

PhénoFinlait, 1ers résultats : influence de l'alimentation, de l'état physiologique et de la génétique sur la composition en acides gras des laits de vache, brebis et chèvre

ESVAN S. (1), DRAGAN C. (1), VARENNE A. (1), ASTRUC J-M. (1), BARILLET F. (3), BOICHARD D. (2), BRUNSCHWIG P. (1), DUBRULLE A. (1), FAUCON-LAHALLE F. (1), FERLAY A. (4), LAGRIFFOUL G. (1), LARROQUE H. (3), LEGARTO J. (1), PALHIÈRE I. (3), PEYRAUD J-L. (5), RUPP R. (3), BROCHARD M. (1).
(1) Institut de l'Élevage, 149 rue de Bercy, 75 595 Paris cedex 12 (2) INRA UMR 1313 GABI, 78 352 Jouy en Josas (3) INRA UR631 SAGA, B.P. 52627, 31326 Castanet Tolosan cedex (4) INRA URH-TALL, Theix, 63122 Saint-Genès Champanelle. (5) INRA UMR-PL, BP 35327. 35653 Le Rheu.

RESUME

Dans cette première analyse des données du programme PhénoFinlait, 4 bassins laitiers et plus de 65 000 animaux ont été sélectionnés afin de déterminer l'influence de l'alimentation, de l'état physiologique et de la génétique des animaux sur la composition du lait en acides gras. Les premiers résultats indiquent que la teneur en acides gras des laits est influencée par le régime alimentaire : les régimes de type ensilage de maïs ont tendance à favoriser la teneur en acides gras saturés en comparaison à des régimes de type herbager qui favorisent les teneurs en acides gras insaturés, et plus particulièrement en acides gras polyinsaturés. En début de lactation, la production d'acides gras saturés est plus faible qu'en milieu de lactation. D'autres effets, tels que la race et le numéro de lactation influencent également la composition du lait en acides gras. Les premières estimations de paramètres génétiques montrent que 11 à 36% de la variabilité observée de la proportion d'acides gras dans le lait est d'origine génétique et que le taux butyreux est fortement corrélé positivement avec le C16:0 et négativement corrélé avec les insaturés.

PhénoFinlait, first results: feeding, physiological and genetic factors influencing fatty acid content in bovine, ovine and caprine milks

ESVAN S. (1), DRAGAN C. (1), VARENNE A. (1), ASTRUC J-M. (1), BARILLET F. (1), BOICHARD D. (2), BRUNSCHWIG P. (1), DUBRULLE A. (1), FAUCON-LAHALLE F. (1), FERLAY A. (4), LAGRIFFOUL G. (1), LARROQUE H. (2), LEGARTO J. (1), PALHIÈRE I. (3), PEYRAUD J-L. (5), RUPP R. (3), BROCHARD M. (1).
(1) Institut de l'Élevage, 149 rue de Bercy, 75 595 Paris cedex 12

SUMMARY

For this first study on PhénoFinlait data, 4 dairy fields and 65 000 animals were selected in order to determine the impact of feeding, physiological state and genetics on the fatty acid profile of milk. The fatty acid profile of milk is influenced by the feeding: maize silage type diets tended to increase saturated fatty acid content in comparison to grass-based diets which increased unsaturated fatty acid content and especially polyunsaturated fatty acids. Production of saturated fatty acids was lower during early lactation stages than in the middle of lactation; while this situation was reversed for unsaturated fatty acids. The first estimations of genetic parameters show that 20-30% of the variation in the fatty acid content has a genetic origin and that fat content is strongly positively correlated to C16:0 and negatively correlated to unsaturated fatty acids.

