

Les exploitations d'élevage de bovins diminueront-elles leurs émissions de gaz à effet de serre à l'horizon 2035 ?

MOSNIER C. (1), DUCLOS A. (1), LHERM M. (1), LELYON B. (2), AGABRIEL J. (1), GAC A. (2).

(1) INRA, UMR 1213 Herbivore, F-63122 Saint-Genès Champanelle, cmosnier@clermont.inra.fr

(2) Institut de l'élevage – Monvoisin - 35652 Le Rheu cedex

RESUME

La France s'est donnée pour objectif de réduire ses émissions de gaz à effet de serre (GES), notamment d'origine agricole. Cette étude analyse l'effet d'éléments structurants (techniques, politiques) au travers de scénarios prospectifs (horizon 2035) sur l'évolution de quatre exploitations types bovines laitières ou allaitantes, grâce à des simulations réalisées à partir du modèle bioéconomique « Orfée ». Les résultats montrent ainsi que 1) dans la majorité des scénarios les fermes laitières seraient susceptibles d'augmenter leur production par hectare alors que les fermes allaitantes auraient tendance à la réduire surtout si les prairies permanentes peuvent être cultivées, 2) les émissions de GES par kg de lait et de viande seraient réduites grâce notamment à l'augmentation des rendements laitiers, à des premiers vêlages plus précoces et à l'introduction de légumineuses et 3) les scénarios les plus efficaces pour réduire les GES au niveau des exploitations agricoles sont, selon le type d'exploitation, une politique contraignante pour réduire les GES (simulée par l'introduction d'une taxe carbone) ou la production à bas niveau d'intrants (simulée par le passage à l'agriculture biologique). Ces deux scénarios induisent néanmoins une baisse de production et des revenus au niveau de l'exploitation.

Will French beef and dairy farms reduce their greenhouse gaz emissions by 2035?

MOSNIER C. (1), DUCLOS A. (1), LHERM M. (1), LELYON B. (2), AGABRIEL J. (1), GAC A. (2).

(1) INRA, UMR 1213 Herbivore, F-63122 Saint-Genès Champanelle, cmosnier@clermont.inra.fr

SUMMARY

The French agricultural sector is called upon to reduce its greenhouse gas (GHG) emissions by 12% by 2028. The Gesebov project assesses whether this mitigation objective is achievable for the bovine sector under different scenarios. These scenarios were evaluated both at national and farm levels. This paper evaluates the impacts of the main drivers of these scenarios (technologies, policies) on the evolution of French suckler cow and dairy cow farms using simulations performed with the bioeconomic model « Orfee » ». The main results are that 1) dairy farms are likely to increase their production per hectare while suckler cow farms would reduce it, above all if grasslands can be ploughed, 2) gross GHG emissions per unit of milk and meat would be reduced thanks namely to an increase in milk yield, younger age at first calving and legume fodders and 3) the most favorable scenarios to reduce GHG emissions at the farm level involves the development of low input organic farming and the introduction of a tax on GHG emissions. Those scenarios decrease nonetheless bovine productions and farm revenues.

INTRODUCTION

Les pays participants à la Conférence de Paris sur le climat en 2015 se sont accordés sur la nécessité de limiter le réchauffement climatique à 2°C. La stratégie bas-carbone de la France vise une réduction des émissions de Gaz à Effet de Serre (GES) d'origine agricole de 12% en 2028 par rapport à 2013 et de 50% entre 1990 et 2050 (Décret n° 2015-1491). Avec une population de 19 millions de bovins, présents dans près d'une exploitation sur deux, l'élevage bovin est le principal contributeur (60%) du secteur agricole.

L'évolution de ce secteur dans les 20 prochaines années est donc cruciale pour atteindre les objectifs fixés. Cette évolution va dépendre de nombreux facteurs, parmi lesquels figurent la demande mondiale, l'évolution des technologies de production, les politiques publiques, l'organisation des filières, le changement climatique, etc. La définition de scénarios cohérents, plausibles et contrastés est une approche largement utilisée pour explorer des futurs incertains (Mandryk *et al*, 2012). Dans le projet Gesebov, quatre scénarios principaux ont été choisis pour projeter l'élevage bovin français en 2035 et quantifier les émissions de GES associées ; ils diffèrent notamment par les volumes produits, les performances et le niveau d'intensification (Gac *et al*, 2016)

L'objectif de cet article est d'évaluer les impacts de ces scénarios sur la production, le revenu et de les émissions de GES à l'échelle d'exploitations bovines types.

