

Consommations d'énergie et émissions de gaz à effet de serre en élevage bovin allaitant. Analyses et perspectives économiques

P. Veysset¹, J. Belvèze², D. Bébin¹, J. Devun³

Dans le contexte actuel (hausse du prix de l'énergie et de certains intrants, changement climatique), les éleveurs doivent adapter leur système de production s'ils veulent préserver leur revenu. Il devient donc nécessaire d'associer évaluation environnementale et évaluation économique pour les exploitations agricoles.

RÉSUMÉ

Des travaux ont évalué la consommation d'énergie non renouvelable et la contribution aux émissions de gaz à effet de serre dans 84 exploitations spécialisées en bovins viande de la zone herbagère du Charolais. Une analyse prospective (environnementale et économique) de 4 systèmes de production montre que la variabilité des consommations d'énergie est beaucoup plus importante à l'intérieur d'un système qu'entre systèmes. Des leviers existent pour réduire l'empreinte environnementale des systèmes en place, principalement au niveau des pratiques. La production de viande bovine est relativement consommatrice d'énergie, mais d'autres éléments sont à prendre en compte : stockage du carbone, biodiversité, occupation du territoire, valorisation de l'herbe...

MOTS CLÉS

Analyse économique, analyse énergétique, environnement, exploitation agricole, Massif central, prairies, pratiques des agriculteurs, production de viande, simulation, système de production, système fourrager, vache allaitante.

KEY-WORDS

Economical analysis, energy analysis, environment, farm, farmers' practices, forage system, grassland, Massif central, meat production, production system, simulation, suckler cow.

AUTEURS

1 : INRA Clermont-Ferrand - Theix, Unité de Recherches sur les Herbivores, UR1213, F-63122 Saint-Genès-Champanelle ; veysset@clermont.inra.fr

2 : Institut de l'Élevage, Service Actions Régionales Sud-Ouest, BP 42118, F-31321 Castanet-Tolosan ; julien.belveze@inst-elevage.asso.fr

3 : Institut de l'Élevage, Service Fourrages et conduite des troupeaux allaitants, 9, allée Pierre Fermat, F-63170 Aubière ; jean.devun@inst-elevage.asso.fr

L'élevage d'herbivores joue un rôle primordial pour le développement de zones défavorisées où l'herbe occupe, en moyenne, plus de 80% de la surface agricole. Cependant, le changement climatique étant maintenant admis par tous (SEGUIN et SOUSSANA, 2006), l'élevage bovin a récemment été mis en cause, au niveau international, quant à sa contribution au réchauffement climatique (FAO, 2006) par les émissions de gaz à effet de serre (GES) dont il est responsable.

Le récent contexte économique mondial, avec de fortes hausses du prix de l'énergie et de certains produits agricoles, a de fortes répercussions sur l'économie des exploitations d'élevage. Dans ce contexte, les éleveurs doivent adapter leur système de production s'ils veulent préserver leur revenu, tout en proposant des produits adaptés aux besoins du marché et à la demande sociétale en matière de préservation de l'environnement. **On ne peut donc pas dissocier l'évaluation environnementale et économique des exploitations agricoles.** Le premier objectif de cette étude est d'**identifier la variabilité des consommations d'énergie non renouvelable (ENR) entre exploitations d'élevage spécialisées bovin allaitant et les moyens d'actions des éleveurs pour réduire cette consommation.** Ce travail s'inscrit dans une démarche nationale de création d'outils de diagnostic-conseil, pilotée par l'ADEME. Ensuite, par modélisation, nous évaluerons les consommations d'ENR et les émissions de GES de quatre systèmes spécialisés de production de viande bovine rencontrés dans le bassin charolais et économiquement viables dans le contexte de l'année 2006. Une partie prospective à l'horizon 2012 nous permettra d'évaluer l'impact possible de la conjoncture économique à moyen terme sur les performances environnementales et économiques de ces élevages et d'apporter également des éléments de réflexion sur l'amélioration des bilans environnementaux à l'échelle de l'exploitation.

1. Matériel et méthodes

■ L'évaluation des consommations d'énergie non renouvelable

La consommation d'énergie non renouvelable à l'échelle d'une exploitation agricole est l'addition de consommations d'énergie directe (produits pétroliers et électricité) et d'énergie indirecte (énergie nécessaire pour la fabrication et le transport des intrants, du matériel et des bâtiments). Les consommations d'ENR sont exprimées en équivalent fuel (EQF), unité d'énergie primaire qui permet d'additionner les différents types d'énergies utilisées (1 EQF = 35,8 MJ).

Deux démarches, l'une ayant pour objectif d'établir des repères à des fins de conseil, l'autre orientée vers une analyse prospective, ont été conduites en systèmes bovin viande par l'Institut de l'Élevage et l'INRA.

Dans le cadre de la **démarche à des fins de conseil individuel aux éleveurs**, la méthode élaborée par l'Institut de l'Élevage vise à disposer de repères en consommation d'énergie. Il s'agit aussi de

fournir aux conseillers et aux éleveurs différentes pistes d'amélioration susceptibles d'être mises en œuvre au sein des exploitations d'élevage. S'appuyant sur de précédents travaux (RISOUD *et al.*, 2002), **quatre principaux postes de consommation**, facilement disponibles en exploitation, sont retenus : les produits pétroliers, l'électricité, l'alimentation et la fertilisation minérale. Dans un **premier niveau d'analyse**, les résultats sont exprimés à **l'échelle de l'exploitation par hectare de surface agricole utile (SAU)**. Pour le **second niveau**, c'est-à-dire **l'atelier de viande bovine**, les consommations sont ramenées à **l'unité produite** soit aux 100 kg de viande vive produite (kgvv). Les cultures présentes sur l'exploitation, vendues ou autoconsommées, sont alors bien distinctes de l'atelier viande : les céréales autoconsommées sont comptées comme une cession d'un atelier à l'autre avec une référence énergétique fixée. Cette analyse à l'atelier facilite les comparaisons entre exploitations appartenant à des systèmes de production homogènes (CHARROIN *et al.*, 2006). La répartition des énergies indirectes entre ateliers est directement issue de la répartition des intrants (engrais, amendements et aliments achetés). Les énergies directes (produits pétroliers et électricité) sont réparties entre ateliers de l'exploitation à l'aide de valeurs repères (GALAN *et al.*, 2007). Cette méthode sera utilisée pour étudier la variabilité des principaux postes de consommation d'énergie dans un **échantillon de 84 exploitations spécialisées bovin viande**, suivies dans les réseaux **d'élevage¹** du grand bassin allaitant du centre de la France.

