

Un modèle bioéconomique pour évaluer l'impact des aléas climatiques sur l'ajustement des décisions de production et sur les résultats des exploitations de bovins allaitants

MOSNIER C. (1), AGABRIEL J. (1), LHERM M. (2), REYNAUD A. (3)

(1) INRA - UR2113 herbivore - F-63122 Clermont-Ferrand

(2) INRA - UR506 - laboratoire d'économie de l'élevage - F-63122 Clermont-Ferrand

(3) TSE (LERNA-INRA) - université de Toulouse 1 - 31042 Toulouse Cedex

RESUME - La disponibilité en ressources alimentaires des troupeaux de bovins allaitants est sensible aux aléas climatiques. Cette étude cherche à estimer dans quelle mesure les aléas qui touchent les rendements des productions végétales affectent les résultats des exploitations lorsque leurs capacités d'ajustement sont prises en compte.

Un modèle d'exploitation dynamique bioéconomique a été construit et calibré pour représenter une exploitation moyenne du bassin allaitant produisant principalement des jeunes bovins. Des aléas sur les rendements d'intensité allant de -60 % à +60 % de leur valeur moyenne sont simulés. Cinq indicateurs rendent compte des ajustements réalisés au niveau des ventes d'animaux, de leurs rations, de la balance commerciale des produits végétaux et du foin récolté.

Les ajustements effectués évoluent en fonction de l'intensité de l'aléa. Cependant, les ventes animales sont maintenues pour des chocs d'intensité modérée aux dépens d'importantes modifications de la gestion des ressources végétales. Plusieurs années sont parfois nécessaires pour que le profit revienne à l'équilibre après un aléa, et les pertes occasionnées par des aléas négatifs ne sont pas compensées par les gains accumulés lorsque la conjoncture est favorable.

A dynamic bioeconomic farm model to assess impact of weather shocks on production adjustment and on results of French suckler cow farms

MOSNIER C. (1), AGABRIEL J. (1), LHERM M. (2), REYNAUD A. (3)

(1) INRA - UR2113 HERBIVORE - F-63122 CLERMONT-FERRAND

ABSTRACT - Weather variability can threaten French suckler cow farms, which rely on rather extensive forage production. However, flexibility of the production system can help the farmer to face crop production shocks. This study aims at assessing how crop yield shocks impact on farm outcomes when adjustment capacity is taken into account.

An original dynamic recursive bio-economic farm model has been built and calibrated to represent an average farm producing charolais finished animal. Crop yield shocks of intensities ranging between -60% and +60% of their average values were then simulated. Five indicators were computed to appraise production adjustments following shocks, of animal sales, diet composition and diet weight gain, crop trade and haymaking.

The optimal mix of production adjustments evolved according to the intensity of shocks. However, preference for maintaining animal sales at the expense of crop product trade was found for moderate shocks. Several years are sometimes necessary for net profit to come back to equilibrium, and, profit gains in good years cannot totally compensate losses in bad ones.

INTRODUCTION

Dans la plupart des élevages de bovins allaitants français, l'essentiel des ressources alimentaires du troupeau sont autoproduites. Ces productions végétales sont rarement irriguées et sont donc exposées aux aléas climatiques (Gateau *et al.*, 2006). La moitié du fond national de garanties contre les calamités agricoles (FNGCA) revient aux élevages d'herbivores - principalement dans le Massif Central - pour compenser les pertes de production fourragères liés à la sécheresse (Boyer, 2008). Cependant, par le biais de ce fond, seules des pertes de production fourragère supérieures à 30 % sont indemnisées, et seulement partiellement. Il revient donc aux éleveurs de s'auto-assurer. La gestion des risques comporte deux phases : la première consiste à anticiper et à prévenir les risques avant que l'aléa ne se produise, la deuxième à minimiser les pertes ou maximiser les gains supplémentaires une fois que l'aléa s'est produit. Bien que la prévention des risques soit une étape importante, notamment avec la création de stocks de sécurité, cette étude focalise sur les ajustements de la production aux aléas climatiques et sur leurs conséquences économiques.

Ces ajustements peuvent être très divers. Tout d'abord, la demande alimentaire du troupeau peut être diminuée en réduisant le nombre d'animaux présents ou en restreignant temporairement leur ration (Blanc *et al.*, 2005, Hoch *et al.*, 2006). L'éleveur peut également jouer sur l'offre alimentaire en ajustant la gestion des surfaces fourragères, en adaptant les achats ou les ventes d'aliments.