Les simulations sont réalisées avec le modèle bioéconomique Orfée développé à cette fin puis appliqué à quatre cas types laitiers ou allaitants français, avec ou sans cultures annuelles.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1 DESCRIPTION DU MODELE BIOECONOMIQUE

Le modèle Orfée est un modèle d'optimisation bioéconomique développé sous Gams (Mosnier *et al*, 2015). Il combine un modèle de production qui simule la production animale et végétale de l'exploitation bovine et ses résultats économiques en régime de croisière, un modèle de calcul des émissions de GES (avec ou sans stockage de carbone) et un modèle de décision s'appuyant sur l'optimisation économique. Orfée cherche à optimiser le profit de l'exploitation, sous un ensemble de contraintes et en ayant à disposition un ensemble de choix techniques possibles. Le profit net est égal aux recettes animales et végétales plus les aides moins les charges opérationnelles et de structure, les amortissements et le coût du travail d'astreinte et de saison. Les activités productives ont été déclinées selon plusieurs modalités influençant potentiellement les émissions de GES. Ainsi, différents niveaux de production par animal sont possibles en fonction de l'âge au vêlage, du rendement laitier, de la durée de finition des animaux, du type de race. Différentes périodes de vêlage sont proposées. Il est possible d'introduire des cultures améliorant l'autonomie protéique de l'exploitation et d'opter pour des itinéraires culturaux économes en intrants. Les décisions du modèle (sortie) permettant de maximiser le profit net concernent la gestion des cultures et de la surface fourragère, l'alimentation et la production animales, les bâtiments et matériels de production.

L'impact sur le changement climatique est calculé en couplant la sortie du modèle de production à une Analyse Cycle de Vie en considérant les trois gaz à effet de serre

Tableau 1: Caractéristiques des scénarios 2035 à l'échelle nationale (par rapport à la situation 2010)

		S1	S2	S3	S4
Contexte		Croissance économique faible	Fin de la crise économique	Respect de l'environnement	de Politique forte sur les GES
Consommation totale française (moyenne lait et viande)		Poursuite de la baisse (-7%)	Augmentation (+2%)	Repli sur produits de qualité (-17%)	Forte baisse (-26%)
Export	lait	+ 104%	+ 163%	- 18%	- 45%
	viande	+ 20%	+ 83%	- 9%	- 43%
Production nationale	lait	+ 36%	+ 60%	- 7%	- 21%
	viande ^a	- 1%	+22%	- 8%	- 26%
Systèmes de production	Concentration géo.	+	++	--	=
	Agrandissement	+	++	--	-
	Mécanisation	+	++	-	+
	Production/UGB	+	++	--	-/+

^a Viande bovine issue du troupeau laitier et du troupeau allaitant

(CH₄, N₂O et CO₂), agrégés et exprimés en équivalent CO₂ (eq. CO₂) selon leur pouvoir réchauffant (IPCC, 2006). Les émissions entériques des animaux sont calculées d'après Sauvant *et al.* (2011) de façon à prendre en compte la composition de la ration. Les estimations des émissions directes de N₂O et de CH₄ émanant de la gestion des déjections et des sols se basent sur l'IPCC. Les émissions indirectes de N₂O sont estimées à partir du bilan azoté réalisé à l'échelle de l'exploitation (Simon & Le Corre 1992). Le référentiel Dia'terre (Version 4.51, Ademe 2014) a été utilisé pour le calcul des émissions lié aux intrants (en eq. CO₂). Des émissions brutes est retranché le carbone séquestré dans les sols (Dollé *et al.* 2013) pour obtenir l'indicateur « changement climatique net ». L'allocation biophysique des impacts entre le lait et la viande est réalisée selon la méthode AGRIBALYSE® (Koch & Salou 2014).