INTRODUCTION

Depuis quelques années, les consommateurs sont plus exigeants sur la qualité de leur alimentation, d'un point de vue technologique, organoleptique, sanitaire, nutritionnel ou de valeur santé. C'est le cas pour les produits laitiers dont on sait que la composition en acides gras (AG) est le reflet direct de la composition du lait d'origine (Lucas *et al.*, 2006). Il est donc stratégique de disposer de connaissances et d'outils efficaces concernant l'alimentation, la conduite d'élevage et la génétique pour une maîtrise de la composition fine du lait en AG. C'est dans ce contexte que le projet PhénoFinlait a été lancé en 2008 par les acteurs de la profession laitière (CNIEL), de l'élevage (UNCEIA, FCEL, Capgenes, CNBL) et de la recherche-développement (INRA, Institut de l'Élevage, Actilait, Labogena) pour une durée de 5 ans. Les 1^{ers} travaux ont permis la mise au point d'une méthode d'estimation de la composition en AG du lait à partir des spectres du moyen infrarouge (MIR) disponibles dans les laboratoires du Contrôle Laitier (Ferrand *et al.*, 2009).

Les objectifs de la présente étude visent à évaluer l'impact des facteurs alimentaires et environnementaux d'une part, et génétiques d'autre part, sur la proportion en AG saturés (AGS), polyinsaturés (AGPI), monoinsaturés (AGMI), myristique (C14:0), palmitique (C16:0) et oléique (C18:1)

totaux à partir des données collectées sur un large échantillon d'élevages commerciaux des 3 espèces.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1 PROTOCOLE PHENOFINLAIT

Le programme PhénoFinlait concerne 1500 élevages, 26 départements, 3 espèces et 7 races. Entre fin 2009 et fin 2010, en moyenne 4 à 6 contrôles PhénoFinlait seront réalisés dans ces élevages. Ces contrôles comportent l'enregistrement des spectres MIR lors de l'analyse des laits ainsi qu'une enquête en élevage sur l'alimentation des animaux pour un suivi détaillé de leur ration collective et individuelle (en bovins uniquement) en fourrages, pâturages et concentrés (matières 1ères et aliments composés). Les données spectrales sont utilisées pour estimer les teneurs en différents AG. Fin juillet 2010, 190 000 femelles avaient au moins un contrôle PhénoFinlait en base de données nationale.

1.2 ESTIMATION DU PROFIL EN AG

Le profil en AG est estimé à l'aide d'équations portant sur les spectres MIR collectés (Ferrand *et al.*, 2009). A ce stade de l'étude, les décalages entre les analyseurs d'où proviennent les spectres MIR n'ont pas été corrigés. Nous nous concentrerons sur l'interprétation des variations et écarts intra-analyseur. Les estimations sont exprimées en pourcentage du total des AG (AGT). Enfin, 1% des valeurs extrêmes de part et d'autres des distributions ont été exclues.

1.3 SELECTION DES DONNEES

Pour cette 1^{ère} valorisation, les données de 65 000 animaux ont été sélectionnées (tableau 1) en retenant les régions avec le plus de données intra-analyseur. Pour chaque espèce, les élevages ont été répartis en classes à partir des enquêtes en élevage en fonction du fourrage dominant. En bovin, 4 régimes alimentaires ont été établis : maïs dominant (>75% matière sèche du fourrage ingéré (MSFI), 45% des contrôles), mixte – maïs dominant (55-75% MSFI, 23% des contrôles), mixte – herbe dominante (>45% MSFI, 10% des contrôles) et foin (>90% MSFI, 20% des contrôles). En ovin, les conduites alimentaires sont classées sur la base de l'utilisation du pâturage (durée de 0 à 8h - 77% des effectifs), la présence ou non d'ensilage de maïs (présence quand MSFI>50% - 15% des effectifs), la présence ou non d'ensilage d'herbe (présence quand MSFI> 25% - 22% des effectifs) dans la ration et le type de concentré utilisé (supplément lipidique pour 5% des effectifs). En caprin, 6 catégories principales ont été établies : foin comme unique fourrage (23% des contrôles), foin et fourrages déshydratés (>200g) (26%), ensilage de maïs pour plus de 1 kg brut/j (38%), herbe conservée pour plus de 1 kg brut /j (5%), paille comme unique fourrage (5%) et pâturage ou affouragement en vert dès que présent (3%). Chaque catégorie est à nouveau divisée en 4 sous-catégories selon que : i) la quantité de concentré distribuée par jour et par chèvre est inférieure ou supérieure à 1,5 kg sec ; ii) la ration est enrichie en lipides (> 25 g/j d'équivalent-huile) ou non. En bovin, pour définir le stade de lactation, 35 classes ont été établies : tous les 5 jours jusqu'à 60 jours de lactation et tous les 10 jours ensuite.

