors du créneau 1, ont montré une répartition un peu différente avec une proportion de scans plus faibles pour l'alimentation P<0,0001) et plus forte pour le repos et la rumination (P<0,0001).

Tableau 2 : Significativité des facteurs testés sur les variables d'activité comportementale (proportion de scans passés sur chaque activité) pour la session 1 (1ère ligne) et 2 (2nde ligne)

Prop. scans pour activité de :	Exp	Lign	Cren	Exp* Lign	Exp* Cren	Lign* Cren
Pâturage	***	NS	*	NS	**	NS
	**	NS	***	NS	***	NS
Repos et Rumination	***	NS	***	NS	***	NS
	**	NS	***	NS	***	NS
Exploration	***	NS	***	NS	***	NS
	-	-	-	-	-	-
Déplacement	*	NS	***	NS	NS	NS
	NS	NS	***	NS	*	NS

Exp = Expérience précoce ; Lign = Lignée ; Cren = Créneau
** : P<0,05 ; ** : P<0,01 ; *** : P<0,0001 ; † : P<0,1 ; NS : P>0,1*

3. DISCUSSION

L'entrée sur les parcelles expérimentales (à J100) a bien représenté un challenge pour les agnelles élevées en allaitement artificiel (AA). La chute importante de GMQ sur la période J90-J120, le GMQ plus faible ainsi que les taux d'AGNE plus élevés chez ces agnelles que celles élevées en allaitement maternel (AM) sur cette même période, indiquent qu'elles ont mobilisé leurs réserves lipidiques. La tendance à un taux de βOH plus élevé chez les AA, appuie cette conclusion. Chez les AM, la mise sur les parcelles a également représenté un challenge, comme l'atteste la chute de GMQ entre les périodes J0-J90 vs J90-J120, mais dans une moindre mesure. Pour elles, le challenge était lié au sevrage social et alimentaire et au réallotement, qui peuvent affecter les performances (Mora-Medina et al., 2015), mais leur atout était de connaître l'environnement et de savoir s'alimenter et s'abriter.
L'analyse comportementale lors de l'entrée sur les parcelles à J100 (session 1) montre bien que les agnelles AM ont, dès le 1er créneau et encore lors du 3ème créneau, passé un temps conséquent et plus conséquent que les AA, à s'alimenter, alors que ces dernières ont priorisé l'exploration de leur nouvel environnement.

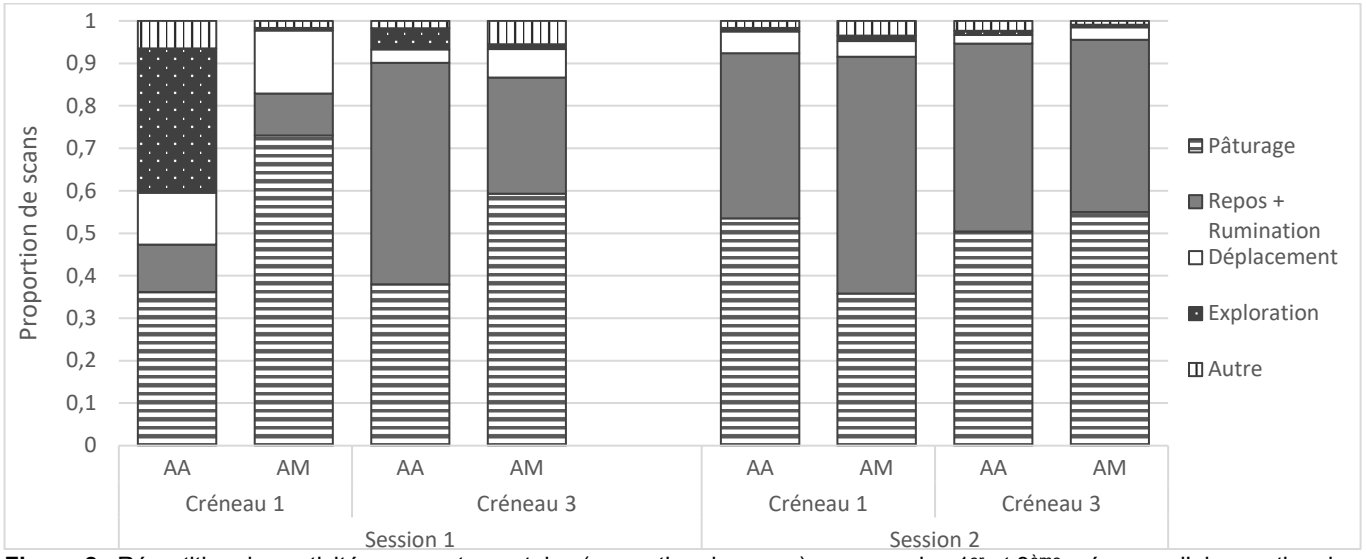


Figure 2 : Répartition des activités comportementales (proportion de scans) au cours des 1er et 3ème créneaux d'observation, lors des 2 sessions expérimentales, selon l'expérience précoce des agnelles (AA : allaitement artificiel, AM : allaitement maternel).

Les taux d'urée plus importants chez les AM que chez les AA, indiqueraient une alimentation plus riche en azote chez les premières (Carcamo et al., 2019), liée à une meilleure capacité à s'alimenter au sein de la flore très diversifiée tant sur le plan spécifique que qualitatif, du site expérimental. Cette meilleure utilisation des ressources alimentaires pourrait être liée à la fois à l'apprentissage par la mère de la sélection alimentaire (Mirza et Provenza, 1990), à un développement ruminal plus important permettant une meilleure digestibilité des aliments (Belanche et al., 2019a) ou au développement d'un microbiote plus mâture (Belanche et al, 2019b). Après J120, les différences entre agnelles AM et AA se réduisent. A la fin de la session 1 (J135), on observe encore une pénalisation des AA en termes de mobilisation des réserves (AGNE) et un taux d'urée inférieur. On voit apparaître un taux de glucose inférieur également. Cela indique que 5 semaines après l'entrée sur les parcelles, les agnelles AA sont encore pénalisées par le changement d'environnement. Néanmoins, les écarts sont peu ou moins importants entre les agnelles des deux expériences (AGNE, urée, βOH) et la plupart des différences ont disparu à J200. Le GMQ est ainsi similaire entre AM et AA sur la période J120-J200, même si l'écart de poids vif n'est pas rattrapé. Comportementalement également, on observe des profils d'activité assez proches entre AA et AM lors de la session 2. Cela indique que sur un pas de temps de quelques semaines, les agnelles inexpérimentées semblent avoir développé suffisamment de connaissances de leur environnement pour atteindre un même niveau de performance que les AM, malgré l'absence de modèle social. Concernant les lignées, les effets sont faibles et nous n'avons pas observé d'interaction entre la lignée et l'expérience sur les variables analysées. Les lignées ne diffèrent pas significativement sur la croissance des agnelles. Ces résultats sont en accord avec ceux de Touitou et al. (2022) sur des agneaux mâles des mêmes lignées. Le seul résultat significatif est une concentration en AGNE supérieure chez les EFF- au cours de la session 1, suggérant qu'elles ont plus mobilisé leurs réserves que les EFF+. Ce faible effet des lignées sur la croissance ou le métabolisme, pourrait être lié aux faits que les lignées sont récentes, ne sont sélectionnées que sur la voie mâle et que les traits reposent sur l'efficience alimentaire sur une ration concentrée et non fourragère (Tortereau et al. 2020). Concernant les activités comportementales, les animaux des deux lignées étaient mélangés au sein des lots et leur comportement (répartition d'activités) a pu s'influencer mutuellement, et réduire les différences éventuelles entre lignées.

CONCLUSION

Cette étude exploratoire a révélé un impact important de l'expérience précoce des agnelles sur leur adaptation aux conditions d'élevage sur parcours en plein air, leur croissance et leur métabolisme post-sevrage. Les mécanismes sous-jacents restent à déterminer, entre des effets liés à un déficit précoce ou à une difficulté d'adaptation ultérieure. La plupart de ces effets sont néanmoins transitoires même si un déficit de poids persiste au moins jusqu'à 6 mois d'âge.

Des résultats à venir concernant le microbiote ruminal, la réactivité comportementale générale, et la réussite à la reproduction permettront d'apporter un éclairage complémentaire.

Nos résultats indiquent pour l'instant peu d'impact de la lignée génétique, seule ou en interaction avec l'expérience.

Nous remercions tout le personnel de l'UE de La Fage où s'est déroulée l'étude. Nous remercions également M. Vauris (UMRH Caraibe) pour son aide pour l'organisation et le traitement des échantillons de plasma.