1.2. CAS TYPES MOBILISES

Quatre cas types illustrant la diversité des systèmes de production français (tableau 1) ont été sélectionnés parmi le référentiel Inosys-Réseaux d'élevage (Charroin *et al.*, 2005). Ils croisent l'orientation de production (lait ou viande) avec la présence de cultures annuelles. La ferme spécialisée dans la production viande à partir d'herbe (VA_Herbe) est une exploitation de type « naisseur » du Cantal (Réf BV10). La ferme VA_Cult est de type « naisseur-engraisseur » dans le bassin Charolais (Réf 31060). La ferme laitière avec 100% de prairie permanente (VL_Herbe) correspond au cas type 2 de Normandie. La ferme laitière avec cultures annuelles (VL_Cult) se situe dans les Pays de la Loire (Réf 2B).

Tableau 2 : Caractéristiques des cas types étudiés

	VA Herbe	VA Cult	VL Herbe	VL Cult
Main d'œuvre	1.5 UMO	2 UMO	1.5 UMO	1.7 UMO
UGB	86	251	63	73
Kg viande vive/UGB	309	384	Na	na
Race	<i>Saler et croisé</i>	Charolais	Normande	holstein
type de produit	Vache, broutard	Vache, génisse, taurillon	Vache, génisse, Veau 8j	Vache, Veau 8j
Quota lait (t)			200	390
Lait (t/VL)			5,7	7,8
UGB/SFP	1,0	1,4	1,1	1,5
Céréale (ha)	0	67	0	11
Oléag. (ha)	0	35	0	0
Maïs Ens. (ha)	0	10	0	13
Prairie T. (ha)	87	42	55	0
Prairie P. (ha)	0	126	0	37
Aides (k€)	44	103	15	21
Revenu (k€)	21	104	17	46

1.3. LES SCÉNARIOS PROSPECTIFS

Deux types de scénarios ont été développés pour 2035. Un scénario tendanciel (**S1**), considéré comme le plus probable en 2014, a été élaboré en considérant les tendances passées et les évolutions anticipées des technologies et des marchés

pour 2020 (Idele 2014) et en le prolongeant en 2035. Des scénarios alternatifs, plausibles et contrastés ont été construits par des groupes d'experts (description qualitative et chiffrage national). Leurs principales caractéristiques sont présentées dans le tableau 2. Pour les simulations avec Orfée, les principaux leviers de changements technologiques et socio-économiques ont été sélectionnés afin de tester leurs effets à l'échelle de l'exploitation (tableau 3).

La situation de référence (2010) est simulée dans le scénario **B0**. Pour **S1**, un ensemble d'avancées techniques est proposé et peut être choisi par le modèle. Les autres scénarios reprennent les hypothèses du S1. L'effet du doublement de la productivité du travail est testé en plus dans **S2**. Ce scénario envisage en effet une forte restructuration des exploitations. **S3** projette le développement d'une production de qualité valorisant plus l'herbe et économisant les intrants. Pour les simulations, c'est la production en agriculture biologique (AB) avec une part faible d'aliments concentrés dans les rations qui est testée (<10% de la matière sèche ingérée). **S4** suppose une politique volontariste de l'Etat pour diminuer les GES. Nous simulons une taxe de 40€/t eq CO₂ (De Cara et Jayet, 2011). Dans les simulations, la taille du troupeau, l'alimentation et l'assolement peuvent être adaptés. Les types d'animaux produits peuvent être modifiés seulement à la marge afin que les fermes restent dans leur système initiale 'naisseur', 'naisseur-engraisseur' et 'production laitière'.

Tableau 3 : Résumé des hypothèses utilisées pour les simulations

B0	Prix : Moy. 2008-2013 (lait=335€/t, vache charolais=3,5€/kg carcasse, blé=187€/t).
S1	Fin des quotas. Pas de PAC
Prix	Prix : B0, sauf pour carburant et fertilisant= Moy. 2008-2013 x1.4
Nouvelles techniques possibles	Rendement laitier +30% ; -3 mois d'âge au 1er vêlage ; période de vêlage libre ; légumineuses ; efficacité de la fertilisation (+10%)
S2	S1 + Productivité du travail x 2
S3	S1 + Agriculture biologique ^a avec max 10% de concentré
S4	S1 + Taxe carbone (40€/ t eq. CO ₂)