Dans la **démarche de prospective à moyen terme** effectuée par l'INRA, la mécanisation et les bâtiments sont importants à prendre en compte, car des évolutions de systèmes peuvent engendrer des évolutions de besoins en matériel et bâtiment. Donc, dans ce cadre, on ne s'intéressera pas seulement aux quatre postes, mais à l'ensemble des postes de consommation d'ENR, y compris matériel et bâtiments, semences et phytosanitaires, produits vétérinaires et autres services. Considérant que le système de production peut évoluer, l'analyse à moyen terme de consommation d'ENR concerne l'exploitation dans sa globalité. Nous avons choisi d'étudier **4 cas types Charolais** (Réseau d'Élevage, 2006) qui couvrent une relative diversité de systèmes spécialisés bovin viande : animaux maigres et gras, systèmes extensifs et intensifs, tout herbe. Ces systèmes de production peuvent intégrer des surfaces en céréales, mais il n'y a pas de vente de végétaux : toutes les céréales produites sont destinées à l'alimentation du troupeau. **Nous considérons donc que l'exploitation est constituée d'un seul atelier et que toute l'ENR consommée est affectée à la production de viande**, ce qui permet d'exprimer les résultats en EQF/ha de SAU et en EQF/100 kgvv.

¹ : Ces exploitations sont suivies dans le cadre d'une action partenariale associant des éleveurs volontaires, l'Institut de l'Élevage et les Chambres d'Agriculture, selon une approche globale de l'exploitation sur une durée d'au moins 3 ans.

■ L'évaluation des émissions de gaz à effet de serre

Les émissions de chacun des GES, CO₂, CH₄ et N₂O, sont exprimées en tonne par an (HACALA *et al.*, 2006). La contribution de chacun de ces trois gaz sur l'effet de serre est synthétisée en un indicateur, le **Potentiel de Réchauffement Global** (PRG), exprimé en tonne équivalent CO₂ (t_{éq} CO₂), qui est la somme pondérée de chacun des gaz par son coefficient d'équivalence respectif : pour 1 t CO₂ : 1 ; 1 t CH₄ : 21 ; 1 t N₂O : 310 (IPCC, 1996). Ces émissions sont exprimées en t_{éq} CO₂/ha de SAU et t_{éq} CO₂/1 000 kgvv.

■ Les modèles utilisés pour la prospective sur les cas types

- **Modèle d'optimisation économique** : Notre objectif étant d'évaluer un système en place, ainsi que les adaptations nécessaires pour maximiser le revenu lorsque l'environnement économique change, nous avons utilisé **Opt'INRA** (VEYSSET *et al.*, 2005a), modèle d'optimisation par programmation linéaire. Opt'INRA optimise, sous contraintes, la marge brute des exploitations de polyculture - élevage charolais, naisseur ou naisseur-engraisseur. Le modèle prend en compte, en entrées, l'ensemble des intrants (aliments du bétail, paille, semences, engrais, produits de traitement des cultures), mais n'intègre pas la mécanisation ni les bâtiments nécessaires à la mise en place du système optimal.

- **Modèle d'évaluation des consommations d'ENR et des émissions de GES** : Nous avons utilisé le modèle **PLANETE** (BOCHU, 2002), basé sur l'analyse des cycles de vie, qui recense et comptabilise toutes les entrées d'ENR directe (produits pétroliers, électricité) et indirecte liées à la fabrication et au transport des intrants, du matériel et des bâtiments de l'exploitation agricole. PLANETE évalue également les émissions de GES liées à la consommation d'intrants et aux pratiques agricoles.

- **Le couplage de Opt'INRA et de PLANETE** : A l'outil Opt'INRA, nous avons ajouté des modules matériel et bâtiment afin de déterminer leurs besoins respectifs (JAEGLER, 2008) pour le système maximisant la marge brute. Les résultats de ces modules vont incrémenter la grille PLANETE, intégrée dans Opt'INRA, afin de calculer la consommation énergétique et les émissions de GES liées au système de production (figure 1). Le couplage des deux modèles est la suite des travaux de BENOIT et LAIGNEL (2008) qui ont couplé PLANETE avec leur simulateur technico-économique des systèmes de production ovin viande.

Au niveau économique, de la marge brute générée par Opt'INRA nous pouvons déduire les charges de mécanisation et de bâtiment spécifiques. Les autres charges de structure (foncier, charges sociales, frais financiers, charges de gestion) sont peu dépendantes du système et nous pouvons, pour une ferme donnée caractérisée par sa surface totale et sa main-d'œuvre disponible, les compiler en

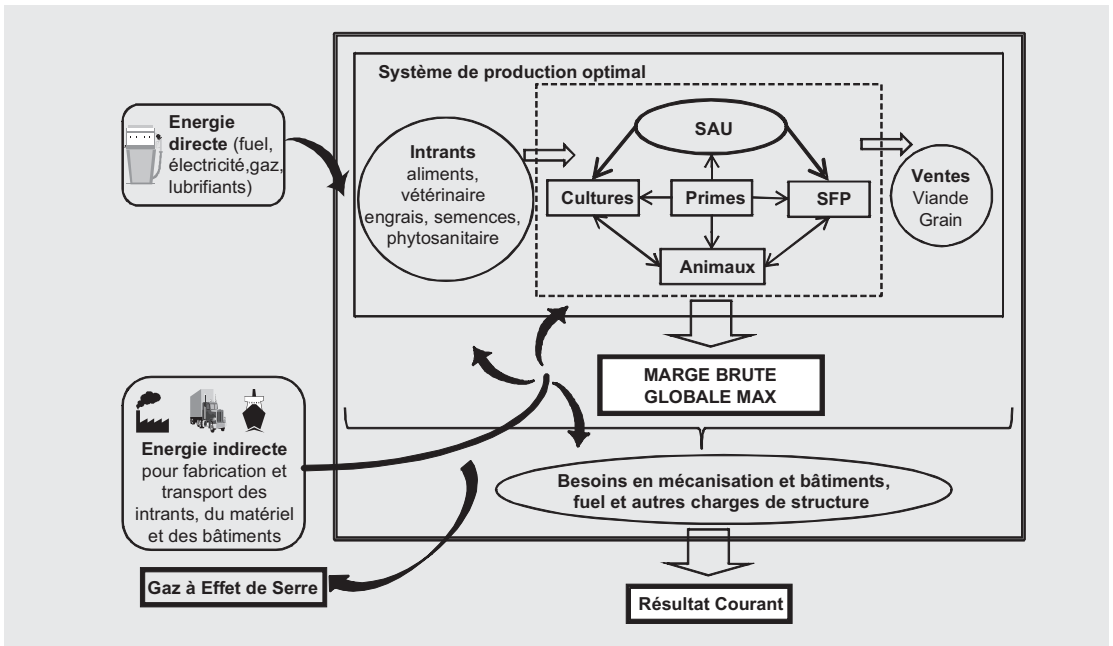


FIGURE 1 : **Couplage d'un modèle (Opt'INRA) d'optimisation du système de production maximisant la marge brute et d'un modèle (PLANETE) évaluant la consommation d'énergie non renouvelable et les émissions de GES.**