Tableau 1 : données sélectionnées pour l'étude.

	Bovins	Caprins	Ovins
Bassins laitiers	Basse-Normandie Est (21, 25, 39, 67, 68, 90)	Poitou-Charentes +12, 36, 37, 49, 85	Pyrénées-Atlantiques
Femelles	33 000	24 300	8 900
Elevages	500	90	60
Contrôles-animaux (nb ctrl /animal)	100 000 (2,7)	41 450 (1,7)	26 000 (2,9)
Enquêtes	1600	182	215
Races	prim'holstein (33%) normande (35%) montbéliarde (32%)	alpine (63%) saanen (37%)	manech tête rousse
Période concernée	01/11/2009 - 15/4/2010	15/12/2009 - 15/6/2010	1/1/2010 - 30/6/2010

1.4 ANALYSE DE VARIANCE

Chaque teneur en AG (en % des acides gras totaux (AGT)) a été analysée selon un modèle mixte. Il prend en compte les effets fixes : race, stade de lactation, période d'analyse (sauf en caprin), régime alimentaire, numéro de lactation, âge à la mise-bas intra rang de lactation, ainsi que des effets aléatoires : troupeau intra régime (effet fixe en caprin) et père de l'animal (en bovins). Les données ont été analysées à l'aide de la procédure GLM du logiciel SAS v9.3.

1.5 PARAMETRES GENETIQUES EN BOVIN

Dans cette analyse préliminaire, les paramètres génétiques ont été estimés pour les taux butyreux (TB) et d'AG moyens observés pour les 4900 femelles en 1^{ère} lactation sur la période. Le TB moyen a été calculé en faisant la moyenne pondérée par la quantité de lait pour tous les contrôles. Le taux moyen de chaque AG a été obtenu en faisant la moyenne pondérée par le TB pour tous les contrôles. Le nombre de contrôles étant variable entre individus, un minimum de deux contrôles a été imposé pour l'analyse. Le

modèle comprend les effets fixes du troupeau, de l'âge au vêlage, du mois de vêlage et du stade moyen des contrôles, les effets aléatoires de la valeur génétique de l'animal (distribution normale, de variance $A \sigma_a^2$, A étant la matrice de parenté) et de l'erreur résiduelle du modèle (erreurs supposées indépendantes et suivant une distribution normale de variance σ_e^2). Toutes les relations de parenté sont prises en compte sur un maximum de 6 générations. Dans ce modèle, les effets régime et période n'apparaissent pas car supposés inclus dans l'effet troupeau.

2. RESULTATS

2.1 ESTIMATION DES ACIDES GRAS ET EFFET RACE

2.1.1 Moyennes des AG par espèce

Tableau 2 : TB, et profils en AG, moyenne (écart-type, g/100g AGT).

	Bovins (Est)	Caprins	Ovins*
TB (g/100g lait)	35,6 (±7,3)	39,5 (±6,7)	65,3 (±14,6)
AGS	77,7 (±3,8)	72,4 (±2,1)	74,7 (±3,6)
AGMI	18,3(±3,6)	23,9 (±1,7)	21,4 (±3,2)
AGPI	3,9 (±0,3)	3,7 (±0,5)	3,8 (±0,6)
C16:0	25,9 (±4,0)	30,6 (±1,2)	24,2 (±2,7)
C18:1	12,9 (±3,4)	22,7 (±1,6)	19,6 (±3,2)

*Echantillons du matin, brebis en 1^{ère} ou 2^{ème} lactation.