Cette étude a été financée par le programme Horizon 2020 de l'UE sous la convention n°772787 (SMARTER). Nous avons une pensée pour l'animatrice de ce projet, Carole Moreno.

Belanche, A., Cooke J., Jones E. et al. 2019a. Animal 13, 740–749.

Belanche A., Yanez-Ruiz D.R., Detheridge A.P. et al. 2019b. Environmental Microbiology 21, 4360–4377.

Carcamo J.G., Arias-Darraz, L., Alvear, C. et al. 2019. Tropical Animal Health and Production 51, 1943-1952.

Dumont, B., Gonzalez-Garcia, E., Thomas, M. et al. 2014. Animal 8, 1382-1393.

Lagenhof, M.R., Komdeur, J. 2018. Behavioural Ecology and Sociobiology 72, 34.

Mirza S.N., Provenza F.D. 1990. Applied Animal Behaviour Science 28, 255-263.

Mora-Medina, P., Mota-Rojas, D., Arch-Tirado, E. et al. 2015. Large Animal Review 21, 39-44.

Mulder H.A. 2016. Frontiers in Genetics 7, 178.

Pitel, F., Calenge, F., Aigueperse, N. et al. 2019. INRA Productions Animales 32(2), 247-262.

Touitou, F., Tortereau, F., Bret, L. et al. 2022. Metabolites 12, 304.

Tortereau F., Marie-Etancelin C., Weisbecker J.L. et al. 2020. Animal 14, 681–687

Analyse automatisée du comportement animal, suivi par des enregistrements vidéo, grâce à l'intelligence artificielle : perspectives en élevage caprin.

Automated analysis of animal behaviour, monitored by video recordings, thanks to artificial intelligence: perspectives in goat farming.

PARIAS C. (1), BLUET B. (2), FASSIER T. (3), FRERET S. (1), BAO T. (1), OVIEDO B. (4), BOUCHEROT J. (3), NOWAK R. (1)
(1) INRAE, UMR PRC « Physiologie de la Reproduction et des Comportements », 37380 Nouzilly
(2) Institut de l'Elevage, 86550 Mignaloux Beauvoir
(3) INRAE, UE P3R « Pôle de phénotypage des petits ruminants », 18390 Osmoy
(4) Chambre d'Agriculture de l'Indre, 36000 Châteauroux

INTRODUCTION

Le projet de recherche AniMOV « Animal Movements Observation from Videos » porte sur l'analyse automatisée du comportement animal, suivi par des enregistrements vidéo, grâce à l'intelligence artificielle.
Le projet est mis en œuvre sur la période 2019-2023 par un consortium régional en Centre-Val-de-Loire : Université d'Orléans (laboratoire PRISME et Pôle Capteurs), centre de recherche INRAE Val de Loire (sites de Tours et Bourges), Chambre d'Agriculture de l'Indre, Institut de l'Elevage et trois entreprises (TEKIN, Acti'Com, ZooParc de Beauval).
Ce consortium permet de regrouper des compétences complémentaires : développement d'algorithmes appliqués à l'imagerie ; systèmes vidéo, objets connectés ; physiologie animale, comportement animal ; développement agricole ; conservation des espèces sauvages.
Les objectifs, notamment en élevage caprin, sont de pouvoir créer des alertes, concernant les comportements anormaux et situations à risque, et d'aider l'éleveur à piloter son troupeau.

1. MATERIEL ET METHODES

Deux espèces animales sont étudiées : les caprins via la participation d'un élevage caprin INRAE et d'un élevage caprin commercial, ainsi que les éléphants via la participation du ZooParc de Beauval.
Le projet s'appuie sur une approche non invasive d'analyse du comportement, basée sur les enregistrements vidéo et déployable en conditions d'élevage, afin de pouvoir repérer les animaux, leurs positions et comportements.
L'analyse automatisée du comportement animal, au niveau de l'individu et du lot d'animaux, permet la détection et le suivi : i) de cycles d'activité (alimentation, reproduction, déplacements, repos) ; ii) de comportements anormaux et situations à risque (blessure, maladie, stress, mise bas, comportement agressif).

2. PREMIERS RESULTATS ET ATTENTES

2.1. A L'ECHELLE INDIVIDUELLE

La 1ère étape consiste, à partir des enregistrements vidéo, à repérer par horodatage et annoter, d'après un éthogramme prédéfini, tous les comportements de chaque individu dans le lot (**figure 1** : alimentation, maintien, comportement sexuel et social).
A terme, l'objectif pour l'outil d'analyse automatisée sera de créer des alertes et de suivre de près certaines activités, comme l'alimentation, la reproduction, les mises bas.

2.2. A L'ECHELLE DU LOT D'ANIMAUX

La 2nde étape consiste : i) à partir des comportements individuels, à analyser le rythme nycthéméral d'activité du troupeau (**figure 2** : lot de 50 chèvres en lactation) ; ii) grâce à l'intelligence artificielle, à repérer automatiquement les individus ainsi que leur posture (debout/couché) et les suivre dans le lot.

A terme, l'objectif pour l'outil d'analyse automatisée sera de générer un compte rendu d'activité, indiquant par exemple la proportion d'animaux debout/couchés ou à l'auge, et permettant d'optimiser des pratiques, d'ajuster la conduite d'élevage et de détecter des dérives.

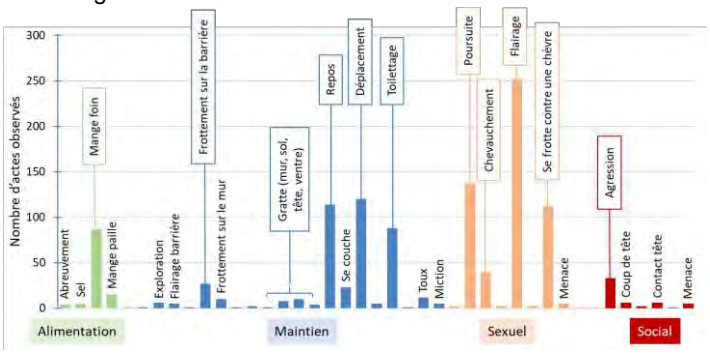


Figure 1 Analyse du comportement individuel des chèvres

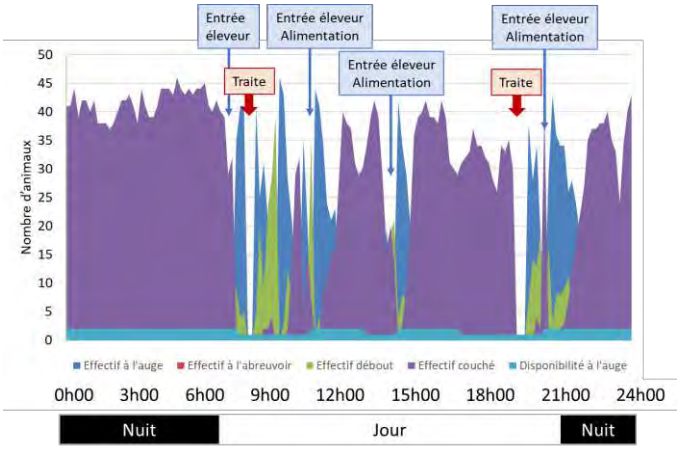


Figure 2 Analyse des comportements du lot de chèvres

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Concernant l'espèce caprine, les travaux menés dans le projet AniMOV devraient fournir à terme des outils de suivi du comportement et d'aide au pilotage du troupeau pour les éleveurs, les conseillers et la recherche. Ainsi, les développements en cours visent à proposer un prototype combinant le matériel vidéo, les algorithmes informatiques et une application permettant d'analyser le comportement des chèvres, au niveau de l'individu et du lot. Les applications futures pourraient être valorisées : i) par les éleveurs, en équipant leurs bâtiments pour utiliser le comportement quotidien du troupeau comme indicateur de pilotage, repérer rapidement des situations anormales, suivre certaines périodes spécifiques ; ii) par les conseillers, via un outil d'aide à la décision pour le suivi de l'alimentation, de la reproduction, du bien-être animal ; iii) par la recherche, via l'acquisition automatisée et en routine de données comportementales grâce au suivi vidéo.

Ces travaux sont financés par la Région Centre-Val de Loire (projet « AniMOV », AAP Intérêt Régional 2019). Nous remercions tous les participants au projet.