FIGURE 1 : Coupling of a model (Opt'INRA) optimizing the production system by maximizing the gross margin with a model (PLANETE) estimating the consumption of non-renewable energy and the emission of greenhouse-effect gases.

une charge forfaitaire par hectare. En déduisant de la marge brute les charges de mécanisation, de bâtiment et les autres charges de structure, nous obtenons le résultat courant du cas type étudié.

■ Prospective à l'horizon 2012, prix des produits agricoles et de l'énergie

L'horizon 2012 permet de se projeter à moyen terme, tout en se situant dans le même contexte de Politique Agricole Commune (l'accord budgétaire de 2002 sécurise le budget de la PAC jusqu'en 2013). **Nous considérons**, pour cette étude, que **la structure des fermes reste constante** : l'évolution des structures (taille, main-d'œuvre, droits à produire) se faisant par palier (opportunité, associations...).

Donc seuls les prix des intrants et des produits agricoles évoluent. Il est toutefois hasardeux de définir des niveaux de prix à un horizon de quatre ans, surtout dans un contexte de forte volatilité des prix agricoles et de l'énergie. Nous nous sommes donc **basés sur les perspectives agricoles de l'OCDE et de la FAO 2008-2017** (OCDE et FAO, 2008), qui mentionnent un niveau moyen sur les cinq prochaines années supérieur à ceux observés sur la période précédente. Bien que l'OCDE et la FAO estiment que le prix de la viande bovine devrait augmenter de près de 10% d'ici 2012, nous avons toutefois maintenu son prix au même niveau qu'en 2006, année caractérisée par une bonne conjoncture de la viande bovine (AGRESTE, 2008). Le **tableau 1 récapitule** les prix des principaux intrants et produits utilisés pour calibrer le modèle en 2006 et pour la prospective 2012.

	2006	2012
Cultures de vente		
- Céréales (€/t)	110	140
- Colza (€/t)	220	255
- Tournesol (€/t)	177	295
Aliments achetés		
- Tourteau de soja (€/t)	270	325
- Céréales (€/t)	200	255
Autres intrants		
- Pétrole (\$ US/baril)	65	120
- Fuel pour tracteurs et automoteurs (€/l)	0,52	0,82
- Gasoil pour voitures diesel (€/l)	1,05	1,20
- Azote chimique (€/100 kg N)	75	98
- Semences et produits phytosanitaires	/	+ 25%

TABLEAU 1 : Prix des intrants et prix de vente utilisés pour les optimisations 2006 et 2012 des cas types Charolais (prix de vente de la viande invariable).

TABLE 1 : Prices of inputs and prices of sales used for the optimizations in 2006 and 2012 of the typical Charolais cases (with constant price of meat).

2. Résultats

■ Les quatre principaux postes de consommation d'énergie non renouvelable en exploitation

Dans l'échantillon de 84 exploitations spécialisées en élevage bovin allaitant, les consommations moyennes d'énergie, pour les quatre postes analysés, sont de l'ordre de **270 EQF par hectare de SAU, dont 100 EQF de produits pétroliers, 84 EQF d'alimentation achetée, 71 EQF de fertilisation et 15 EQF d'électricité**. Au niveau national, les consommations moyennes d'énergie d'une exploitation bovin viande sont de l'ordre de 330 EQF/ha de SAU (Institut de l'Élevage, 2009) et de l'ordre de 500 EQF/ha de SAU en ferme laitière.

TABLEAU 2 : Consommations moyennes d'ENR en exploitations de bovins allaitants selon le type d'atelier (source : Réseaux d'élevage, campagne 2007).

TABLE 2 : Mean consumptions of non-renewable energy by suckling-cattle, according to type of production unit (source : Réseaux d'élevage, 2007 campaign).

Type d'atelier bovin viande	Naisseurs stricts	Naisseurs + finition femelles	Naisseurs-engraisseurs de jeunes bovins	Naisseurs-engraisseurs de veaux
Nombre d'exploitations	16	41	16	12
UGB bovins viande	113	123	172	86
Nombre de vaches allaitantes	78	83	108	70
Surface Agricole Utile (ha SAU)	111	122	149	70
Surface Fourragère Principale (ha SFP)	108	117	136	62
dont maïs ensilage	1,2	1,7	7,1	1,7
Chargement (UGB/ha SFP)	0,99	1,06	1,27	1,46
Production brute de viande vive (kgvv)	33 200	39 300	61 600	24 000
Production de viande par UGB (kgvv/UGB)	290	320	354	274
Concentrés (kg/UGB)	460	603	912	743
dont achetés (%)	86	80	72	45
Azote minéral (kg N/ha SAU)	26	37	47	47
Fuel (l/ha SAU)	81	81	93	115
Energies non renouvelables :				
- électricité (EQF/ha SAU)	9	13	16	30
- produits pétroliers (EQF/ha SAU)	92	92	106	131
- fertilisation (EQF/ha SAU)	46	71	86	85
- alimentation achetée (EQF/ha SAU)	58	76	113	103
- exploitation (EQF/ha SAU)	205	247	322	348
- atelier bovins viande (EQF/100 kgvv)	69	70	77	98
(quart inférieur - quart supérieur)	(41 - 98)	(48 - 97)	(58 - 106)	(62 - 132)

- Les consommations selon le type d'atelier bovin viande

Les exploitations ont été classées en quatre groupes selon le type d'atelier bovin viande :

- les **naisseurs stricts**, dont les ventes d'animaux finis hors jeunes bovins, représentent moins de 20% du volume total des ventes ;
- les **naisseurs avec finition de femelles**, avec plus de 20% d'animaux finis hors jeunes bovins ;
- les **naisseurs-engraisseurs de jeunes bovins** ;
- et les **naisseurs-engraisseurs de veaux** (veaux sous la mère ou veaux d'Aveyron et du Ségala).