NB : Ces valeurs sont à prendre avec précaution, cf §1.2.

En bovin, ces valeurs sont issues de la zone Est où les régimes alimentaires sont pour la plupart à base d'herbe, le profil en AG peut donc s'apparenter à celui d'un lait d'été. Malgré un lait nettement plus riche en matière grasse en ovins par rapport aux caprins et bovins, les taux de chaque catégorie d'AG sont assez proches entre les 3 espèces (tableau 2). Pour la plupart des AG, les écart-types sont plus faibles pour l'espèce caprine comparée aux autres ruminants.

2.1.2 La race

Dans l'échantillonnage étudié, la race impacte la nature d'AG, la proportion d'AG et le TB. Comparée à la race prim'holstein, la race normande produit un lait plus gras et son taux d'AGS (notamment C16:0 et C14:0) serait plus élevé. En caprin, on retrouve un effet race, mais de façon plus modérée : la race alpine produit un lait plus gras, avec un taux d'AGI plus faible que la race saanen (+0,5% pour le C18:1 par exemple).

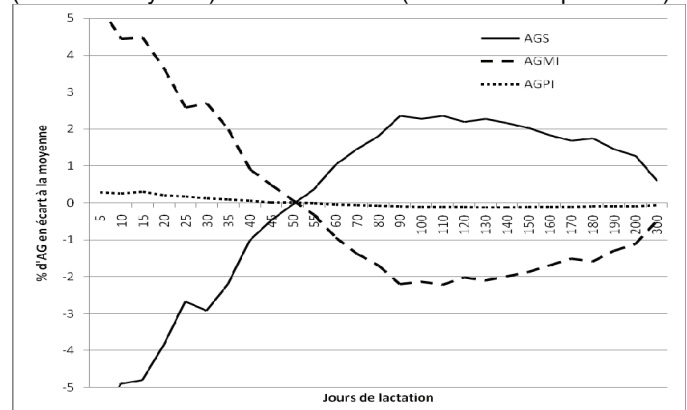
Toutefois, ces effets race seront à vérifier sur des échantillons plus conséquents et représentatifs. Dans cette 1^{ère} étude, l'effet race peut être confondu avec celui du troupeau, du système alimentaire voire de la région.

2.2 INFLUENCE DE L'ETAT PHYSIOLOGIQUE

2.2.1 Le stade de lactation

En bovin, en début de lactation, le taux de matière grasse du lait est au plus haut. Le rapport AGS/AGI (AGI=AGMI+AGPI) augmente pour atteindre un plateau à partir du 100^{ème} jour, puis diminue lentement en fin de lactation (Fig1).

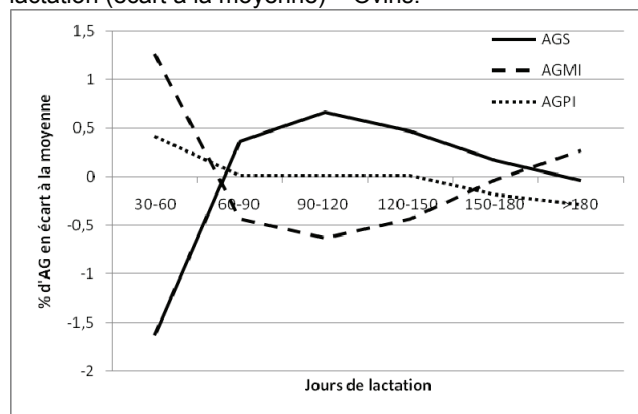
Fig1 : Evolution du taux d'AG en fonction du stade de lactation (écart à la moyenne) - Bovins zone Est (~900 contrôles par classe)



En ovin, de manière similaire mais 3 fois moins marquée qu'en bovin, la proportion d'AGS augmente en début de lactation (+2,5% entre 30 et 120 jours), pour atteindre un plateau, avant de décroître légèrement en fin de lactation (Fig2). Les AGMI et AGPI ont une évolution inverse. La proportion d'AGMI semble augmenter lentement durant la 2^{ème} partie de la lactation.