Mesure automatique et continue de la durée et de la fréquence d'utilisation de quatre modèles de brosse par des chèvres laitières

Automatic detection of brush use by dairy goats in terms of frequency and duration

MEUNIER B. (1), DESCHREVEL L. (2), DELAHAYE Q. (1), BOISSEAU C. (2), BERTHELOT M. (3), MIALON MM. (1), CAILLAT H. (2), BOTREAU R. (1)
(1) INRAE, Université Clermont Auvergne, Vetagro Sup, UMRH, 63122 Saint-Genès-Champanelle, France
(2) INRAE, UE1373 FERLUS, 86600 Lusignan, France
(3) ANSES, Laboratoire de Ploufragan-Plouzané-Niort, 60 rue du Pied de Fond, 79012 Niort, France

INTRODUCTION

Mettre des brosses à disposition de chèvres laitières élevées en bâtiment pourrait améliorer leur bien-être et leur santé (Horvath *et al*., 2019) et constituer un enrichissement du milieu. Dans le cadre de l'expé-système PATUCHEV visant à concevoir des systèmes d'élevage caprins plus durables, des brosses ont été proposées à des chèvres en lactation pour évaluer leurs préférences, la manière dont elles les utilisent et l'impact sur leur bien-être. En complément des mesures zootechniques, sanitaires et comportementales réalisées ponctuellement et individuellement (Botreau *et al*., 2022), un suivi longitudinal 24h/24 a été souhaité pour évaluer les utilisations nocturnes ou après la traite du soir. Une solution de monitoring de chaque modèle de brosse a donc été conçue afin de décrire en continu et sur le long terme la dynamique d'utilisation à l'échelle du lot. L'objectif de cette étude est de valider ce dispositif de monitoring basé sur l'utilisation d'accéléromètres et d'algorithmes de traitement du signal.

1. MATERIEL ET METHODES

Deux parcs de 50 chèvres (INRAE, UE FERLUS) ont été équipés chacun de quatre modèles de brosse du commerce (Figure 1) du 1/03 au 13/08/2021 : une brosse rectangulaire fixe (Fixe), deux brosses pivotantes de taille petite (Mini) et moyenne (Midi) et une brosse automatique, pivotante et rotative (Auto). Sur chaque brosse, un accéléromètre 3-axes MSR145B7A a été fixé près de la zone de grattage pour détecter les vibrations au contact de l'animal. L'enregistrement 7j/7 a été assuré à une fréquence de 5Hz.

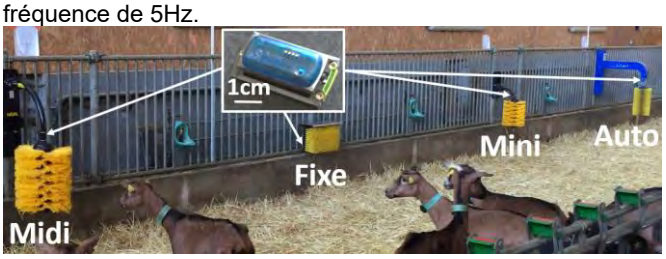


Figure 1. Quatre modèles de brosse et leurs accéléromètres.

Chaque parc a été filmé 8h/j en janvier, mars et juin. Afin de générer des mesures de référence représentatives d'une grande variété de situations, 69 vidéos de 1h ont été dépouillées sous le logiciel Boris pour identifier chaque séquence d'utilisation (au moins une chèvre se brosse, grimpe sur la brosse ou la mâchouille). Un algorithme de traitement du signal a été développé pour chaque modèle de brosse afin de distinguer les vibrations dues aux chèvres des vibrations ou oscillations parasites. Les séquences d'utilisation ainsi détectées ont été comparées à la seconde près aux séquences de référence pour estimer les performances des algorithmes en termes de sensibilité (capacité à détecter une utilisation quand il y en a une), de spécificité (capacité à ne pas détecter d'utilisation quand il n'y en a pas), de précision (taux de détections correctes) et de F-Score (compromis entre sensibilité et précision). Pour chaque heure, la proportion du temps de brossage détecté (%) et la fréquence (nombre de séquences n/h) ont été comparées aux données de référence (corrélation, R^2) afin d'estimer les biais de mesure.

2. RESULTATS

Les accéléromètres des 8 brosses ont enregistré sans perte les 165 jours. Le Tableau 1 récapitule le nombre d'heures observées et les indicateurs de performance obtenus par chaque algorithme. La Figure 2 présente les corrélations.

Brosse	Obs	Sensibilité	Spécificité	Précision	F-Score
Midi	6h	51	98	90	64
Fixe	16h	67	96	79	71
Mini	31h	74	95	90	81
Auto	16h	90	96	94	92

Tableau 1. Performance des algorithmes (en %)

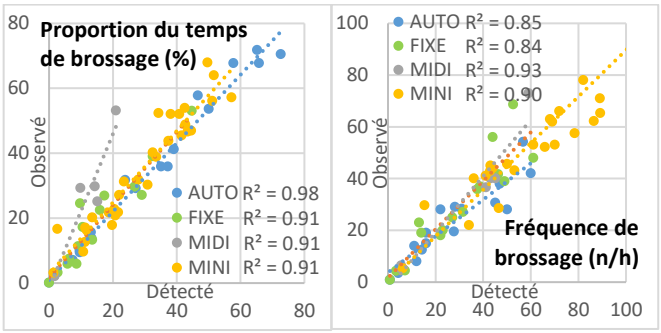


Figure 2. Relation entre mesures observées (vidéos) *vs* détectées (accéléromètres). Un point représente une heure.

3. DISCUSSION

Tous les algorithmes ont une bonne spécificité (>= 95%) et une précision acceptable (88 % en moyenne) mais leur sensibilité n'est élevée que pour la brosse Auto, pour les trois autres beaucoup d'utilisations ne sont pas détectées. Ceci peut s'expliquer par l'utilisation moins franche de ces modèles (brosse plus mâchouillée ou effleurée, chèvre couchée dessous en contact avec la brosse…), entrainant une confiance également moindre dans la mesure de référence et une baisse des F-Score. Les biais observables sur le graphique de la figure 2 indiquent une sous-estimation systématique des durées de brossage et une surestimation des fréquences. Les corrélations étant élevées, une correction des valeurs détectées est envisageable.

CONCLUSION

Une solution de monitoring robuste et peu contraignante a été conçue et a permis de générer pour chaque modèle de brosse des cinétiques d'utilisation qui semblent fiables du point de vue relatif, pour comparer l'utilisation d'un même modèle de brosse dans deux lots différents ou à plusieurs moments de la journée. Par contre, pour répondre à la question de préférence, il semble important de prendre en compte le biais de détection spécifique à chaque modèle de brosse et l'intervalle de confiance des estimations.

Les auteurs remercient B. Ranger et A. Fatet de l'UE FERLus ainsi que la Région Nouvelle-Aquitaine et le REXCap pour le financement.

Botreau R. et al., 2022. 3R
Horvath KC. et al., 2019. J.Dairy Sci., 102, 3421-343

Développement d'un protocole d'évaluation du bien-être des vaches laitières au pâturage
Development of a protocol to assess dairy cows welfare at pasture

AUBÉ L. (1,2), MIALON M-M. (1), VEISSIER I. (1), LAUNAY F. (3), DELABY L. (4), MOLLARET E. (2), MOUNIER L. (1,2), DE BOYER DES ROCHES A. (1,2)
(1) UMR Herbivores, INRAE, Université Clermont Auvergne, VetAgro Sup, 63122 Saint-Genès-Champanelle, France
(2) Chaire Bien-Etre Animal, VetAgro Sup, 1 avenue Bourgelat, 69280 Marcy l'Etoile, France
(3) UEP Unité Expérimentale du Pin, INRAE, Borculo, 61310 Le Pin-au-Haras, France
(4) UMR Pegase, INRAE, AgroCampus Ouest, Le Clos, 35590 Saint-Gilles, France

INTRODUCTION

Le pâturage des vaches laitières est considéré comme vertueux pour l'environnement et le bien-être des animaux. Pour autant le bien-être des vaches n'y est pas toujours optimal (Arnott et al., 2017), il est donc nécessaire de pouvoir l'évaluer. L'objectif de cette étude est de développer un protocole d'évaluation du bien-être des vaches laitières au pâturage, et notamment d'étudier la reproductibilité inter et intra-observateurs de mesures de bien-être, leur répétabilité à court terme et leur stabilité au cours de la saison de pâturage.