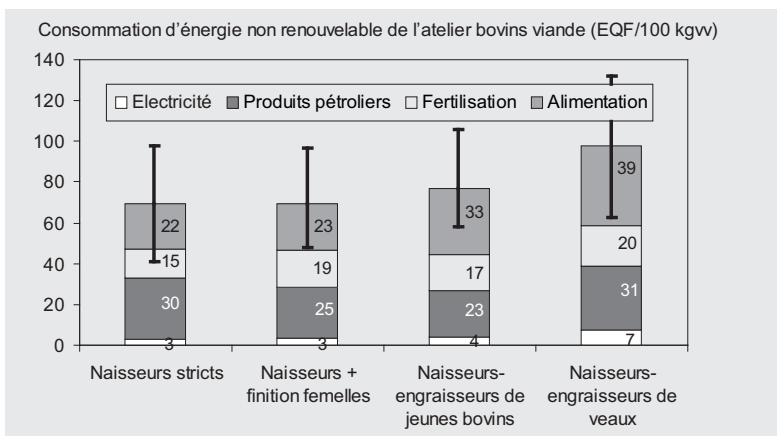
Ramenées à l'hectare de SAU, les consommations d'énergie sont **très variables selon les systèmes**. Pour le groupe "naisseurs stricts", la consommation moyenne est de 205 EQF/ha SAU, alors qu'elle est de 348 EQF/ha SAU pour le groupe "naisseurs-engraisseurs de veaux" (tableau 2). Ce groupe "naisseurs-engraisseurs de veaux" présente des structures de plus petites dimensions, avec une intensification des surfaces fourragères (engrais, carburant...). De plus, la conduite alimentaire des vaches nourrices implique l'utilisation de concentrés (énergie et protéines) pour assurer une bonne production laitière.

L'étude des consommations d'énergie ramenées à 100 kg de viande produite permet de positionner chacun des systèmes selon son fonctionnement et, indirectement, son niveau de productivité (figure 2). **Le niveau de consommation pour produire 100 kgvv varie de 69 à 98 EQF selon le type d'atelier** (tableau 2). L'énergie consommée ramenée à 100 kgvv provient pour 40% d'énergies directes (électricité et produits pétroliers) et 60% d'énergies indirectes (alimentation et engrais chimiques).

Le poste alimentation, en considérant les céréales auto-consommées comme une cession à l'atelier bovin viande, représente 32 à 43% des consommations d'ENR sur les quatre postes étudiés (22 à 39 EQF/100 kgvv). Ce poste alimentation est composé presque exclusivement de concentrés, les systèmes allaitants spécialisés du centre de la France étant, pour la majorité d'entre eux, autonomes en fourrages ; les éleveurs n'achètent qu'exceptionnellement des fourrages

FIGURE 2 : **En exploitations de bovins allaitants, répartition des consommations d'énergie non renouvelable de l'atelier bovin viande par poste, avec quarts inférieurs et quarts supérieurs** (source : Réseaux d'élevage, campagne 2007).

FIGURE 2 : **On farms with suckling cattle, distribution of the consumptions of non-renewable energy of the beef production unit per post, with lower and upper quartiles** (source : Réseaux d'élevage, 2007 campaign).



	Quart inférieur	Moyenne	Quart supérieur
Nombre d'exploitations	10	41	10
UGB bovins viande	119	124	119
Nombre de vaches allaitantes	81	84	82
Surface Agricole Utile (ha SAU)	97	124	117
Surface Fourragère Principale (ha SFP)	95	118	115
Chargement (UGB/ha SFP)	1,04	1,05	1,16
Production brute de viande vive (kgvv)	39 800	39 700	37 400
Production de viande par UGB (kgvv/UGB)	333	322	313
Concentrés (kg/UGB)	448	578	664
dont achetés (%)	77	80	82
Azote minéral (kg N/ha SAU)	31	38	57
Fuel (l/ha SAU)	83	81	109
Marge brute de l'atelier bovins viande (€/UGB)	649	568	552
EBE/UMO (MO familiale) (€/UMO)	44 200	38 300	44 000
EBE/Produit Brut d'exploitation (%)	47	39	37
Energies non renouvelables pour l'exploitation (EQF/ha SAU) :			
- électricité	16	12	11
- produits pétroliers	95	93	124
- fertilisation	55	72	106
- alimentation	49	70	105
Total exploitation	215	247	346
Energies non renouvelables pour l'atelier de bovins viande (EQF/100 kgvv) :			
- électricité	4	3	3
- produits pétroliers	20	25	34
- fertilisation minérale de la SFP	10	19	28
- aliments achetés et céréales autoconsommées	14	23	32
Total atelier bovins viande (min.-max.)	48 (41-58)	70 (41-123)	97 (86-123)

(VEYSSET *et al.*, 2007). En fonction des surfaces destinées à la production de céréales autoconsommées, l'achat d'aliments concentrés varie dans l'échantillon, de 45% à 86% du total des concentrés consommés. Les produits pétroliers (carburants, lubrifiants) représentent le second poste de consommation avec en moyenne 35% de l'énergie consommée, soit 23 à 31 EQF/100 kgvv. Le poste fertilisation minérale arrive en troisième position avec 20 à 27% des consommations et une faible variabilité selon les systèmes, de 15 à 20 EQF/100 kgvv. L'électricité ne représente que 5% des consommations soit environ 4 EQF/100 kgvv.

- Analyse de la variabilité des consommations d'énergie au sein d'un groupe (ou atelier)

L'analyse des quatre postes fait apparaître une forte variabilité des consommations par 100 kgvv à l'intérieur d'un même groupe. Les **écarts** sont **de l'ordre de 1 à 2 entre les exploitations "économiques"** (quarts inférieurs) **et les exploitations "consommatrices"** (quarts supérieurs). Ces écarts sont de 1 à 3 entre les exploitations extrêmes de chaque groupe.

L'analyse réalisée dans le groupe "naissances avec finition de femelles" montre que, pour produire 100 kgvv, les exploitations économiques consomment 50% d'énergie de moins que les plus consommatrices et 32% de moins que la moyenne du groupe (tableau 3). Ces différences sont importantes sur les 3 principaux postes de consommation : produits pétroliers, fertilisation et alimentation.