En caprin, l'évolution des différents AG au cours de la lactation est beaucoup moins marquée que chez les autres espèces. Sur toute la durée de la lactation, le taux d'AGS semble diminuer (-0,6%) alors que celui des AGI tend à augmenter (respectivement +0,5% et + 0,17 % pour les AGMI et AGPI). Il pourrait donc être intéressant en caprin de prendre en compte la saisonnalité de la reproduction dans le modèle.

Fig2 : Evolution du taux d'AG en fonction du stade de lactation (écart à la moyenne) – Ovins.

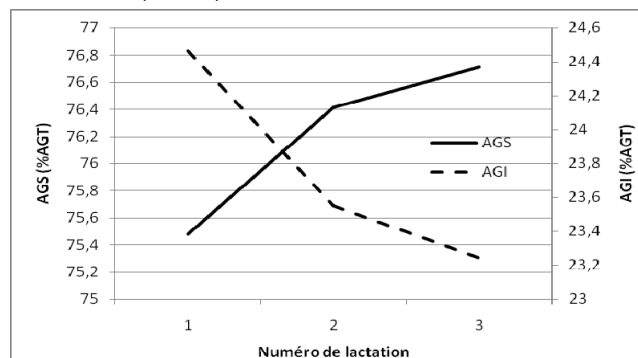


2.2.2 Le numéro de lactation

En bovin, le ratio AGS/AGI est significativement ($p < 0,01\%$) plus élevé chez les multipares par rapport aux primipares (Fig3). Par contre il ne diffère pas entre les multipares (lactation 2 vs lactation 3 et +) pour qui les taux sont très proches.

En ovin, nous avons considéré 3 catégories : les primipares à un an, les primipares à deux ans et les 2^{èmes} lactations. Des différences significatives sont observées ($p < 0,01\%$) pour chaque catégorie d'AG : les primipares à un an présentent une proportion d'AGS inférieure (74,3%) par rapport aux primipares à deux ans (75,3%) et aux 2^{èmes} lactations (75,7%). Les tendances sont inversées pour les AGMI (22%, 21% et 20,5%), tandis que les AGPI représentent 3,7% des AGT. En caprin, si le numéro de lactation (L) a un effet significatif ($p < 0,01$) sur la composition en AG du lait, les variations des taux d'AG restent faibles (+0,09% pour les AGPI, -0,1% pour les AGS et non significatives pour les AGMI, entre les femelles en L1 et les femelles en L4 et +).

Fig3 : Evolution du taux d'AGS et AGI en fonction du numéro de lactation (1/2/3+) – Bovins zone Est.



2.3 REGIME ALIMENTAIRE

Pour toutes les espèces, la composition en acides gras du lait est très influencée par le régime alimentaire.

En bovin, sur la zone Ouest, la proportion d'AGS est significativement plus faible de 1,2% des AGT en régime de type « herbe » qu'en régime de type maïs. L'augmentation

d'AGMI pour un régime de type herbe est du même ordre, en revanche, celle des AGPI est négligeable (+0,04%).

En caprin, également, les régimes de type herbe favorisent la production d'AGI par rapport aux régimes de type ensilage de maïs. Cet effet est d'autant plus net pour les rations de type herbe qu'elles sont enrichies en lipides. En caprin toujours, la teneur en C18:1 dans le lait est accrue au pâturage (23,7%) comparé à l'ensilage de maïs (23,1%) ($p < 1\%$).

L'enrichissement en lipides des rations étudiées induit une augmentation significative du taux d'AGMI (Fig5).