La modélisation permet de représenter la complexité des interactions mises en jeu dans de tels processus d'ajustements. Les modèles bioéconomiques dynamiques simulent à la fois le comportement économique de l'éleveur et l'évolution de l'exploitation. Si ce type de modèle a déjà été développé pour analyser les ajustements à des aléas climatiques (Lambert *et al.*, 1989, Kingswell *et al.*, 1993, Jacquet et Pluvinage 1997, Kobayashi *et al.*, 2007, etc.) aucun n'a encore pris simultanément en compte les décisions tactiques concernant la taille et la composition du troupeau, la composition et le niveau énergétique des rations du bétail, la gestion des stocks de produits végétaux et des quantités fauchées et l'assolement.

Nos objectifs sont de développer un modèle dynamique d'exploitation d'élevage de bovins allaitants afin d'évaluer

1) quels types d'ajustement parmi ceux précédemment cités sont privilégiés selon l'intensité des chocs climatiques et 2) quelles sont leurs conséquences sur l'évolution des kg de viande produits et des résultats économiques.

1. DESCRIPTION DU MODELE

Le modèle développé (Mosnier *et al.*, 2008) représente une exploitation spécialisée dans la production de bovins allaitants gérée par un éleveur. L'année simulée commence le 1er avril avec la mise à l'herbe, est divisé en intervalles mensuels et se termine le 31 mars.

1.1. LE SYSTEME DE PRODUCTION

Le système de production considéré comprend un troupeau de bovins et des surfaces agricoles produisant des fourrages et des céréales.

1.1.1. Le troupeau

Le troupeau est divisé en douze classes d'animaux définies par leur âge, leur sexe et leur conduite (engraissé ou maigre). Ces classes sont caractérisées par des variables de poids moyen et d'effectif. Les effectifs en début de mois résultent du différentiel entre les effectifs initiaux, la mortalité et les ventes d'animaux pour le mois précédent. D'une année sur l'autre, l'effectif d'une classe est reporté partiellement ou entièrement sur une autre classe afin de prendre en compte les processus de vieillissement (la classe des génisses d'un an devient celle des génisses de deux ans) et le type de conduite (engraissé ou maigre). Dans le cas des veaux, leur effectif au 1^{er} février dépend du nombre de femelles mises à la reproduction l'année précédente et des taux de gestation et prolificité. Le poids moyen en début de mois dépend du poids et du bilan énergétique du mois précédent prenant en compte les apports provenant de l'alimentation et les besoins pour l'entretien et la production. La composition et le niveau énergétique de la ration ne sont pas imposés *a priori* dans le modèle mais doivent cependant respecter des contraintes : 1) la valeur d'encombrement de la ration ne peut dépasser la capacité d'ingestion de l'animal, 2) le gain de poids résultant ne doit pas excéder +/-10 % du gain de poids théorique et 3) le poids doit être compris entre +/-5 % du poids théorique afin de ne pas menacer la santé et la reproduction des animaux

Un sous modèle estime 1) les courbes théoriques de croissances (INRA, 2007) et d'engraissement (Garcia et Agabriel, 2008) en fonction de l'âge des animaux, 2) les besoins pour l'entretien, la gestation et la lactation en fonction de ce poids moyen et de la période de l'année (INRA, 2007).

1.1.2. Les ressources végétales

Cinq types de produits végétaux - herbe, foin, maïs ensilé, concentré (grains) et paille - peuvent être produits à partir de cinq cultures : prairies permanente et temporaire, maïs, 1^{ère} et 2^{ème} céréales. Ces produits sont caractérisés par leur teneur en énergie, leur encombrement et leur quantité. Les quantités stockées en début de mois sont définies par le stock précédent et la balance entre quantités produites ou achetées, et, quantités consommées par le troupeau ou vendues. Les quantités produites découlent non seulement de l'assolement et du nombre d'hectares de prairies fauchées à chaque période, mais aussi des conditions climatiques qui influent sur le rendement mensuel. Un sous modèle de croissance de

la prairie est couplé afin d'obtenir les productions d'herbe mensuelles (Jouven *et al.*, 2006). La production ainsi définie peut être utilisée totalement (consommation ou récolte) ou reportée au mois suivant auquel cas elle est amputée d'un coefficient qui prend en compte l'abscission de la biomasse desséchée.