TABLEAU 3 : Variabilité des consommations d'énergie au sein du groupe d'exploitations de bovins allaitants de type "naissances avec finition de femelles" (source : Réseaux d'élevage, campagne 2007).

TABLE 3 : Variability of energy consumption within the group of suckling-cattle farms of the 'calf-rearing and female-finishing' type (source : Réseaux d'élevage, 2007 campaign).

Des écarts de performances techniques et économiques sont également à noter entre ces deux sous-groupes. Par rapport à la moyenne du groupe, les exploitations du quart supérieur ont une structure légèrement plus petite (7 ha et 5 UGB de moins) ; leur taux de finition de femelles, de l'ordre de 40% du volume de viande produite, n'est pas discriminant. Sur le plan technique, elles se distinguent par une consommation de concentrés par UGB plus élevée de 15%, une fertilisation azotée par hectare également plus élevée (+ 50%) et une consommation supplémentaire de 28 litres de fuel par hectare (109 l contre 81 l). Elles produisent 9 kg de viande vive de moins par UGB. Quant aux exploitations économes en énergie, elles ont une productivité plus importante par UGB, sans utiliser beaucoup de concentrés, grâce à une bonne valorisation des surfaces en herbe. Elles gagnent 10 points d'efficacité économique (% EBE/Produit Brut d'exploitation) par rapport au sous-groupe des exploitations consommatrices.

Pour illustrer l'impact économique des consommations d'énergie, prenons l'exemple d'une ferme économe de 120 ha, qui consomme 40 EQF/ha de moins qu'une autre. 4 800 EQF représentent l'équivalent de 4 200 litres de fuel théoriquement économisés, ce qui laisse entrevoir des marges de progrès.

Des analyses similaires faites pour les autres types d'atelier bovin viande montrent les mêmes tendances.

TABLEAU 4 : Principales caractéristiques et résultats économiques des 4 cas types Charolais pour les années 2006 et 2012 (résultats de Opt'INRA).

TABLE 4 : Main characteristics and economic results of the 4 typical Charolais cases in the years 2006 and 2012 (Opt'INRA results).

Type de production	A : Broutards lourds femelles finies en zone herbagère		B : Taurillons maigres dans une exploitation tout herbe		C : Bœufs, vaches, génisses finies en zone herbagère		D : Jeunes bovins, femelles finies. Conduite intensive	
	2006	2012	2006	2012	2006	2012	2006	2012
Surface Agricole Utile (ha)	95	=	100	=	125	=	155	=
Cultures de vente (ha)	0	0	0	=	0	1,3	0	4,5
Céréales autoconsommées (ha)	11,6	11,7	0,0	=	14,8	15,2	23,5	19,5
Surface fourragère (ha)	83,4	83,3	100,0	=	110,2	108,5	131,5	131,0
Nombre de vêlages/an	58	=	70	=	64	63	110	=
Unités Gros Bovins	96,6	=	107,7	=	124,2	121,8	199,4	194,1
Chargement (UGB/ha SFP)	1,16	=	1,08	=	1,13	1,12	1,52	1,48
Mâles vendus ¹	Bt13	=	T16m	=	Bt13+B31	Bt10+B31	T17	=
Génisses vendues ¹	G31	=	G16	=	G31	=	G31	G16+G31
Vaches réforme grasses (%)	100	=	30	=	100	=	100	=
Concentrés (kg/UGB)	797	810	540	=	774	795	823	717
dont achetés (%)	14	14	100	=	14	13	17	19
Viande vive produite (kgvv)	31 548	31 490	34 266	=	40 041	38 646	71 090	69 458
Viande vive produite/ha SAU (kgvv)	332	331	343	=	320	309	458	448
Marge de la SFP (€/ha)	748	706	695	651	679	644	845	788
Marges des cultures (€/ha)	316	404	-	-	337	418	267	339
Produit total (€)	105 064	104 939	115 091	=	128 983	128 577	203 177	203 672
Charges opérationnelles (€)	21 198	23 537	30 525	39 924	24 731	27 409	50 340	57 463
Marge brute globale (€)	83 866	81 402	84 565	80 167	104 252	101 169	152 836	146 209
Charges de structure (€)	54 350	55 942	54 600	57 100	65 920	71 474	99 870	105 577
dont mécanisation (€)	21 505	23 097	20 758	23 258	26 042	31 596	32 655	38 562
Résultat courant (€)	29 516	25 460	29 965	23 067	38 332	29 696	52 966	40 432

¹ mâles vendus : Bt10 : broutard 10 mois, Bt13 : broutard 13 mois, T16m : taurillon 16 mois maigre, T17 : taurillon 17 mois gras, B31 : bœuf 31 mois ; femelles vendues : B18 : broutarde 8 mois, G16 : génisse maigre 16 mois, G31 : génisse grasse 31 mois.

■ Cas type charolais pour l'année 2006

Le **tableau 4** présente les principales caractéristiques optimisées (résultats de Opt'INRA) des 4 systèmes étudiés pour l'année 2006, ainsi que la prospective 2012, qui sera analysée dans la partie suivante.

- Consommation totale d'énergie non renouvelable

La consommation totale d'ENR des 4 cas types varie **de 81 à 89 EQF/100 kgvv** selon les systèmes de production (**tableau 5**). Les produits pétroliers (carburants, lubrifiants) représentent le principal poste de consommation avec 30% des ENR consommées. En incluant l'électricité, 37% des ENR consommées proviennent des ENR directes. Le second poste de consommation est constitué des engrais et amendements : 15 à 24% du total, à presque égalité avec le poste matériel (ENR nécessaire à la fabrication et à la livraison du matériel agricole) : 18 à 23%. Le poste achat d'aliments ne représente que de 3 à 17%. La part des approvisionnements divers nécessaires à l'élevage (produits vétérinaires, minéraux) et à la récolte des fourrages (bâches plastiques, conservateurs) est de 5 à 7%. L'amortissement de l'énergie qui a été nécessaire à la construction des bâtiments d'élevage (matériaux et construction) ne représente que 5 à 7% (4 à 5 EQF/100 kgvv). Enfin, les semences achetées et autres produits phytosanitaires pour les cultures ne représentent que 0 à 2,5% des ENR consommées (0 à 2 EQF/100 kgvv).