Plus spécifiquement, pour les régimes à base d'ensilage de maïs, l'apport de plus de 1,5 kg MS de concentré augmente la proportion d'AGI dans le lait de chèvre (+0,5% pour les AGPI et +0,9% pour les AGMI, $p < 1\%$).

En ovin, un enrichissement net du lait en C18:1 avec la quantité de pâturage présente dans la ration (approchée par la durée de pâturage) a été mis en évidence et illustré (Fig4). Cet enrichissement est le plus marqué lorsque la durée de pâturage est supérieure à 4h (+0,5%AGT par heure).

Fig4 : Taux de C18:1 en fonction de la durée de pâturage – Ovins

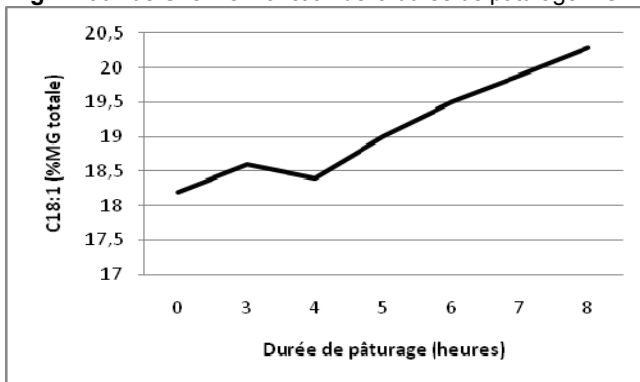
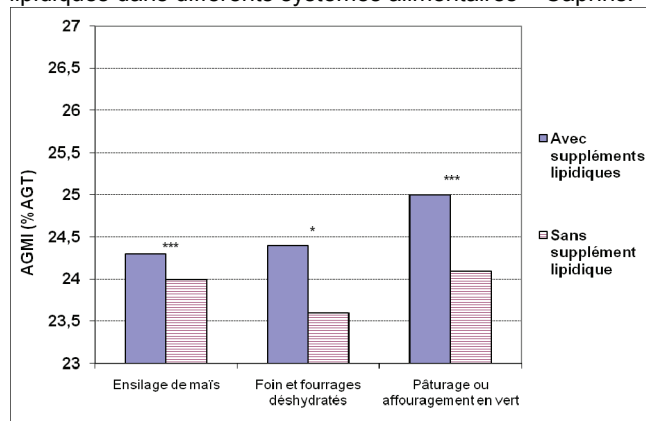


Fig5 : Taux d'AG en fonction de l'apport de suppléments lipidiques dans différents systèmes alimentaires – Caprins.



*** : $p < 0,0001$, ** : $p < 0,001$, * : $p < 0,01$

2.4 PARAMETRES GENETIQUES EN BOVINS

Deux paramètres décrivent la variabilité génétique : l'héritabilité $h^2_a = \sigma_a^2 / (\sigma_a^2 + \sigma_e^2)$ ou part d'origine génétique des variations, et le coefficient de variation génétique $cv_g = \sigma_a / \text{moyenne}$, ou part de variabilité génétique rapportée à la moyenne. Ces indicateurs sont indépendants de l'échelle et comparables entre caractères. Par ailleurs, le lien entre caractères est décrit par les corrélations génétiques. Les estimations d'héritabilité et de coefficient de variation génétique sont présentées dans le tableau 3. Il est à noter que dans cette 1^{ère} analyse restreinte à un laboratoire par race, les effectifs sont relativement réduits pour des estimations de paramètres génétiques. En conséquence les estimations sont imprécises : les écart-type d'estimation des héritabilités sont de l'ordre de 0,08 en races normande et montbéliarde et atteignent 0,14 en race prim'holstein.