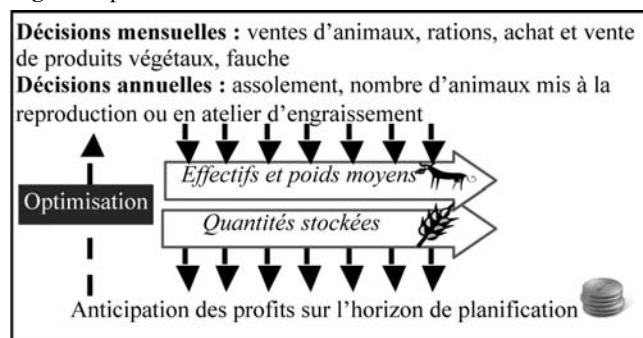
1.2. LES RECETTES ET LES CHARGES

Les revenus réalisés l'année t sont estimés par le biais du profit net (Π_t) qui correspond à la différence entre les produits annuels (ventes et aides de la politique agricole commune) et les charges (coûts variables et fixes). Les prix de ventes des animaux prennent en compte les différentiels de prix selon l'âge et le type d'animal. On suppose par ailleurs que les prix de vente sont 20 % inférieurs aux prix d'achats du fait des coûts de transaction et de transport.

1.3. LE PROBLEME DECISIONNEL

Selon la théorie économique, les éleveurs prennent leurs décisions de façon à optimiser une fonction *objectif* Z sur un horizon de planification donné (figure 1).

Figure 1: processus décisionnel



L'objectif est ici de maximiser une fonction qui prend en compte le niveau des profits réalisés et leur distribution dans le temps sur une période de cinq ans. Nous supposons que l'éleveur préfère des revenus réguliers dans le temps et des revenus proches :

$$Z = \sum_{t=1}^T \left(\frac{1}{1+r} \times \frac{1}{1-\alpha} \Pi_t^{1-\alpha} \right) + \frac{1}{1+r} \times \frac{1}{1-\alpha} VS^{1-\alpha}$$

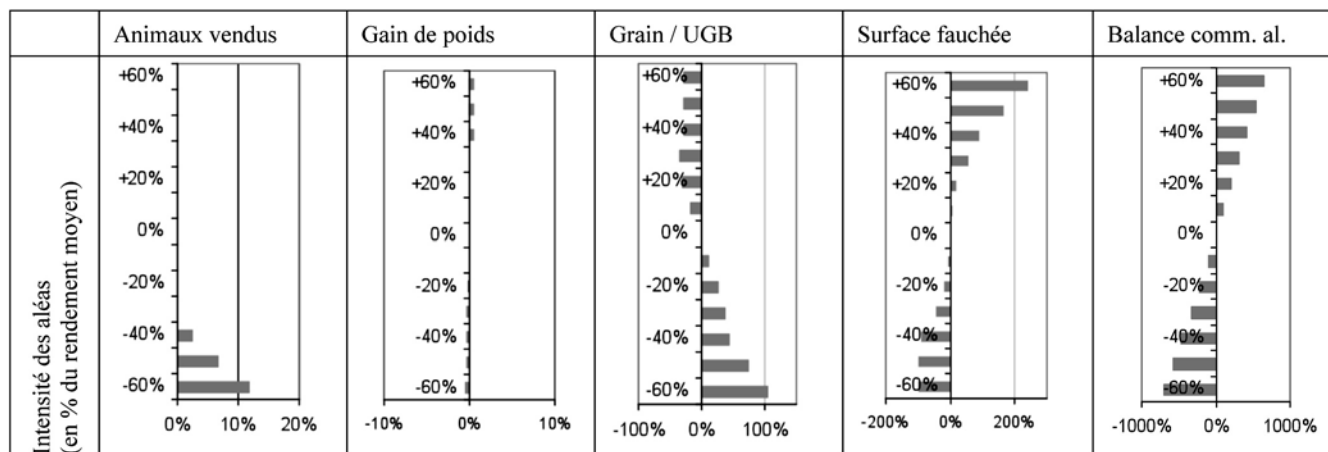
Où, r est le taux d'escompte, $1/\alpha$ l'élasticité de substitution inter-temporel et VS le différentiel entre la valeur des stocks à la fin et au début de l'horizon de planification

Par ailleurs, nous faisons l'hypothèse que l'éleveur anticipe des années climatiques 'moyennes' mais qu'il peut réviser ses décisions lorsqu'il acquiert de nouvelles informations quant à la production réelle. Ceci est représenté au moyen d'une suite récursive d'optimisations. Le modèle est réinitialisé chaque mois en introduisant les rendements réels. Une séquence de n années est ainsi simulée.