^a prix AB = lait standardx1,2 ; viande finie x1,15 ; céréales=x2

2. RESULTATS

2.1. EMISSIONS DE GES ET PRODUCTION A L'ECHELLE DE L'EXPLOITATION

En **S1**, la production laitière augmente : elle est multipliée par 1,5 pour VL_Cult et par 2,5 pour VL_Herbe qui remplace les vaches normandes par des holstein. Leur production de viande augmente respectivement de 24% et de 73% (augmentation du chargement). La production de viande des troupeaux allaitants diminue : -8% pour VA_Herbe, -35% pour VA_Cult qui remplace les prairies temporaires par des

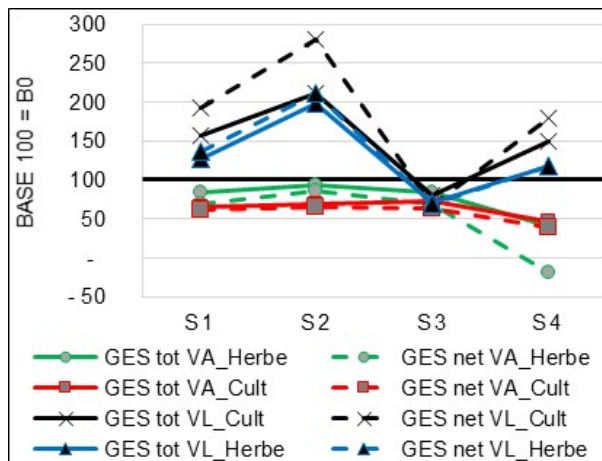


Figure 1 : Bilan GES avec (*GES net*) ou sans (*GES brut*) stockage de carbone

cultures de vente. Dans le cas de VL_Cult, les oléagineux, la luzerne, le méteil et les protéagineux augmentent aux dépens de la prairie temporaire. Les émissions de GES des exploitations augmentent, surtout pour les systèmes laitiers qui accroissent leur production (figure 1). En S2, le doublement de la productivité du travail induit une forte augmentation de la production et des GES des exploitations laitières où le travail était limitant. Les productions de viande et de GES bruts des élevages allaitants augmentent faiblement par rapport à S1 mais restent en deçà de B0. En S3, les prairies et la luzerne s'étendent et le chargement à l'hectare diminue. La production de viande dans les exploitations allaitantes est proche de la situation de B0 grâce à des prix de carcasse plus élevés en AB. Les émissions brutes diminuent en moyenne de 20% par rapport à B0 et jusqu'à 35% après prise en compte du stockage de carbone. En S4, la taxe sur les émissions de GES réduit de moitié les effectifs de vaches allaitantes ; les effectifs de vaches laitières sont comparables à B0. Les émissions totales augmentent par rapport à B0 pour les systèmes laitiers et diminuent pour les systèmes allaitants, elles sont même négatives avec la compensation carbone dans le cas de VA_Herbe (chargement animal très faible).

2.2. EFFICIENCE DES EMISSIONS DE GES ET TECHNOLOGIE DE PRODUCTION

En S1, les émissions de GES par kg de viande vive diminuent en moyenne de 11% relativement à B0. Cette baisse s'explique par un premier vêlage 3 mois plus jeune ($\approx 0,5$ kg eq CO₂/kgvv) qui permet de produire plus de viande par UGB (de +3% à +5% pour les systèmes allaitants) et par l'augmentation de format des holstein. Le vêlage de printemps, souvent retenu par le modèle (meilleure valorisation du pâturage de printemps et moindre utilisation de concentrés) contribue aussi à réduire les émissions. Une plus grande part de lisier dans les effluents de VA_Cult (25% au lieu de 0% en B0) diminue les achats de paille et la production de N₂O et de CH₄. Les émissions par kg de lait diminuent significativement en S1 (-16% en S1 pour