Si l'on compare les résultats de ces 4 cas types à ceux obtenus et commentés pour les 84 exploitations (cf. partie précédente), nous retrouvons des valeurs proches pour les produits pétroliers : 24 à 28 EQF/100 kgvv, l'électricité : 4 à 6 EQF/100 kgvv, les engrais et amendements : 12 à 19 EQF/100 kgvv. En revanche, le poste alimentation est beaucoup plus faible (4 à 13 EQF/100 kgvv) vu que, à l'échelle de l'exploitation, nous ne comptabilisons que les aliments achetés. Dans les systèmes bovin allaitant du Charolais, les besoins des animaux sont satisfaits à plus de 90% par les fourrages de l'exploitation (VEYSSET *et al.*, 2007) ; les consommations de concentrés

TABLEAU 5 : Consommations moyennes (pour 100 kg de viande vive et par ha) **d'énergie non renouvelable utilisée pour la production de viande des 4 cas types Charolais pour les années 2006 et 2012.**

TABLE 5 : Mean consumption of non-renewable energy (per 100 kg live meat and per ha) for the production of meat in the 4 typical Charolais cases, for 2006 and 2012.

	A : Broutards lourds, femelles finies en zone herbagère		B : Taurillons maigres dans une exploit. tout herbe		C : Bœufs, vaches, génisses finies en zone herbagère		D : Jeunes bovins, femelles finies. Conduite intensive									
	(EQF/100 kgvv)	(EQF/ha)	(EQF/100 kgvv)	(EQF/ha)	(EQF/100 kgvv)	(EQF/ha)	(EQF/100 kgvv)	(EQF/ha)								
	2006	(2012)	2006	(2012)	2006	(2012)	2006	(2012)								
Energie directe																
- Carburants, lubrifiants	28	(26)	94	(86)	24	(=)	83	(=)	28	(27)	90	(85)	26	(25)	118	(117)
- Electricité et eau	6	(=)	21	(=)	6	(=)	21	(=)	6	(5)	19	(15)	4	(=)	20	(18)
Energie indirecte																
- Aliments achetés	4	(=)	14	(15)	13	(=)	46	(=)	4	(=)	13	(12)	5	(=)	22	(21)
- Engrais chimiques	18	(17)	60	(58)	12	(=)	42	(=)	17	(18)	56	(58)	19	(20)	89	(90)
- Semences et phytos	2	(=)	7	(=)	0	(=)	0	(=)	2	(=)	7	(=)	2	(=)	10	(9)
- Vétérinaires et divers	5	(6)	18	(=)	6	(=)	20	(=)	5	(=)	16	(15)	4	(=)	20	(=)
- Mécanisation	20	(20)	69	(65)	15	(=)	52	(=)	18	(15)	58	(46)	16	(14)	74	(63)
- Bâtiments	5	(=)	17	(=)	5	(=)	19	(=)	5	(=)	15	(=)	4	(=)	18	(=)
Total	89	(87)	299	(287)	83	(=)	284	(=)	86	(81)	274	(253)	81	(77)	371	(356)

	A : Broutards lourds, femelles finies en zone herbagère		B : Taurillons maigres dans une exploit. tout herbe		C : Bœufs, vaches, génisses finies en zone herbagère		D : Jeunes bovins, femelles finies. Conduite intensive	
	(/1 000 kgvv)	(/ha SAU)	(/1 000 kgvv)	(/ha SAU)	(/1 000 kgvv)	(/ha SAU)	(/1 000 kgvv)	(/ha SAU)
	2006	2006 (2012)	2006 (2012)	2006 (2012)	2006	2006 (2012)	2006 (2012)	2006 (2012)
CO ₂ dont :	2,4 (2,3)	0,8 (=)	2,0 (=)	0,7 (=)	2,2 (2,3)	0,7 (=)	2,0 (=)	0,9 (=)
- combustion d'énergie directe	0,6 (=)	0,2	0,6	0,2	0,6 (=)	0,2	0,6	0,3
- fabrication des intrants	1,7 (=)	0,6	1,4	0,5	1,6 (1,7)	0,5	1,4	0,6
CH ₄	8,5 (=)	2,8 (=)	9,5 (=)	3,2 (=)	7,4 (7,3)	2,4 (2,3)	7,2 (=)	3,3 (=)
N ₂ O dont :	4,3 (=)	1,4 (=)	4,0 (=)	1,4 (=)	4,0 (4,2)	1,3 (=)	4,0 (=)	1,8 (=)
- fabrication des intrants	0,3	0,1	0,2	0,1	0,3 (=)	0,1	0,3	0,1
- apport d'azote sur la SAU	1,8	0,6	1,4	0,5	1,7 (1,8)	0,6	1,7	0,8
- déjections des animaux	2,2	0,7	2,4	0,8	2,0 (2,1)	0,6	2,0	0,9
Emissions GES totales	15,2 (15,1)	5,04 (4,99)	15,5 (=)	5,31 (=)	13,6 (13,8)	4,37 (4,28)	13,1 (=)	6,01 (6,03)

TABLEAU 6 : **Emissions moyennes de gaz à effet de serre des 4 cas types Charolais pour les années 2006 et 2012** (téq CO₂/1 000 kgvv et téq CO₂/ha SAU).

TABLE 6 : *Mean emissions of greenhouse-effect gases in the 4 typical Charolais cases, for 2006 and 2012* (téq CO₂/1 000 kgvv et téq CO₂/ha SAU).

sont donc relativement faibles comparativement aux autres productions animales. Avec 10 à 15% de la SAU consacrée à la culture de céréales pour l'alimentation du troupeau, 15% seulement des concentrés nécessaires sont achetés pour les cas types A, C et D. Le système tout herbe (cas type B) est contraint d'acheter tout son aliment, soit l'équivalent de 13 EQF/100 kgvv. Mais, n'ayant pas de cultures annuelles, il est l'un des moins consommateurs de carburant, d'engrais et de matériel et, globalement, sa consommation totale d'ENR ne se distingue pas des 3 autres systèmes.

La mécanisation, qui va de pair avec les carburants, est la première source de différenciation des consommations d'ENR à l'échelle de l'exploitation pour 100 kgvv ; l'achat d'aliments en est la seconde source.

Ramenée à la SAU, en totalité utilisée par le troupeau dans ces systèmes, on retrouve le **lien direct entre niveau d'intensification** (kg de viande produit/ha utilisé) **et consommation d'ENR** (tableau 5). Cette consommation varie de 274 à 371 EQF/ha SAU. Le système le plus intensif (cas type D) produit 458 kg de viande/ha (vs 332, 343 et 320 kg respectivement pour A, B et C) et consomme 371 EQF/ha, contre 274, 284 et 299 pour les trois autres systèmes. Le premier déterminant reste le carburant ; les engrais viennent en seconde position.