Tableau 3. Héritabilités, coefficients de variation génétique et corrélations génétiques entre les taux d'AG et le TB.

		montbéliarde	normande	holstein
Héritabilités	TB	0,36	0,36	0,23
	AGS	0,19	0,32	0,18
	AGMI	0,33	0,32	0,20
	AGPI	0,31	0,18	0,23
	C14:0	0,33	0,25	0,35
	C16:0	0,25	0,31	0,11
	C18:1	0,20	0,33	0,19
Coefficient de variation génétique (%)	TB	4,1	5,4	5,7
	AGS	1,2	1,6	1,2
	AGMI	1,7	4,8	5,1
	AGPI	3,1	2,0	2,1
	C14:0	3,5	3,0	3,4
	C16:0	2,7	2,9	2,3
	C18:1	4,0	5,4	7,6
Corrélations génétiques avec le TB	AGS	0,58	0,58	0,37
	AGMI	-0,53	-0,52	-0,28
	AGPI	-0,63	-0,51	-0,86
	C14:0	0,25	0,04	-0,18
	C16:0	0,67	0,90	0,71
	C18:1	-0,4	-0,52	-0,25

3. DISCUSSION

3.1 SUIVI DE 1500 ELEVAGES PRIVÉS

Cette étude se distingue particulièrement par son échelle : suivi pendant 1an des femelles en lactation de 1500 fermes privées échantillonnées pour être représentatives de la diversité des systèmes d'élevage laitiers français. Ce travail permettra de faire un état des lieux du profil en AG moyen des laits de la ferme en France et pour les 3 espèces laitières. Elle a également permis de tester en quasi routine une méthode d'estimation à haut débit du profil en AG des laits du contrôle laitier. Cette méthode est par nature moins précise que celle de référence (chromatographie en phase gazeuse) mais permet d'aborder de très gros volumes (près de 800 000 analyses faites entre novembre 2009 et août 2010) ce qui compensera le manque de précision. Dans le cadre de ce 1^{er} travail, les biais entre analyseurs n'ont pas été corrigés or O. Leray (communication personnelle, 2009), dans le cadre de PhénoFinlait, a montré l'existence de différences notables entre appareils : 4 à 25% selon les AG. Un système de laits témoins bimensuels couvrant toute la durée de la période de collecte a été mis en place. Ces laits permettront un recalage des estimations à partir d'analyses obtenues par chromatographie en phase gazeuse. En conséquence, les résultats de cette étude en valeur absolue (ex. : moyennes) peuvent être décalés par rapport à la référence, plus ou moins selon les AG.

Bien que des développements méthodologiques restent à accomplir pour être complètement opérationnel, ces 1^{ers} résultats montrent la faisabilité et l'intérêt de l'utilisation des spectres MIR dans le suivi et la maîtrise du profil en AG des laits.

3.2 DES RESULTATS COHERENTS

Pour ces 1^{ers} résultats, l'absence de recalage sur les laits témoins implique que les proportions d'AG en valeur absolue peuvent être décalées par rapport à la référence. Cependant les 1^{ers} résultats obtenus à grande échelle et avec une précision moindre que dans une étude expérimentale sont cohérents avec ceux de la littérature (Chilliard *et al.*, 2007). On retrouve effectivement les facteurs majeurs connus pour influencer la composition fine du lait. Les proportions d'AG sont du même ordre pour les 3 espèces. L'effet du stade de lactation est similaire en bovin et en ovin et peut s'expliquer par la physiologie des animaux : en début de lactation, les femelles mobilisent leurs réserves corporelles et donc produisent des AGI. La production d'AGS augmente après cette 1^{ère} phase de mobilisation corporelle avec la mise en place de la synthèse mammaire. En caprin uniquement, le taux d'AGS semble