VL_Herbe et -10% pour VL_Cult comparativement à B0). Ces gains sont principalement obtenus par l'augmentation des rendements laitiers (8970 L/ VL pour VL Herbe soit +61% par rapport à B0 ; 9735 L/VL pour VL_Cult soit +24%). La fermentation entérique rapportée au kg de lait est ainsi réduite (-30% pour VL_Herbe, -15% pour VL_Cult) ainsi que l'azote excrété par litre de lait. Du fait de l'augmentation de la production animale par hectare (figure 2), la part des concentrés et des produits des cultures fourragères augmentent dans les rations des races laitières. En S2, les empreintes carbone sont proches de celles de S1 pour les systèmes allaitants car ils sont peu impactés par l'augmentation de la productivité du travail. En revanche, pour les systèmes laitiers, la production s'intensifie à l'hectare grâce à une augmentation de la consommation de concentrés, y compris en dehors des périodes de lactation. De ce fait, les émissions de GES allouées à la viande augmentent légèrement pour les races laitières. Celles allouées au lait diminuent du fait de l'accroissement du rendement laitier et de la réduction des émissions de méthane entérique liées à la forte proportion de concentrés.

Tableau 4: Bilan GES en kg eqCO₂ par kgvv et par kg de lait

		B0	S1	S2 +	S3	S4
VA_Herbe	Tot. brut	14.8	14.2	14.2	13.4	15.2
Viande	Tot. net	7.28	5.69	6.48	5.34	-3.23
VA_Cult.	Tot. brut	15.0	13.4	13.6	12.9	13.2
Viande	Tot. net	12.2	10.1	10.4	9.1	8.8
VL_Herbe	Tot. brut	11.8	9.13	9.97	10.5	8.88
Viande	Tot. net	7.31	6.91	8.17	5.51	6.61
VL_Cult	Tot. brut	9.26	8.46	8.67	8.04	8.15
Viande	Tot. net	8.52	8.34	8.50	7.20	7.48
VL_Herbe	Tot. brut	0.89	0.75	0.73	0.72	0.75
Lait	Tot. net	0.55	0.57	0.60	0.38	0.56
VL_Cult	Tot. brut	0.73	0.66	0.65	0.73	0.65
Lait	Tot. net	0.68	0.65	0.64	0.65	0.60

En S3, les rations sont modifiées (figure 2) et influent directement sur les émissions de méthane entérique. L'introduction d'ensilage d'herbe réduit légèrement le CH₄ entérique pour VA_Herbe. La substitution partielle d'aliments concentrés par du fourrage vert et de la luzerne l'augmente pour VA_Cult et VL_Cult. La réduction des rendements laitiers (autour de 6000 l/VL) contribue aussi à cette augmentation par kg de lait. Toutefois, la moindre consommation de concentrés et d'achat de fertilisants permet de réduire les émissions indirectes de CO₂. Les émissions par unité de produit sont ainsi plus faibles qu'en S1 et S2 (sauf pour VL_Cult). En S4, la production bovin viande par hectare baisse drastiquement. Pour VA_Herbe, le niveau de chargement (0,5 UGB/ha) est même probablement trop faible pour éviter l'enfrichement. Les émissions totales par kg se détériorent car les broutards sont vendus plus jeunes et moins lourds. Le stockage de carbone excède les émissions des bovins. Pour les autres systèmes, on observe des rations avec plus d'herbe et de luzerne et des niveaux de chargement plus faibles. Les émissions par kg sont dans la plupart des cas inférieures à S1 et S2.