1. MATERIEL ET METHODES

Partant des 4 principes de Welfare Quality®, une recherche bibliographique et la consultation d'experts ont permis d'identifier des mesures de bien-être au pâturage. Parmi ces mesures, six ont été étudiées : quatre à l'échelle individuelle et deux à l'échelle troupeau. Les quatre mesures individuelles sont : les comportements agonistiques (coup, combat, évitement, menace et poursuite), affiliatifs (flairage, léchage, frottage et tête appuyée) et de délogement des mouches (jet de tête et coup de pattes) ainsi que la distance d'évitement à l'approche de l'homme (en cm). Deux mesures à l'échelle du troupeau ont été observées : l'attente à l'abreuvoir en retour de traite (nombre de vaches) et la réactivité à la manipulation lors du déplacement de la parcelle vers la salle de traite (nombre de trots et galops observés en continu).
La reproductibilité inter et intra-observateurs des mesures (Inter- et Intra-obs) a été évaluée via l'observation à deux reprises de photos ou de vidéos par 5 observateurs préalablement entrainés et lors d'observations en direct (pour Inter-obs seulement). L'Inter-obs de la distance d'évitement, n'a été évaluée qu'en direct par 2 observateurs. Les mesures individuelles ont ensuite été réalisées sur 48 vaches dans un troupeau de 144 vaches laitières au pâturage d'avril à novembre 2021. Ces mesures ont été répétées à deux jours d'écart pour tester la répétabilité à court terme et lors de 7 visites espacées de 5 semaines pour tester la stabilité au cours de la saison. Au cours de chaque visite, chaque vache était observée 5 min pour la fréquence des comportements agonistiques, affiliatifs et délogement des mouches. Les coefficients de corrélation intra-classe (CIC), de concordance de Kendall (KW) ont été calculés pour tester la cohérence des résultats entre observateurs ou répétitions.

2. RESULTATS

L'Inter-obs est bonne à très bonne pour toutes les mesures, sauf pour les comportements agonistiques le 2nd jour (Tableau 1). L'Intra-obs est bonne à très bonne pour toutes les mesures sauf pour 1 observateur. La répétabilité à court terme est moyenne pour la distance d'évitement (CIC = 0,44 et KW = 0,47) et faible pour les autres mesures individuelles (CIC < 0,1 et KW < 0,5). La distance d'évitement, la fréquence des comportements agonistiques et de délogement des mouches sont variables d'une visite à l'autre au cours de la saison.

3. DISCUSSION

Toutes les mesures sont validées en termes d'Inter-obs et Intra-obs. La faible répétabilité à court terme des comportements agonistiques, affiliatifs et de délogement des mouches observés à l'échelle individuelle pose la question d'une part de la représentativité des 5 min d'observation en continu par animal et d'autre part de la variation quotidienne de ces comportements en lien avec des paramètres environnementaux (conditions météorologiques, accessibilité aux ressources, etc.). La variabilité des résultats au cours de la saison indique qu'un point unique d'observation dans le temps ne suffit pas. Il sera nécessaire de déterminer dans quelles conditions et à quelle fréquence les observations doivent être conduites afin de rendre compte de ce qui se passe, pour le bien-être des vaches, à l'échelle de la saison de pâturage.

Arnott G., et al., 2017. Animal, 11, 261–273

		Reproductibilité			Répétabilité		Variations au cours de la saison	
		Inter-obs (jour 1-jour 2)	Intra-obs (min-max)	Inter-obs	A court terme	Au cours de la saison	Médiane [min-max] minimale [1]	Médiane [min-max] maximale [2]
Observations	Tests	Photo-vidéo	Photo-vidéo	En direct	En direct	En direct	En direct	En direct
Comportements agonistiques	CIC	0,84-0,62	0,28-0,94	0,82	-0,07	0,00	Visite n°2 et 7 :	Visite n°3 :
	KW	0,85-0,68	0,72-1,00	0,92	0,48	0,14	0,0 [0,0-3,0]	1,0 [0,0-6,0]
Comportements affiliatifs	CIC	0,84-0,76	0,81-0,97	0,89	-0,04	-0,02	Visite n°4 :	Visite n°3 :
	KW	0,92-0,89	0,89-0,96	0,71	0,48	0,11	0,0 [0,0-0,0]	0,0 [0,0-7,0]
Délogement des mouches	CIC	0,93-0,91	0,85-1,00	Non	-0,05	0,04	Visite n°1 et 7	Visite n°5 :
	KW	0,91-0,96	0,70-1,00	calculable	0,47	0,17	0,0 [0,0-0,0]	0,5 [0,0-10]
Distance d'évitement	CIC	Non testé car non faisable		0,83	0,44	0,47	Visite n°2	Visite n°5 et 6
	KW			0,93	0,47	0,57	120 [0-320]	200 [0-400]
Réactivité à la manipulation	CIC	0,85-0,89	0,50-0,99	Non testé car un point de donnée par visite (mesure à l'échelle du troupeau)				
	KW	0,91-0,91	0,85-0,99					
Attente à l'abreuvoir	CIC	0,94-0,90	0,90-1,00					
	KW	0,96-0,93	0,94-1,00					

[1] Visite pour laquelle ou lesquelles la médiane du comportement observé est la plus faible
[2] Visite pour laquelle ou lesquelles la médiane du comportement observé est la plus élevée
CIC : coefficient de corrélation intra-classe ; KW : coefficient de concordance de Kendall

Tableau 1 Reproductibilité inter- et intra-observateurs (Inter-obs et Intra-obs, respectivement), répétabilité à court terme et au cours de la saison, et variations des comportements observés au cours de la saison (médiane du nombre de comportements observés / 5 min et médiane de la distance d'évitement en cm).

Bien-être animal : entre socle de base et segmentation pour les entreprises de l'aval des filières

Animal welfare : expectations from supermarkets and food company and their consequences on the supply chains

TREDAN M. (1), RAMONET Y. (2), BAUSSON C. (3), LEROUX E. (4)
(1) Chambres d'Agriculture de Bretagne, Avenue du Général Borgnis Desbordes, 56 009 Vannes Cedex
(2) Chambres d'Agriculture de Bretagne, 4 Avenue du Chalutier Sans Pitié, 22190 Plérin
(3) Chambres d'Agriculture de Normandie, 6 rue des Roquemonts - CS 45346 - 14053 CAEN Cedex 4
(4) Chambre d'Agriculture d'Alsace, 2 Rue de Rome, CS 30022 Schiltigheim, 67013 Strasbourg

INTRODUCTION

Le bien-être animal (BEA) est un sujet de controverse impliquant de nombreuses parties prenantes (Delanoue *et al.*, 2015). Les acteurs commerciaux de l'aval des filières occupent une place essentielle lorsqu'ils expriment des attentes sur le BEA auprès des élevages, ou en développant des segmentations spécifiques sur les produits. Une enquête a été réalisée auprès d'acteurs de l'aval pour identifier leurs attentes et stratégies dans le but de préparer les éleveurs à ces mutations.

1. MATERIEL ET METHODES

L'enquête semi-directive a été conduite entre août 2021 et décembre 2021 auprès de 14 entreprises (Grandes et Moyennes Surfaces - Distributeurs : 4 ; Industrie agroalimentaires et transformateurs : 6 ; Coopératives et groupements de producteurs : 4), dont le siège social est situé en Bretagne, Normandie, Alsace et Pays de la Loire. Ces entreprises couvrent une ou plusieurs filières d'élevages.

2. RESULTATS

2.1. INTERET ET ORIGINE DE LA QUESTION DU BEA DANS LES ENTREPRISES

Treize des 14 structures interrogées ont déclaré s'impliquer sur la question du bien-être animal, parfois depuis près de 20 ans, pour des raisons qui visent soit à i) anticiper la réglementation ; ii) suivre l'évolution des comportements des consommateurs ; iii) répondre à des mesures éthiques et sociales au sein de leur entreprise. 10 d'entre elles ont reconnu avoir subi des pressions extérieures d'associations Welfaristes et abolitionnistes. Si cela n'a pas pénalisé les ventes, les mesures prises en faveur du BEA ont parfois été accélérées.

2.2. MESURES MISENT EN PLACE ET MOYENS ENVISAGES

Les mesures en faveur du BEA citées sont spécifiques à chacune des filières. En porc, sont citées les maternités liberté sans contention ou l'arrêt des mutilations et de la caudectomie En aviculture, les entreprises mettent en avant la fin des cages et la diminution de la densité. Les principales mesures évoquées pour la filière bovine sont :

- La réalisation du diagnostic Boviwell (outil d'évaluation du bien-être des animaux en exploitation bovins viandes et bovins lait, adapté du référentiel scientifique européen Welfare Quality®)
- La prise en charge de la douleur lors de l'écornage
- L'accès à l'extérieur systématique
- Le devenir des veaux mâles

En fonction des entreprises les réponses ont logiquement été différentes sur les méthodes d'accompagnement prévues. Les GMS ont évoqué la contractualisation (3 sur 4 d'entre elles), suivi par la mise en place de formation / conseil pour 2 d'entre elles. L'accompagnement financier n'a été évoqué que par une structure, dans un cas précis (baisse de densité), et pour une durée limitée dans le temps.
La majorité des coopératives et groupements interrogés misent sur une transition progressive, en co-construisant les évolutions avec les éleveurs. La question financière a été largement abordée par cette catégorie : sans accompagnement, les évolutions ne pourront pas se faire.