1.4. CONTRAINTES STRUCTURELLES

Les choix des éleveurs sont limités par des contraintes structurelles. L'ensemble des surfaces allouées aux différentes cultures doit ainsi être égale à la surface agricole utile (SAU) de l'exploitation et la surface en prairies permanentes à celle de la surface toujours en herbe (STH).

Figure 2 : Variation des indicateurs entre l'année de l'aléa de rendement et l'année de référence (en %)



Les contraintes de travail et de bâtiments sont construites à partir des hypothèses formulées par Veysset *et al.* (2005). Une unité gros bovin (UGB) est considérée comme étant équivalente en temps de travail à deux hectares de céréales. Les principales contraintes relatives à la capacité des bâtiments concernent le nombre maximal de vêlages qui peut être effectué à l'intérieur et les quantités de produits végétaux pouvant être stockées.

2. APPLICATION

2.1. PARAMETRAGE ET SORTIES DU MODELE A L'EQUILIBRE

Un panel de vingt-cinq exploitations produisant principalement des taurillons gras sur la période 2000-2006 a été extrait de la base de données de l'unité d'économie de l'élevage de l'INRA de Theix. Ce type d'exploitation, bien qu'il ne soit pas le plus caractéristique de la zone, nous a paru intéressant dans la mesure où les cycles de production des animaux sont plus longs et autorisent donc une plus grande flexibilité au niveau du type d'animaux vendus (ils peuvent vendre aussi du maigre). Le modèle a été paramétré afin que les caractéristiques structurelles (150 ha de SAU, 81 ha de STH, 12 ha de maïs max., 95 vêlages max.), les prix des intrants, des produits vendus et des charges diverses, les rendements moyens des céréales et les caractéristiques des animaux (charolais) soient proches de ceux observés dans ces exploitations. La simulation d'une succession d'années moyennes tant du point de vue des rendements (moyenne 1990-2006) que des prix (moyenne 2000-2006) sous le régime PAC de 2004, donne un état stationnaire caractérisé par :

Tableau 1 : principales sorties du modèle à l'équilibre

Ha de prairies	Ha de maïs	Ha de céréales	chargement	Animaux vendus	profit Net
108	12	30	1,36	100 %	40k€

2.2. SCENARIOS

Treize simulations sont effectuées sur n années (n suffisamment grand pour que le système retourne à l'équilibre). Un aléa sur les rendements moyens des productions végétales (fourrage et céréales) est introduit à la troisième année ($n3$) de chaque simulation : les rendements sont modifiés de -60 % à +60 % par rapport à leur niveau moyen, de façon uniforme sur l'année. Les rendements des autres années sont supposés 'moyens'. Les prix utilisés correspondent à la moyenne 2000-20006 et la PAC est celle de 2004 (cette étude n'est pas prospective).

2.3. RESULTATS

2.3.1. Ajustement des décisions l'année de l'aléa

Cinq indicateurs sont calculés pour apprécier les ajustements de gestion de la production en $n3$. Ils correspondent aux taux de variation entre $n3$ et l'année de référence (état stationnaire) des variables suivantes :

Tableau 2 : caractéristiques des indicateurs utilisés

Nom	défini par :
Animaux vendus	Nombre d'animaux vendus* poids
Grain / UGB	Kg de concentré par an et par UGB
Gain de poids	Somme des GMQ réalisés par l'ensemble des animaux sur l'année
Surfaces fauchées	Nombre de coupe* ha fauchés
Balance commercial en aliment	vente - achat de foin, grain et paille