- Emissions de GES pour l'année 2006

Globalement, les systèmes bovin allaitant charolais produisent de 13,1 à 15,5 téq CO₂/1 000 kgvv et de 4,37 à 6,01 téq CO₂/ha (tableau 6). Le méthane, CH₄, entièrement lié aux activités animales (fermentation entérique et gestion des déjections), est le principal contributeur au PRG, avec 55 à 60% du PRG total. Les activités animales sont également responsables de plus de 50% des émissions de N₂O du fait, principalement, des émissions par les urines et les fèces au pâturage. Au total, les animaux sont responsables de plus de 70% du PRG (69 à 77%). Le second poste est celui des intrants, et plus particulièrement les engrais minéraux, qui sont responsables de 6 à 11% du PRG. La fabrication des engrais minéraux intervient pour

20% dans les émissions de CO₂ et pour 6% dans celles de N₂O. L'apport d'azote par les engrais minéraux est responsable de près de 9% des émissions de N₂O. La combustion des énergies directes (carburant et électricité) est responsable de 25% des émissions de CO₂, mais contribue pour seulement 4% au PRG.

Comme montré par CASEY et HOLDEN (2006a), **la vache est le plus gros contributeur du troupeau aux émissions de GES**. Les systèmes naisseurs, producteurs d'animaux maigres, dans lesquels les vaches représentent la plus grosse proportion des UGB du troupeau, voient donc leur PRG par tonne de viande produite supérieur aux systèmes naisseurs-engraisseurs. Le cas type B, dans lequel les vaches représentent 55% des UGB totales, émet 15,5 téq CO₂/1 000 kgv. Les cas types C et D, qui engraisent tous leurs animaux et où les vaches représentent 45 et 48% des UGB totales, émettent respectivement 13,6 et 13,1 téq CO₂/1 000 kgv. Le cas type A, qui produit des mâles maigres et engraisse les femelles, est intermédiaire (15,2 téq CO₂/1 000 kgv). Ramené à l'hectare, le cas type le plus émetteur est le D, également le plus intensif. A chargement quasi identique, on retrouve la hiérarchie naisseur-engraisseur us naisseur (C < A < B).

■ Prospective 2012

Les systèmes de production de ces 4 cas types évoluent peu entre 2006 et 2012 (tableau 4). Quelques ajustements à la marge sont réalisés pour les cas types ayant des terres labourables, alors que le système tout herbe reste identique.

Bien que le prix de vente des céréales augmente de 27% (tableau 1), l'optimisation économique ne privilégie pas la production céréalière au détriment de la production de viande. En effet, près de 50% de l'augmentation du prix de vente des céréales est captée par l'augmentation de leur coût de production ; la marge brute par hectare de céréale augmente de 25%, mais reste inférieure à la marge des surfaces fourragères qui chute pourtant de 5% (tableau 4). Afin de limiter une trop forte chute de la marge brute bovine, due à l'augmentation du prix des engrais et de l'aliment acheté, **quelques adaptations de système sont réalisées :**

- **Cas type A** : les quelques adaptations consistent, principalement, à **supprimer l'ensilage d'herbe** et à augmenter de 1% la surface en céréales. Ceci permet de diminuer légèrement les frais de récolte globaux, d'acheter 3% d'unités d'azote minéral en moins, tout en majorant de 5% les quantités de tourteau acheté. Globalement, le produit d'exploitation reste stable et les charges proportionnelles augmentent de 11%. La marge brute globale baisse de 3%. Malgré 322 litres de fuel consommés en moins (- 6%), les charges de mécanisation augmentent de 7%. Le résultat courant chute de 14%. La moindre consommation de fuel, ainsi qu'une moindre mécanisation due à l'abandon de l'ensilage, entraînent une baisse de 4% de la consommation d'ENR (tableau 5) pour 100 kgv et par hectare (respectivement 87 et 287 EQF). L'incidence sur les émissions de GES est quasi nulle ; le PRG diminue de 1% (tableau 6).

- **Cas type C** : le nombre de vêlages baisse de 1% et la production de bœufs est maintenue, mais les mâles non castrés sont vendus plus jeunes en broutards de 10 mois plutôt que de 13 mois. Le fait de réaliser 1 vêlage de moins et de vendre 11 mâles 3 mois plus tôt permet de libérer 1,3 ha de surface fourragère au profit des cultures de vente. L'ensilage de maïs est abandonné au profit de 0,4 ha supplémentaire de céréales autoconsommées. Ces quelques adaptations entraînent une baisse de 3,5% du produit, pour une augmentation de 11% des charges opérationnelles. Sans adaptation, le produit serait resté le même, mais les charges auraient beaucoup plus augmenté, notamment les achats de tourteau. La baisse de la marge brute globale est de 3%. La consommation de fuel reste identique ; les charges de mécanisation augmentent de 21%. Le résultat courant chute de 22% (tableau 4). Au niveau de la consommation d'ENR, l'arrêt de l'ensilage de maïs limite le poste matériel et le moindre nombre d'animaux, celui d'achat d'aliments. La consommation d'ENR passe de 86 à 81 EQF/100 kgvv soit - 5% (tableau 5).

- **Cas type D** : tout **comme le cas type C**, l'optimisation consiste à **libérer de la surface pour vendre des céréales**. La production de viande reste intensive à l'hectare et à l'animal ; le système s'ajuste en limitant l'engraissement des génisses pour vendre des génisses maigres à 16 mois. 4,5 ha sont ainsi libérés et consacrés aux cultures de vente. Le produit reste stable et les charges opérationnelles augmentent de 14%. La chute de 4,5% de la marge brute globale est amplifiée par une augmentation de 18% des charges de mécanisation ; le résultat courant baisse de 24% (tableau 4). Le parc de matériel reste le même, mais il est en partie utilisé pour les cultures de vente ; la consommation d'ENR pour 100 kgvv passe de 81 à 77 EQF soit une baisse de 5%. Il n'y a pas d'incidence sur les émissions de GES.

- **Cas type B** : **les marges de manœuvre d'une exploitation tout herbe sont très faibles**. Le système de production 2012 est identique au système 2006. Le produit d'exploitation est donc identique, mais les charges opérationnelles augmentent de 14% (engrais : + 25%, aliments achetés : + 26%). La marge brute globale chute de 5%. L'augmentation du prix du fuel entraîne une augmentation de 12% des charges de mécanisation. Le résultat courant chute de 23%. Les consommations d'ENR et les émissions de GES restent inchangées.