Le développement d'une segmentation spécifique sur le BEA n'est cependant pas une voie suivie par la plupart des entreprises. Seules 4 entreprises sur les 14 interrogées envisagent une segmentation sur le BEA, soit :

- Un acteur de la GMS et de la distribution sur 4 interrogés
- Deux acteurs issus de la catégorie des industries agroalimentaires & transformateurs sur 6 interrogés
- Un acteur issu de la catégorie des coopératives & groupements de producteurs sur 4 interrogés

Les raisons évoquées de l'absence de segmentation BEA sont :

i) L'argument de différenciation ne serait pas compris par les consommateurs. Pour les entreprises, le BEA est un prérequis et ne doit pas être vu comme un « progrès » ou une « exception ».
ii) Le BEA a vocation à être étendu, dans le cadre d'une montée en gamme généralisée (pas de marché de niche, et donc peu d'opportunité).

CONCLUSION

La majorité des entreprises interrogées ont pris le parti d'anticiper en ayant des exigences auprès des éleveurs allant plus loin que la réglementation sur le BEA, mais sans aller jusqu'à révolutionner les modes d'élevage. Cependant cet argument ne peut pas servir à la différentiation sur le marché. La montée en gamme sur le BEA généralisée à tous les élevages devient la règle. En la matière, le secteur le plus avancé à ce jour est celui des ruminants, en particulier en production laitière. Leur stratégie est de travailler sur l'image de marque du lait français dans son ensemble pour que tous les consommateurs puissent acheter ces produits. Pour autant, une meilleure valorisation de la production et/ou un accompagnement financier des filières et/ou de l'Etat reste une condition à cette montée en gamme générale.

Ce travail a été réalisé dans la cadre du projet BICOSE, qui bénéficie d'un soutien financier du CASDAR.

Delanoue E., Dockes A.C., Roguet C., Magdelaine P. 2015. Renc. Rech. Ruminants, 2015, 22. 171-178.

Cohabitation entre grands prédateurs et élevage : le retour du loup, une controverse étudiée en formation

Cohabitation between livestock and wolf: results of an educational student project from a controversial point of vue

BRIAND D. (1), ZANCHI E. (2), BREBANT E. (1), DANIEL C. (1)
(1) Campus Terres de l'Aube, Site de Saint-Pouange, France
(2) DGER, BDAPI, Reso'them, Paris, France

INTRODUCTION

La cohabitation entre élevage domestique et faune sauvage n'est pas une thématique nouvelle. Elle prend de l'ampleur avec le retour des grands prédateurs dans des territoires où ils avaient disparu et les évolutions des pratiques d'élevages, notamment le développement de l'élevage plein air (Marie, 2009). Cette cohabitation interpelle d'autant plus qu'elle est en lien direct avec le bien-être des animaux d'élevage et le maintien de la biodiversité sauvage. Sous l'impulsion de la DRAAF Grand Est, le Campus Terres de l'Aube avec l'appui de la Direction Générale de l'Enseignement et de la Recherche et de l'Office Français de la Biodiversité, a mené des actions pédagogiques sur la cohabitation entre le loup et l'élevage. En effet, l'Aube est un territoire où la prédation est peu présente, le sujet peut être abordé de façon moins passionnée. Futurs éleveurs ou conseillers, les étudiants de Brevet de Technicien Supérieur Agricole ont travaillé sur la question socialement vive du retour du loup en France. L'objectif du travail était qu'ils s'approprient la thématique, puissent définir les enjeux et les acteurs en présence pour de construire un schéma global de cette controverse.

1. MATERIEL ET METHODES

Plusieurs étapes ont été nécessaires à l'équipe pédagogique pour co-construire la séquence d'enseignement : recherches bibliographiques, échanges avec des experts de l'OFB et les animateurs de réseaux de la DGER. L'hypothèse de travail est que **la cohabitation entre le loup et l'élevage peut être considérée et étudiée au travers de la controverse** (Delanoue, 2017). Avant d'envisager de représenter les enjeux, les acteurs et « *qui dit quoi* », les enseignantes ont emmené les étudiants à s'interroger sur leurs représentations sur le sujet et les *a priori* qu'ils pouvaient avoir. Un outil d'animation de type *Q-sort* a été élaboré pour cet usage (Zanchi, 2022). Par groupes, les étudiants ont construit un schéma, l'ont présenté à l'ensemble de la classe. Ces schémas ont été discutés pour aboutir à un schéma global mettant en scène les acteurs de cette controverse. Il a été mis en image par une facilitatrice graphique.

2.RESULTATS

La schématisation de la controverse sur la cohabitation entre le loup et l'élevage met en présence trois grands types d'acteurs qui s'affrontent : les « **favorables à la cohabitation** », ceux qui défendent le loup et sa place dans la nature (qualifiés de « **Pro Loup** ») et ceux qui refusent son retour (qualifiés « d'**Anti-Loup** ») (figure1). Il n'est pas aisé de caractériser précisément chacun de ces groupes : des personnes favorables à la cohabitation sont issues du monde agricole, d'associations de protection de la nature par exemple. Ils construisent leur raisonnement sur des bases scientifiques et par échanges. Le sujet du « tir » du loup est un point de divergence entre les acteurs qui militent pour la cohabitation sans que la communication entre eux soit rompue. Parmi les acteurs qui refusent le retour du loup, les **polémistes** sont particulièrement actifs et mettent en avant des théories selon lesquelles le loup n'est pas revenu seul dans notre territoire mais aurait été réintroduit, plus encore dans les zones protégées. Tous portent le débat via les médias dans l'arène publique dans l'objectif d'influencer les politiques publiques, les perceptions sociétales avec pour finalité de faire évoluer les normes sociales et politiques sur le sujet de la cohabitation.

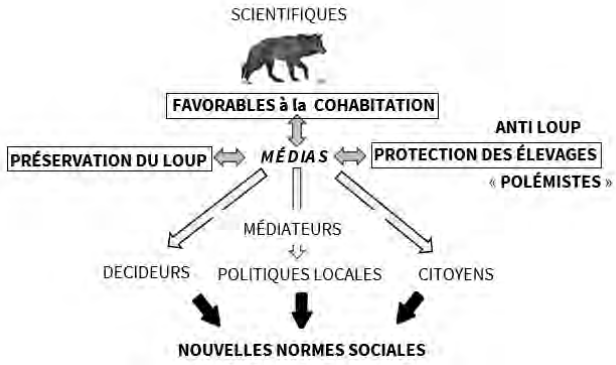


Figure 1. Schématisation de la controverse issue du travail avec les étudiants

3.DISCUSSION

Cette représentation pose les bases de la controverse de la cohabitation entre le loup et l'élevage à l'échelle nationale. A ce stade du travail, il serait possible de le décliner à une échelle territoriale et de se questionner s'il est adapté à tous les territoires. Le retour du loup est une question plus ou moins vive selon les territoires. Pédagogiquement, il serait utile d'envisager si la mise à plat des acteurs est réalisable dans un territoire où la thématique est très vive et où les certains débats peuvent être brouillés. Les étudiants ont-ils la capacité de prendre du recul et de rester neutres lorsqu'ils sont personnellement touchés des dégâts causés par le loup par exemple ?

CONCLUSION

Aborder une question socialement vive n'est pas une chose facile dans le domaine de la formation. Il est déstabilisant de se retrouver face à des incertitudes, des *a priori* quelques fois difficiles à surmonter. La schématisation permet de décortiquer, avec des étudiants, ce qu'est une controverse et de mettre en avant sa complexité. Le travail en équipe pédagogique pluridisciplinaire est un préalable et une condition de réussite.

Les auteurs remercient l'OFB et Réso'them (DGER) pour leur disponibilité et leur contribution.

Delanoue E., 2017. Actes des Journées Nationales des GTV, Reims, 17-19/05/17, 69-72
Marie M., 2009, Options Méditerranéennes. Série A. 125-134, hal-0266542
Zanchi E, 2022. https://adt.educagri.fr/actualites/le-retour-du-loup-en-france-un-outil-pour-travailler-sur-les-representations

Situation de l'élevage camelin dans la région de M'sila : contraintes sanitaires et thérapeutiques

Situation of camel breeding in M'sila region: sanitary and therapeutic constraints

MAMMERI A. (1, 2), BARA Y. (1), BAA A. (1), ATTIR B. (2, 3), SOUAG A. (1), HADJAB S. (1)
(1) Département des Sciences Agronomiques, Faculté des Sciences, Pôle Universitaire, BP 166, Université de M'sila, M'sila 028000, Algérie.
(2) Laboratoire de Génétique, Biotechnologie, et Valorisation des Bioressources, Université de Biskra, Biskra 07000, Algérie.
(3) Département des Sciences de la Nature et de la Vie, El'Hadjeb, Université de Biskra, Biskra 07000, Algeria.