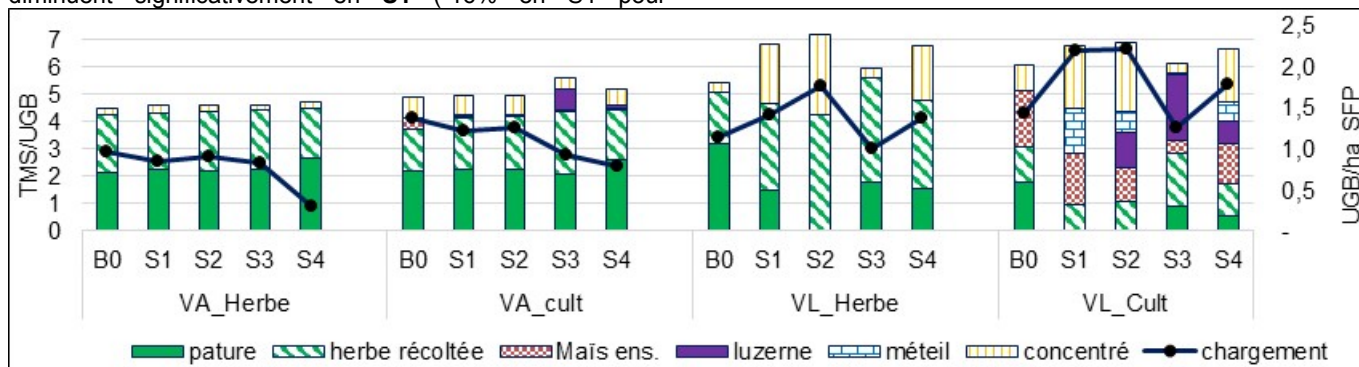
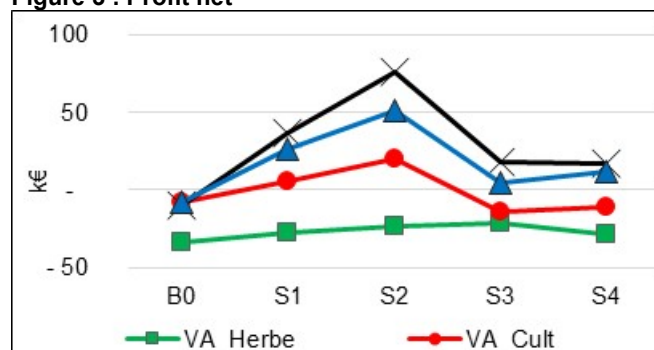


Figure 2 : Alimentation du troupeau (tMS/UGB) et chargement

2.3. RÉSULTATS ECONOMIQUES

Le profit net (voir section 1.1) est analysé sans les aides publiques exceptée la taxe carbone (figure 3). Dans ces scénarios ce sont les fermes laitières et celles avec des cultures annuelles qui ont le plus de capacité à augmenter leur revenu dans un contexte libéral (**S1** et surtout **S2**). Les revenus en **S3** et **S4** sont inférieurs à **S1** à cause de la baisse de la production (S3) et de la taxe carbone en S4 (15k€ par ferme en moyenne).

Figure 3 : Profit net



3. VALIDITE DES SIMULATIONS

La validité du modèle de simulation est appréciée par sa capacité à reproduire les processus de production et les décisions des éleveurs dans différents contextes. La validation du modèle s'est faite en deux temps. Tout d'abord, l'assolement, le troupeau et les bâtiments ont été fixés pour vérifier la démographie, la production et l'alimentation du troupeau, la production et fertilisation des cultures, les résultats économiques, le travail et les émissions de GES (comparaison aux cas type Inosys et expertise). Ensuite, les activités ont toutes été optimisées pour maximiser le profit net pour l'année de référence. Les résultats sont conformes aux cas types mis à part une moindre production de viande pour les systèmes allaitants et un chargement supérieur pour VL_Cult (1,7 au lieu de 1,5 UGB/ha). Concernant les estimations de GES par unité de produit, les valeurs varient beaucoup d'une étude à l'autre (Crosson *et al.*, 2011) en raison de la variété des systèmes étudiés, des méthodes de calcul et d'allocation des GES. Si les valeurs simulées pour les élevages allaitants correspondent aux valeurs habituellement calculées, les émissions par kg de lait sont relativement basses (entre 0,7 et 0,9 kg eq CO₂/kg de lait). Ceci s'explique par la méthode d'allocation qui attribue les impacts des génisses à la production de viande et par le calcul du méthane entérique qui produit des valeurs légèrement inférieures à celles de l'IPCC pour des animaux avec un fort niveau d'ingestion par unité de production.

4. DISCUSSION ET CONCLUSION

Les principaux objectifs de cette étude étaient de simuler comment les systèmes bovin lait et viande produiraient dans différents futurs contrastés et d'estimer si ces scénarios seraient compatibles avec les objectifs de mitigation du changement climatique.

Les résultats montrent tout d'abord que **les principaux moteurs de changements des scénarios ont bien les effets escomptés sur les volumes produits par les fermes. Ainsi, l'absence de quotas laitiers et l'augmentation des rendements laitiers sont susceptibles d'augmenter la production des fermes laitières alors que la stagnation des prix et l'absence d'aides couplées tendent à réduire la production des fermes allaitantes en dépit des progrès technologiques supposés.** Ils complètent le bilan réalisé à l'échelle nationale, notamment en mettant en évidence l'hétérogénéité des réponses entre fermes et en proposant des résultats économiques. Ces analyses ont cependant été faites sans

aide de la PAC et sont sensibles aux prix qui sont très incertains à l'horizon 2035.