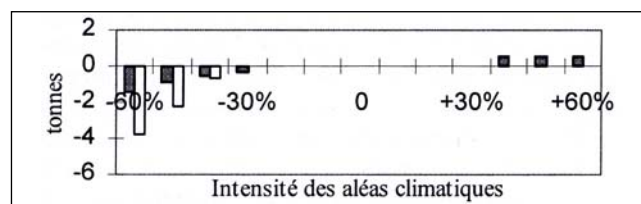
Pour des aléas dont l'intensité est comprise entre +/- 30 % des rendements moyens, les quantités vendues sont maintenues. Ce sont les achats et ventes de produits végétaux, les surfaces de foin récoltées et la composition des rations (en modifiant la part des concentrés) qui permettent de tamponner les variations de rendements (figure 2). Les gains de poids des animaux varient peu et se limitent aux multipares. Lorsque ces aléas sont en deçà de -30 %, des ventes anticipées de jeunes génisses ont lieu.

2.3.2. Evolution de la production de viande

La production de viande (figure 3) est peu améliorée lorsque la conjoncture est favorable, probablement parce qu'à l'équilibre les animaux sont déjà vendus au poids maximal autorisé. Pour des chocs négatifs, on observe des baisses de production pour l'année $n3$ à partir d'aléas inférieurs à -30 % (ventes forcées).

Figure 3 : évolution de la production de viande.

Les bâtons noir et gris représentent resp. le différentiel de production entre $n3$ et l'année de référence, et, le différentiel cumulé entre les séquences sans et avec aléa



2.3.3. Evolution des revenus

Plus l'intensité de l'aléa est importante, plus le profit net s'éloigne de sa valeur d'équilibre en $n3$ et plus le temps nécessaire pour retourner à cet équilibre augmente (figure 4). Par ailleurs, les gains supplémentaires réalisés lors des bonnes

années ne compensent pas totalement les pertes accumulées lors des mauvaises, surtout lorsque les aléas deviennent important (figure 5).

Figure 4 : évolution des profits nets au cours du temps en fonction de l'intensité de l'aléa de rendement réalisé en n_3

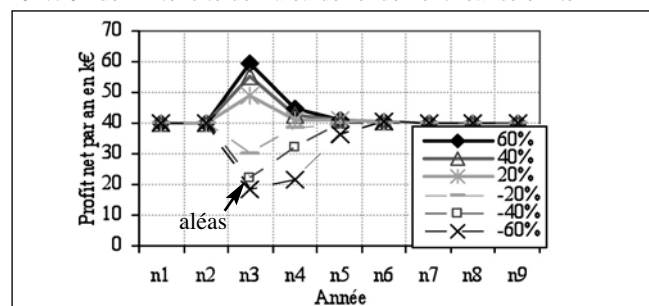
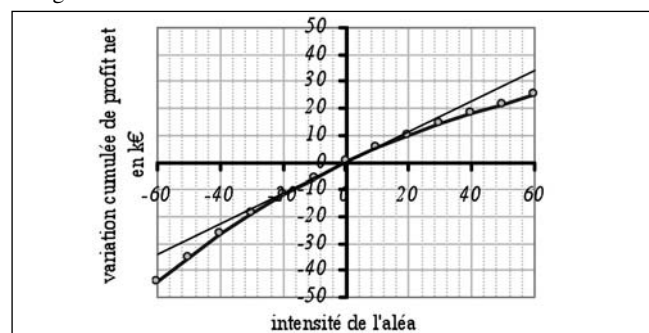


Figure 5 : pertes et gains totaux de profit net en fonction de l'intensité de l'aléa.

Les cercles représentent le différentiel de profit entre des séquences sans et avec aléa. La droite est la tangente à la courbe à l'origine.



3. DISCUSSION

3.1. OPTIMALITE DES AJUSTEMENTS

Cette application montre la progressive mobilisation des différentes sources d'ajustement de l'exploitation en fonction de l'intensité de l'aléa. Globalement, une modification de la gestion des ressources alimentaires est ici préférée à une variation des ventes d'animaux. Cela rejoint en partie les observations faites par Veysset *et al.* (2006) suite à la sécheresse de 2003. Cependant, il faut tenir compte du fait que le modèle ne peut guère augmenter sa production de viande en cas d'années favorables étant données que les bornes supérieures de travail, de nombre de vêlage et de poids des animaux sont quasiment atteintes à l'équilibre. De plus, les risques ne sont pas anticipés. Avec des stocks de sécurité, l'impact d'aléas modérés serait probablement moindre.