INTRODUCTION

L'élevage du dromadaire en Algérie, a toujours été associé aux formes de vie des zones pastorales arides et semi-arides, puisqu'il joue un rôle essentiel dans la sécurité alimentaire des populations sahariennes et steppiques (Senoussi, 2012).En plus, le dromadaire semble bien s'adapter aux changements climatiques (Babelhadj, 2017). Étant à vocation agro-pastorale, la wilaya de M'sila comprend un nombre important de têtes camelines, avoisinant 1730 têtes (DSA, M'sila, 2017) réparties irrégulièrement dans les six subdivisions agricoles suivantes : M'sila, Ouled Derradj, Hammam Dalâa, Boussâada, Magra et Ain El'Hedjel. L'objectif de cette étude, est d'avoir un aperçu global sur les difficultés que rencontre l'élevage camelin dans la région de M'sila, tout en se concentrant sur les contraintes sanitaires et thérapeutiques.

1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

L'enquête a été réalisée en 2018, via deux questionnaires différents ; l'un a été mené avec un échantillon composé de 15 vétérinaires praticiens privés, alors que l'autre questionnaire a touché 11 chameliers, afin de répertorier les contraintes sanitaires, thérapeutiques, alimentaires, gestionnelles et socio-économiques de l'élevage camelin dans la région de M'sila.

2. RÉSULTATS

2.1. CHAMELIERS

Le **Tableau 1** représente les principales contraintes rencontrées par les chameliers interrogés dans la zone d'étude.

Items des difficultés	(n)*	(%)**
Alimentation	10	91
Abreuvement	8	73
Commercialisation et transport des camelins	6	55
Automédication et usage de remèdes traditionnels	7	64
Diversité des pathologies camelines	9	82
Collecte, conservation et vente du lait de chamelle	5	45
Manque de main d'oeuvre spécialisée	4	36

*nombre de réponses ; ** réponses multiples.

Tableau 1. Classification des difficultés citées par les chameliers de la wilaya de M'sila

2.2. VETERINAIRES PRATICIENS

Il s'avère que les dermatoses, les troubles digestifs et pulmonaires, sont parmi les affections les plus courantes chez les camelins. Le **Tableau 2** résume les principales contraintes signalées par les vétérinaires privés interrogés dans la région de M'sila.

Items des difficultés	(n)*	(%)**
Manque de laboratoires vétérinaires locaux ou de proximité	05	33
Contention des camelins	06	40
Manque de fiabilité des outils de diagnostic	15	100
Diagnostics différentiels très difficiles	07	47

*nombre de réponses ; ** réponses multiples.

Tableau 2. Classification des difficultés citées par les vétérinaires privés de la wilaya de M'sila

3. DISCUSSION

Le rétrécissement des zones de pâturage, s'accentue en raison des concessions foncières et des conflits tribaux. Selon Adamou et Faye, (2007), les principaux parcours de pâturage en Algérie, ont subi une grande dégradation. Mammeri (2016), a noté dans la région de Biskra; un manque de collaboration entre les collecteurs et les chameliers, l'absence d'usines spécialisées dans la pasteurisation du lait de chamelle. Pour la présente étude, il est à noter que le nombre de vétérinaires traitant les camelins, est très faible, ce qui corrobore les résultats rapportés par Mammeri (2016). Adamou et Faye, (2007) ont signalé que le contrôle de la santé des dromadaires, est difficile en raison de l'absence de vétérinaires spécialisés. Selon la présente étude, les vétérinaires utilisent des outils de diagnostic simples parallèlement à l'absence d'outils fiables, ce qui a été signalé même par Adamou et Faye, (2007) et par Mammeri (2016). Ainsi, les vétérinaires utilisent souvent des antibiotiques et des antiparasitaires à large spectre. Par impatience, certains chameliers ont souvent recours à des traitement ethnobotaniques aléatoires.

CONCLUSION

Plusieurs contraintes sanitaires et thérapeutiques concernant l'élevage camelin, ont été mises en evidence durant cette étude.Il semble urgent : d'installer des laboratories vétérinaires de proximité; informer les chameliers sur l'importance d'une alimentation équilibrée et d'une bonne gestion sanitaire des troupeaux camelins, et sur les dangers de l'automédication anarchique. Aussi, la formation de vétérinaires spécialistes en pathologies camelines et l'incorporation de la camélologie en cursus universitaires pour la formation de zootechniciens et de vétérinaires, s'avèrent d'extrême nécessité.

Adamou, A. Faye, B. **(2007).** Cahiers du CREAD, n°79-80, pp. 77-97.
Senoussi, A. (2012). Camel breeding in Algeria: myth or reality? *Renc. Rech. Ruminants*, 19 : 308.
Babelhadj, B. (2017). Thèse de Doctorat en Sciences Agronomiques, Université de Ouargla, 202 p.
Direction des Services Agricoles de M'Sila (DSA).(2017). Rapport statistique des troupeaux camelins.
Mammeri, A. (2016). Thèse de Doctorat en Sciences Vétérinaires, Université de Constantine, 250 p.

Équipement et logement

Prendre en compte la morphologie des vaches pour une traite confortable
Considering the morphology of cows for comfortable milking

FAZILLEAU J. (1), GUIOCHEAU S. (2), POULET JL. (1)
(1) Institut de l'Elevage, Service Productions Laitières, F-35652 Le Rheu cedex, France
(2) Chambre Régionale d'Agriculture de Bretagne, F-29600 Morlaix, France

INTRODUCTION

L'objectif global du projet ErgoTraite (CASDAR IP 2021-2023, partenariat Idele/Chambre Régionale d'Agriculture de Bretagne/E-Mage-In-3D/CCMSA/l'Institut Agro) est d'assurer la durabilité des traites bovines conventionnelles (non robotisées). Cela passe par une amélioration globale de la traite, visant le confort de travail des intervenants avec notamment la diminution du risque TMS (Troubles Musculo-Squelettiques), mais également le bien-être des animaux, bénéfique à des traites de qualité, bien plus attractives. Les travaux visent à proposer des modèles innovants, d'organisation du chantier de traite, de dimensionnement des éléments structurels et de conception des matériels de traite.

1. MATERIEL ET METHODES

Dans le cadre de ce projet, des mesures ont été effectuées dans 7 exploitations bovins lait du Grand Ouest, avec des profils diversifiés (4 typologies de traite - avec pose par le côté en épi 30° ou pose par l'arrière en épi 50-60°, TPA (Traite Par l'Arrière) et roto extérieur, 2 races principales - Prim'Holstein et Normande et animaux de parités différentes), pour positionner dans l'espace les points d'accessibilité extrêmes des mamelles des animaux traits (trayons les plus hauts et/ou les plus éloignés) et ainsi vérifier l'adéquation des recommandations pour la conception des salles de traite aux troupeaux actuels (hauteurs de quai et barres de contention).
726 mamelles ont ainsi été caractérisées, principalement sur 2 dimensions, avec un télémètre laser : la Hauteur de Plancher Mammaire (**HPM** : distance verticale entre l'attache du trayon le plus haut sur la mamelle et le quai) et la Distance d'Atteinte Horizontale (**DAH** : distance horizontale entre l'aplomb du trayon le plus éloigné et la rive de quai).
Les hauteurs des quais (**HQ** : distance verticale entre fond de fosse et sol du quai), des rives de quai, des éléments de contention arrière ont également été relevés. Un nouvel indicateur dimensionnel a été constitué par combinaison de 2 autres, la Distance d'Atteinte Verticale (**DAV** = HQ + HPM).
Les principales caractéristiques anatomiques des trayeurs ont également été relevées : tailles (**TT**), hauteurs des coudes (**HC**) et épaules (**HE**), longueurs des bras (**LB**). En effet, ces dimensions permettent de qualifier les zones d'intervention (adaptées de INRS, 1999).
Les « zones de confort » se situent en termes de mouvements verticaux, à HC<DAV<HE, et horizontaux, à DAH< 2/3 LB. Pour HE<DAV<HE+10 cm ou 2/3 LB<DAH<LB, l'intervention se fait en « zone moyenne », moins adaptée. A partir de DAV>HE+10 cm ou DAH>LB, il est considéré que l'intervention se fait en « zone extrême » et est donc pénible au niveau biomécanique.