Ensuite, il apparaît que **les émissions par kg de lait et viande pourraient être réduites d'environ 10%** alors même que tous les leviers de mitigation n'ont pas été introduits dans cette étude. Une question est alors pourquoi certaines techniques ne sont-elles pas adoptées dès aujourd'hui alors qu'elles sont d'ores et déjà possibles? Concernant l'âge au premier vêlage, la principale explication semble être l'organisation du travail, les éleveurs préférant des vêlages groupés et voulant s'assurer un bon taux de réussite de la reproduction (surtout en allaitant). On peut imaginer que dans le futur, la sélection d'animaux plus précoces, la mise en pension des génisses et les nouvelles technologies de l'information permettront d'avancer rentablement l'âge au premier vêlage. Pour les légumineuses, de plus en plus de recherches et de politiques incitatives sont menées ce qui pourrait permettre de mieux maîtriser les techniques culturales et la qualité des fourrages.

Enfin, **les mesures induisant les plus fortes réductions de GES à l'échelle des exploitations sont l'introduction d'une taxe carbone ou la production en agriculture biologique avec peu de concentrés. Ces scénarios s'accompagnent néanmoins d'une baisse de la production animale par hectare et par animal (surtout si les concentrés sont limités) et d'une baisse de revenu par rapport à des scénarios plus libéraux (en supposant que des prix de ventes équivalents à la situation actuelle).** Les réductions de GES permises par une réduction de la production française de viande bovine peuvent néanmoins être contrebalancées par une augmentation de la production bovine ou d'aliments de substitution dans d'autres lieux ou par d'autres catégories d'impacts environnementaux. De plus, des baisses de production peuvent engendrer une augmentation des prix et limiter les pertes de revenu des éleveurs.

Il faut également rappeler que ces travaux sont une illustration de ce que pourrait induire des scénarios prospectifs sur les exploitations. Les exploitations françaises sont bien plus diverses que ces cas types, que ce soit en termes de conditions pédoclimatiques, économiques, d'efficacité technique, de trajectoires passées ou de stratégie pour l'avenir.

Les auteurs remercient l'Ademe pour le cofinancement de ce projet, M. Eugène pour avoir vérifié les émissions de méthane entérique, les experts qui ont participé au projet, Inosys Réseaux d'Élevage et l'INRA-Umrh pour les références technico-économiques produites.

Ademe 2010 Guide la méthode complet Dia'terre. Version 1.0. ADEME. Paris 523

Charroin T., Palazon R., Madeline Y., Guillaumin A., Tchakerian E., 2005. Renc. Rech. Rum 12, 335-338

Crosson P., Shalloo L., O'Brien D., Lanigan GJ., Foley PA., Boland TM., Kenny DA., 2011. Animal Feed Science and Technology 166-167, 29-45

De Cara S., Jayet PA., 2011. Ecol. Econ. 70, 1680-1690

Dolle JB, Faverdin P, Agabriel J, Sauvant D, Klumpp K, 2013 Fourrages 215, 181-191

Gac A., Chambaut H., Perrot C., Lorilloux A., Mosnier C., Dolle JB, 2016, colloque Sfer, Clermont-Ferrand

IDELE, 2014. Quelle production française de viande bovine à l'horizon 2020 ? Dossier Economie de l'Élevage n°450. 24 p

Mandryk M., Reidsma P., van Ittersum M.K., 2012. Landscape Ecology 27, 509-527

Koch P. et Salou T., 2015. AGRIBALYSE®: Rapport Méthodologique – Version 1.2. Ed ADEME, Angers. 393 p.

Mosnier C., Duclos A., Lherm M., Lelyon B., Agabriel J., Gac A., 2015. Renc. Rech. Rum 22, 89

Sauvant, D., Giger-Reverdin, S., Serment, A., Broudicou, 2011. Production Animale 10, 755-770

Simon JC, Le Corre L., 1992. Fourrages. 129,:79-9