Par ailleurs, ces ajustements ne sont optimaux que par rapport au contexte considéré. Une modification des prix, de la PAC, ou du type d'exploitation peut en effet changer les avantages relatifs d'un type d'ajustement par rapport à un autre. Un marché des aliments ou de la viande bovine plus difficile engendrerait ainsi des ventes forcées d'animaux plus importantes. Une PAC subventionnant moins les animaux gras favorise également la vente d'animaux plus jeune en période de pénurie alimentaire.

3.2. CAPACITE DES EXPLOITATIONS A FAIRE FACE AUX ALEAS CLIMATIQUES

L'application proposée permet d'apprécier la sensibilité des profits aux aléas de rendement des cultures. Si les profits

sont significativement affectés par ces aléas (une baisse de 20 % des rendements entraîne une diminution des profits nets cumulés sur les années suivant l'aléa de 25 %, figure 5), ils reviennent à l'équilibre après quelques années (figure 4). En réalité, la capacité des éleveurs à supporter ces crises dépend des besoins incompressibles de la famille (Alary, 2000), de la capacité des éleveurs à contracter des emprunts et à les rembourser et de la présence d'une épargne de sécurité. Elle peut également être affectée par la succession et de la combinaison de différents types d'aléas (Sabates-Wheeler et Haddad, 2005). Enfin, afin d'analyser la vulnérabilité des exploitations aux aléas (ou la probabilité de faillite), il serait nécessaire de prendre en compte les probabilités d'occurrence des différents chocs climatiques pour estimer leur exposition aux risques.

CONCLUSION

Le modèle développé simule pour une exploitation de bovins allaitants quels sont les ajustements optimaux au niveau de la gestion du troupeau et des ressources végétales à mobiliser pour faire face aux aléas de rendement des cultures. Selon l'intensité des aléas différents leviers sont utilisés. La gestion des ressources végétales est cependant préférentiellement modifiée dans le but de maintenir les ventes animales. Un découplage des primes et un marché plus difficile pourraient cependant faire pencher la balance vers davantage de ventes forcées. Les profits sont très significativement affectés par ces chocs climatiques. Les gains de profit accumulés les bonnes années ne compensent pas totalement les pertes, si bien que l'on peut craindre une fragilisation des exploitations si la fréquence événements extrêmes augmente. Afin d'étudier plus précisément les conséquences que pourraient avoir le changement climatique, nous allons intégrer les mécanismes d'anticipation des risques.

Alary V. 2000. Les cacaoculteurs camerounais face au risque, (eds) L'Harmattan

Blanc F., Bocquier F., Agabriel J., Dhour P., Chilliard Y., 2006. *Anim. Res.* 55 (6), 489-510

Boyer P. 2008. Notes et Etudes Econ. 30, 7-32

Garcia F., Agabriel J., 2008. *J. of Agr. Sc.*, in press

Gateau C., Novak S., Kockmann F., Ruget F., Granger S., 2006. *Fourr.*, 186, 257-269

Hoch T., Begon C., Cassar-Malek I., Picard B., Savary-Auzeloux I. 2003. *INRA Prod. Anim.* 16 : 49-59

INRA, 2007. Alimentation des bovins, ovins et caprins, (eds) QUAE

Jacquet F., Pluvinage J., 1997. *Agr. Syst.* 53, 387-407

Jouven M., Carrère P., Baumont R., 2006. *Grass and For. Sc.*, 61: 125-133

Kingwell R.S., Pannel D.J., Robinson S.D., 1993. *Agr. Econ.*, 8, 211-22

Kobayashi M., Howitt R.E., Jarvis L.S., Laca, E.A., 2007. *Amer. J. Agr. Econ.* 89 (3), 205-817

Lambert D.K. 1989. *West. J. of Agr. Econ.* 14(1) 9-19

Mosnier C., Agabriel J. Lherm M., Reynaud A., 2008. Acte du 12^{ème} congrès de l'EAAE, Gand, août 2008

Veysset P., Bebin D., Lherm M., 2005. *Agr. Syst.*, 83, 179-202

Veysset, 2007. Actes des journées AFPP mars 2007, Paris

Sabates-Wheeler, R., Haddad, L. 2005. <http://www.oecd.org/dataoecd/33/60/36570676.pdf>