diminuer en cours de lactation. En accord avec Chilliard *et al.*, 2007, dans les 3 espèces, un régime de type herbe favorise la production d'AGI par rapport à un régime de type ensilage de maïs. En ovin, l'augmentation de la durée de pâturage augmente la production d'AGI. En bovin, les 1^{ères} estimations d'héritabilités montrent que 11 à 36% de la variabilité observée des taux d'AG est d'origine génétique. L'héritabilité du TB, de l'ordre de 0,35, est cohérente mais plus faible que celle observée couramment. Cela s'explique par le nombre limité de contrôles pris en compte. Les estimations d'héritabilité des AG, comprises entre 0,12 et 0,4, sont cohérentes mais modestes pour des AGS, selon Stoop *et al.*, 2009. Les coefficients de variations génétiques sont relativement faibles, de 1 à 8% selon les AG. Les corrélations génétiques, quoique de précision faible, indiquent une forte corrélation positive entre C16:0 et TB, dans les trois races. C'est en accord avec l'hypothèse associant un TB élevé avec un processus d'élongation complet des AGS. La corrélation génétique entre les AGS et le TB est d'environ +0,5. La sélection sur le TB induit donc une réponse indirecte sur le taux d'AGS (en particulier C16:0). Les AGI (surtout les AGPI) sont corrélés négativement avec le TB pour les trois races. Nos 1^{ers} résultats confirment, dans l'ensemble, les données issues de la bibliographie. Notre démarche étant inhabituelle par son ampleur et la multitude des facteurs de variations, cette 1^{ère} étude était une validation importante.

3.3 LES LIMITES DE L'ETUDE

Cette étude correspond à un 1^{er} dépouillement, les résultats seront précisés lorsque les spectres ou les taux d'AG seront recalés, les effectifs retenus élargis et les modèles analytiques affinés. Les quelques discordances avec la littérature pourraient alors disparaître, en particulier grâce à une meilleure prise en compte de l'alimentation. Notons en effet à ce sujet que les données d'alimentation utilisées pour cette étude ne sont qu'une exploitation partielle des données collectées.

CONCLUSION

Pour les 3 espèces laitières, cette 1^{ère} valorisation confirme les résultats de la bibliographie sur l'importance des leviers alimentaires et génétiques pour moduler et contrôler la composition du lait en AG. Il permet en outre d'envisager l'étendue et la richesse des investigations permises par l'analyse de l'ensemble du dispositif (plus de données et plus d'AG que ceux pris en compte dans ce 1^{er} travail...). Le recalage des estimations des pourcentages d'AG grâce à des échantillons de références, ou encore l'amélioration des précisions des équations d'estimation des AG sont autant de pistes d'amélioration. En bovin, ces 1^{ers} résultats montrent que la sélection des animaux sur ces nouveaux caractères pourrait être envisagée. Le génotypage de 16 000 femelles des 3 espèces en 2011 pourra confirmer cette hypothèse et visera à jeter les bases de la sélection génomique sur ces nouveaux caractères.

Le projet PhénoFinlait est cofinancé par l'ANR, Apis-gène, FGE, FranceAgriMer, le Ministère de l'Agriculture et l'UE. Les auteurs remercient les partenaires du consortium PhénoFinlait, les acteurs de terrain et les éleveurs. Ce travail a été conduit dans le cadre des programmes des 3 UMT : GENEpR, Evaluation Génétique des Bovins et RIEL.

Chilliard, Y., Glasser, F., Enjalbert, F., Ferlay, A., Bocquier, F. and Schmidely, P. 2007. 3R14. 321-328.
Chilliard Y., Glasser F., Ferlay A., Bernard L., 2007. European Journal of Lipid Science and Technology, Vol.109, p828-855.
Ferrand M., et al. 2009. 3R16, p169.
Lucas, A., Rock E., Chamba J., Verdier-Metz I., Bracket P., Soyeur H., Dardenne P., Dehareng F., Bastin C., Gengler N., 2008. J.Dairy Sci.vol91, 3611-3626.
Stoop W.M., van Arendonk J.A.M., Heck J.M.L., van Valenberg† H.J.F., H. Bovenhuis* 2009., J.D Sci,vol 91. 385-394