2. RESULTATS

Les **HPM** étaient en moyenne de 63,8 cm, avec des mamelles bien attachées et positionnées haut, surtout pour les Prim'Holsteins. Les **HQ** se situant à des « niveaux classiques », vis-à-vis des recommandations actuelles (TT/2 en traite par le côté et TT/2+10 en traite par l'arrière), les **DAV** étaient donc assez importantes, avec des trayons extrêmes à plus de 1,85 m, bien au-dessus des HE, surtout en TPA, même pour des trayeurs plutôt grands pour cet échantillon (TT moyenne de plus de 1,80 m).

Les **DAH** étaient en moyenne de 41,8 cm, au-delà donc de la « zone de confort » d'intervention, se situant à 2/3 LB.

		Moy.	Min.	Max.
Hauteur **Q**uai	Pose côté	90,6	87,0	94,0
	Pose arrière	99,1	87,5	107,0
Hauteur **P**lancher **M**ammaire	Prim'Holstein	60,0	43,5	81,0
	Normande	66,4	34,0	74,4
Distance d'**A**tteinte **V**erticale	Pose côté	152,2	128,7	174,3
	Pose arrière	163,6	134,3	185,6
Distance d'**A**tteinte **H**orizontale	Pose côté	48,5	26,5	69,0
	Pose arrière	40,0	6,9	81,0
Taille du **T**rayeur		180,5	170,0	185,0
Hauteur des **E**paules		150,5	140,0	155,0
Hauteur des **C**oudes		114,2	107,0	117,5
Longueur des **B**ras		44,4	40,3	45,5
2/3 Longueur des **B**ras		29,6	26,9	30,3

Tableau 1. Données moyennes et extrêmes (en cm), mesurées sur les 7 fermes suivies

En confrontant ces données aux recommandations (INRS, 2019), les DAV peuvent être considérées comme non confortables pour 35% ou pénibles pour 53% des VL suivies et les DAH peuvent être considérées comme non confortables pour 45% ou pénibles pour 41% des VL suivies.

3. DISCUSSION – CONCLUSION

Les interventions sur les trayons les plus hauts et éloignés sont donc en très grande majorité bio-mécaniquement inconfortables et même pénibles.
Globalement, la DAH est difficilement modifiable, étant conditionnée par le choix d'un type d'installation de traite. Elle ne peut être limitée que si la contention est adaptée/adaptable à chaque animal.
Il apparait primordial par contre de prendre en compte la HPM lorsque l'on construit une salle de traite (en plus de la taille du trayeur, souvent déjà prise en compte), comme le rapportent également Cockburn & Al. (2015).
Les recommandations actuelles de hauteurs de quai ne sont plus adaptées aux morphologies des vaches, surtout qu'il n'est pas forcément souhaitable de revenir sur les choix de sélection génétique qui ont fait augmenter la hauteur des planchers mammaires (choix sanitaires, limitation du risque mammites).
En revanche, si les hauteurs de quai sont abaissées pour travailler à des hauteurs convenables, les éléments de contention arrière (barres de fesse/pare-bouses, toujours situés à +/- 70cm du quai pour éviter qu'une VL tombe dans la fosse) deviennent des obstacles à la visibilité et à l'accessibilité des mamelles, à contrecarrer donc.

Ces travaux sont financés par le CASDAR. Nous remercions chaleureusement les éleveurs ayant participé à cette étude.

Cockburn M., Savary P., Schick M., 2015. Agroscope Transfer, 102, 2015, 1-8.
INRS, 1999. Conception et aménagement des postes de travail. Fiches pratiques de sécurité ED79. https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%2079

Évaluation des pratiques de nettoyage des installations de traite bovine en salle (Tunisie)

Evaluation of cleaning practices in cattle parlor milking facilities (Tunisia)

M'SADAK Y. (1), YOUSFI M. (2), KHALFAOUI R. (1)
(1) Université de Sousse, Institut Supérieur Agronomique de Chott Mariem, 4042 Sousse, Tunisie.
(2) Université Hongroise d'Agriculture et des Sciences de la Vie, 7400 Kaposvár, Hongrie.

INTRODUCTION

La qualité bactériologique du lait trait dépend du nettoyage complet et efficace de l'installation de traite et de l'entretien de ses différentes parties. En effet, les bactéries déposées au niveau de l'équipement de traite vont se multiplier et devenir une source importante de contamination, s'il n'est pas nettoyé et désinfecté correctement (Reinemann, 2000).

1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

Cette étude a concerné trois exploitations bovines laitières de la race Pie Noire Holsteinisée, dans deux régions de la Tunisie Centrale, regroupant dans l'ensemble six troupeaux. Les trois fermes adoptent la traite mécanique en salle. On a ainsi au total six salles de traite (SDT) associées à six étables à stabulation libre ; 1 SDT à la ferme privée Gloulou, 1 SDT à l'OTD Enfidha et 4 SDT à l'OTD El Alam. Des suivis des chantiers de nettoyage de l'installation de traite ont été réalisés chez les trois exploitations considérées. Après chaque chantier de traite, on a assisté au nettoyage des équipements et on a enregistré et mesuré les paramètres nécessaires pour bien évaluer le chantier de nettoyage. Pour apprécier l'efficacité de nettoyage de l'installation de traite, les six installations étaient soumises à un examen visuel des anomalies de nettoyage avec Analyse Séparée et/ou Analyse Combinée, afin d'inspecter la présence ou non de dépôts au niveau des points sensibles de l'installation de traite.
Le pouvoir contaminant a été estimé sur une seule installation de traite (OTD Enfidha). L'analyse bactériologique effectuée vise à comparer quatre méthodes basées respectivement sur le passage de l'eau d'exploitation (M1), de l'eau stérile (M2), sur la récupération du lait en début de traite (1er Bol) (M3) et sur la mise en œuvre de la circulation du lait UHT (M4).

2. RÉSULTATS ET DISCUSSION

2.1. ÉVALUATION DES CHANTIERS DE NETTOYAGE

À la fin de chaque traite suivie, on a observé le chantier de nettoyage correspondant. On a évalué différents paramètres de lavage (Tableau 1).

Paramètre de lavage	Gloulou	OTD Enfidha	OTD El Alam
Respect Dose	Non	Non	Non
Respect Température	Non	Oui	Oui
Respect Temps de circulation	Non	Oui	Oui
Respect Action mécanique	Oui	Oui	Oui
Fréquence d'alternance alcalin-acide	Matin/Soir	1 fois/3 jours	1 fois/7 jours

Tableau 1 Appréciation des paramètres de nettoyage

L'étape de lavage se fait, au niveau de six chantiers de traite, en utilisant des produits alcalins chlorés ou des produits acides. La dose préconisée est 0,5%, alors que la dose appliquée est de l'ordre de 2,20% à la Ferme Gloulou, 3,0% à l'OTD Enfidha et 0,7% à l'OTD El Alam. On a ainsi un surdosage remarquable qui peut entraîner des difficultés de rinçage. On peut considérer que l'action mécanique est le seul paramètre de nettoyage qui est respecté au niveau des six étables examinées pour la raison que ce facteur est lié directement avec la machine (sans intervention humaine). Il est connu que l'eau dans la région du centre est relativement dure. Pour cette raison, il faut augmenter la fréquence d'alternance Alcalin/Acide pour atteindre une fréquence quotidienne (Richard et *al.*, 1981). Ainsi, on peut considérer que la fréquence adoptée par la Ferme Gloulou est la plus adéquate pour la zone d'étude.

2.2. EXAMENS VISUEL DES ANOMALIES DE NETTOYAGE ET BACTÉRIOLOGIQUE DES SOLUTIONS DE RINÇAGE

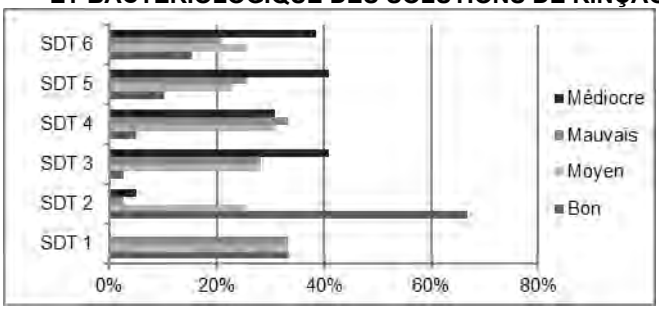


Figure 1 Analyse combinée comparée de l'état général des lieux par installation de traite bovine

D'après la Figure 1, l'état de propreté de la SDT 2 (OTD Enfidha) est meilleur que celui des autres SDT.
Pour les autres SDT, on a distingué la dominance de l'état médiocre et/ou mauvais. Ces résultats sont expliqués par la quasi-absence du respect des paramètres de nettoyage du matériel, constituant un écosystème très favorable pour le développement des microorganismes (Murphy et Boor, 2007).

Populations microbiennes	Méthodes d'évaluation	Dénombrement des germes (Log UFC)
Flore mésophile aérobie totale	M1	12.33
	M2	3.8
	M3	9
	M4	6.8
Psychrotrophes	M1	4.9
	M2	3.7
	M3	3.3
	M4	3.8
Coliformes totaux	M1	2.3
	M2	1.5
	M3	4.1
	M4	2.6

Tableau 2 Analyse combinée comparée d'évaluation de l'efficacité de nettoyage selon les résultats bactériologiques

La mise en œuvre de la circulation du lait UHT (M4) comparée aux autres méthodes utilisées, paraît le moyen le plus efficace avec des UFC (Unité Formant Colonie) par mL de lait les plus spécifiques du pouvoir contaminant de l'installation de traite (Tableau 2).

CONCLUSION

Les pratiques de nettoyage et d'entretien des installations de traite des troupeaux bovins laitiers menés dans la Tunisie Centrale s'éloignent des bonnes pratiques chez plusieurs éleveurs et elles méritent davantage de diagnostic et d'assistance technique.

Murphy SC., Boor KJ., 2007. Sources and causes of high bacteria counts in raw milk: an abbreviated review.
Reinemann JD., 2000. Review of practices for cleaning and sanitation of milking machines.
Richard J., Chantal H., Christine B., 1981. Influence de diverses méthodes de nettoyage des machines à traire sur la " qualité de conservation " du lait cru à basse température, pp.354-369.

Étude du pouvoir contaminant d'une installation de traite bovine en salle dans la région de Sousse (Littoral Tunisien)

Study of the contaminating power of an indoor cattle milking facility in room in the region of Sousse (Littoral Tunisian)

M'SADAK Y. (1), YOUSFI M. (2), KHALFAOUI R. (1)
(1) Université de Sousse, Institut Supérieur Agronomique de Chott Mariem, 4042 Sousse, Tunisie.
(2) Université Hongroise d'Agriculture et des Sciences de la Vie, 7400 Kaposvár, Hongrie.

INTRODUCTION

La décision de produire un lait de qualité revient essentiellement au producteur laitier. Le producteur laitier a la responsabilité de respecter les normes technologiques et hygiéniques de la traite, afin de produire du lait sous conditions suffisantes de propreté et d'hygiène. Ainsi, on peut dire que la qualité bactériologique du lait trait mécaniquement dépend avant tout du nettoyage des installations de traite et de l'entretien de ses différentes parties. En effet, les bactéries déposées au niveau de l'équipement de traite vont se multiplier et devenir une source importante de contamination, s'il n'est pas nettoyé et désinfecté correctement (Reinemann, 2000).

1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

Cette étude a concerné une exploitation bovine laitière de la race Pie Noire Holsteinisée, dans la région de Sousse, OTD Enfidha. La ferme adopte la traite mécanique avec une salle de traite (SDT) associée à la stabulation libre. L'efficacité de nettoyage de l'installation de traite a été évaluée par l'étude du pouvoir contaminant de la machine à traire (MAT), en pratiquant quotidiennement trois traites. De ce fait, on a opéré des analyses bactériologiques de la solution de rinçage en utilisant la méthode de la circulation du lait UHT qui s'effectue par l'aspiration du lait UHT par les Manchons-Trayeurs de l'installation de traite. Ce lait récupère une partie du biofilm du circuit du lait de la machine à traire. Cette technique d'évaluation est suivie par des analyses bactériologiques des échantillons de lait UHT récupéré pour dénombrer les Flores Totales, Coliformes et Pseudomonas issues du passage du lait UHT dans la machine à traire (Institut de l'Élevage, 2014).

2. RÉSULTATS ET DISCUSSION

2.1. CARACTÉRISATION DE L'INSTALLATION DE TRAITE

Les particularités techniques de l'installation de traite en salle relevées sont relatées dans le Tableau 1.

Identification Salle de Traite		Spécifications de Traite	Installation
Nombre Quais	2	Montage Lactoduc	Ligne intermédiaire
Nombre Stalles	12	Position Aiguille (**)	0 kPa
Nombre Postes de traite	12	Avancement Aiguille (***)	Régulier
Type Salle de Traite	En Épi (*)	Mode de Pulsation	Alterné

Tableau 1 Descriptif Technique Salle et Installation de Traite

(*) 6V6 ; (**) Manomètre à l'arrêt ; (***) Manomètre en marche

La SDT considérée présente des caractéristiques techniques typiques. On a un nombre de stalles égal au nombre de postes de traite, il s'agit donc du double équipement. Cette SDT est en épi, offrant ainsi un excellent accès aux mamelles. Le montage du lactoduc est en ligne intermédiaire. Le nombre des tuyaux longs de pulsation égal à 2 par unité, il s'agit donc de la pulsation alternée, ce qui facilite l'évacuation du lait au niveau de la griffe à lait et évite l'engorgement.

2.2. ÉVALUATION DU POUVOIR CONTAMINANT DE L'INSTALLATION DE TRAITE

L'étude du pouvoir contaminant de la MAT (Tableau 2) était accomplie au niveau de l'OTD Enfidha, après 6 heures de la traite du matin, juste avant celle du midi, en pratiquant quotidiennement trois traites.

Échantillons analysés	FMAT (2)	PSY. (3)	COL. T. (4)
Lait UHT (5)	0	0	0
Lait UHT après circulation	61 10^5	71 10^2	410
Lait de tank	86 10^7	84 10^4	476
Lait de vanne	67 10^{10}	-	13 10^4

Tableau 2 Dénombrement des UFC (1) par mL de lait selon la méthode de prélèvement du lait UHT

(1) Unité Formant Colonie (2) Flore Mésophile Aérobie Totale
(3) Psychrotrophes (4) Coliformes Totaux
(5) Lait Ultra Haute Température, paramètre concerné pour l'appréciation de la contamination bactériologique actuelle.

Du lait UHT (Témoin) a été analysé avant sa circulation à l'intérieur de l'installation de traite pour vérifier sa stérilité (Zéro bactéries). Avant sa circulation au niveau de l'installation (depuis les Manchons-Trayeurs vers la Chambre de Réception), le Lait UHT va récupérer le biofilm installé sur la surface des différentes parties et différents circuits de l'installation de traite. Cette dernière présente, pour cette méthode (Lait UHT), un pouvoir contaminant d'un facteur de 10^5 pour la FMAT et 10^2 pour les PSYS. Ces résultats sont similaires à ceux rapportés par l'étude de Tormo et al (2006), qui ont repéré un nombre de FMAT dans le lait UHT après circulation atteignant 10^5 UFC/mL. Le dénombrement des COL. T. dévoile 410 UFC/mL. La vanne du tank à lait présente aussi une source de contamination et un foyer potentiel pour le développement des bactéries. En effet, le dénombrement de la FMAT passe de 86 10^7 UFC/mL au niveau du lait de tank à 67 10^{10} UFC/mL à la sortie de la vanne. Aussi, on a remarqué un nombre très élevé des COL. T. (13 10^4 UFC/mL). La flore située au niveau de la vanne va être mobilisée au niveau du lait lors de l'évacuation vers la citerne du camion de collecte, et on sait que le lait arrive à la centrale laitière à une température plus ou moins 10 °C contribuant au développement et à la multiplication des germes, déjà présents en grand nombre.

CONCLUSION

Le pouvoir contaminant a été évalué sur l'installation de traite (OTD Enfidha) selon la méthode de circulation du lait UHT qui est considérée comme méthode fiable, complète et précise. En outre, il est fortement recommandé de réaliser l'évaluation, aussi juste après le nettoyage du midi, pour comparer l'efficacité de nettoyage avant le développement du biofilm afin de réduire au maximum les anomalies de nettoyage, et par conséquent, améliorer la qualité bactériologique du lait à la ferme.

Institut de l'Élevage, 2014. Matériel du traite et aptitude du lait cru à la transformation en technologie lactique caprine : étude des outils de diagnostic, Collection résultats,134 p.

Reinemann JD., 2000. Review of practices for cleaning and sanitation of milking machines.

Tormo H., Ali Haimoud Lekhal D., Laithier C., 2006. Les microflores utiles des laits crus de vache et de chèvre : principaux réservoirs et impact de certaines pratiques d'élevage. Renc. Rech. Ruminants, 305-308

.