Dans tous les cas, nous constatons une **baisse significative du revenu**, de - 13 à - 24% ; en revanche, **les variations de consommations d'ENR et d'émissions de GES restent marginales**.

3. Leviers et pistes pour économiser l'énergie

■ Les facteurs explicatifs

En élevage bovin viande, des économies d'ENR peuvent être mises en œuvre, particulièrement sur les postes produits pétroliers, alimentation et fertilisation. Les leviers d'action sur les facteurs

explicatifs des consommations sont plus ou moins grands, d'où l'intérêt de les classer au préalable (Institut de l'Élevage, 2009). Par ailleurs, l'analyse des consommations d'ENR ne peut pas se faire sans **prendre en compte la globalité du système d'exploitation**, c'est-à-dire en tenant compte des pratiques mises en œuvre par les éleveurs, mais aussi d'autres facteurs tels que parcellaire, relief, climat... Ainsi, quatre niveaux peuvent être distingués.

Le **niveau "structure"** désigne des facteurs inhérents à la structure de l'exploitation (le système de production en place...) et/ou en relation avec sa situation géographique (type de sol...). Le niveau d'action sur ces facteurs est faible, même s'il existe quelques pistes d'amélioration, comme par exemple les échanges de parcelles qui permettent de regrouper le parcellaire.

Le **niveau "système"** se réfère aux facteurs liés au système d'exploitation et aux modes de conduite des ateliers. Les changements possibles sont aussi souvent limités ou complexes à mettre en œuvre, car le système est souvent déterminé par le contexte régional, la structure de l'exploitation, les opportunités et les motivations de l'éleveur. Lorsqu'ils sont possibles, ces changements nécessitent une forte remise en cause de l'éleveur. Ils peuvent être plus ou moins importants : conversion à l'agriculture biologique, augmentation de la durée de pâturage dans certaines situations...

Le **niveau "outil de production"** se rapporte aux facteurs liés aux gros équipements ou à l'organisation globale de l'exploitation. Des leviers d'action existent, mais ils se situent le plus souvent en amont d'investissements ou de choix de production structurants.

Le **niveau "pratiques"** fait référence à des facteurs en lien avec les pratiques de l'éleveur. Des leviers aisés à mettre en place ou de petits investissements peuvent aider à limiter les consommations d'énergie dues à ces facteurs. Au sein d'un même système, il existe des leviers techniques et technologiques de maîtrise des consommations d'énergie et de limitation de la mécanisation (COUVREUR, 2006). De même, la réduction des émissions de GES dans les exploitations d'élevage passera par la voie animale (alimentation, génétique) pour réduire la production digestive de méthane (MARTIN *et al.*, 2006).

■ Les pistes d'économies d'énergie

Les pistes de solutions pour économiser l'énergie en élevage bovin allaitant doivent être discutées en prenant en compte les dimensions économiques, sociales, environnementales, ainsi que les choix et les motivations de l'éleveur.

- **Le poste produits pétroliers et mécanisation.** Des leviers permettent de réduire la consommation de produits pétroliers : adéquation de la taille des tracteurs et des outils aux besoins de l'exploitation, adoption d'une conduite économe, entretien régulier du tracteur, réglage des liaisons tracteur - outil et optimisation du nombre de passages. Au niveau des bâtiments, la simplification des déplacements et l'optimisation de la fréquence et de la durée des

tâches (alimentation, curage, paillage, abreuvement...) contribuent aussi à limiter les consommations. Une réflexion globale de la politique d'investissements et de l'impact énergétique de ces derniers est de plus en plus nécessaire pour limiter les consommations.

- **L'alimentation** : Il existe une très forte corrélation entre la consommation en concentrés d'un atelier bovin viande et sa consommation d'énergie totale. **Réduire judicieusement les apports de concentrés**, c'est économiser l'énergie liée à leur production (carburant, engrais), à leur transformation et à leur transport, lorsqu'ils sont achetés. L'optimisation des apports de concentrés sans pénaliser les performances de croissance des animaux est possible *via* des techniques largement véhiculées par le développement. A un second niveau, il faut **s'interroger sur les types d'aliments utilisés**, en remplaçant des concentrés énergivores (tourteaux de soja, aliments déshydratés...) par des concentrés plus économes en énergie (tourteaux de colza, céréales...). La **recherche de l'autonomie alimentaire** pour les fourrages et les concentrés limite l'utilisation d'énergie pour la fabrication et le transport d'aliments. La mise en place de cultures telles que les **mélanges céréales - protéagineux** peut aussi contribuer à assurer une autonomie alimentaire totale des exploitations.

- **Le poste fertilisation minérale** : Le poste fertilisation minérale est à 85% lié à l'utilisation de l'azote. Le bilan NPK à l'échelle de l'exploitation est un excellent indicateur du niveau de maîtrise de la consommation d'énergie liée aux engrais. La bonne **valorisation des engrais organiques** de l'exploitation limite les besoins en fertilisation minérale. La **culture des légumineuses**, leur intégration systématique dans les prairies temporaires peut permettre de supprimer totalement les engrais azotés chimiques à l'échelle d'une rotation (TRIBOI et TRIBOI-BLONDEL, 2004).

Conclusion

Tout comme pour les résultats économiques (VEYSSET *et al.*, 2005b), la variabilité des consommations d'ENR pour la production de viande bovine est beaucoup plus importante à l'intérieur d'un même système de production qu'entre systèmes.

La production de viande bovine semble relativement consommatrice d'ENR au regard de la bioénergie produite et l'analyse "à froid" de ces résultats pourrait conduire à la condamnation de cette production au bénéfice des productions végétales. Cependant, **le troupeau allaitant français**, situé principalement dans des zones herbagères difficiles et dans des zones de montagne, **joue un rôle primordial pour le développement rural de ces régions, pour le paysage et l'environnement** (GIBON, 2005), ainsi que pour le maintien d'une certaine biodiversité (FARRUGGIA *et al.*, 2006).

De plus, de par **sa production de méthane**, l'élevage de ruminants est pointé du doigt quant à son rôle sur le réchauffement climatique. Pour relativiser, notons que les ruminants participent

pour 3% au réchauffement de la planète (MARTIN *et al.*, 2006) et, surtout, que **les systèmes herbagers permettent de maintenir des surfaces agricoles en herbe et donc de compenser les émissions de GES par le stockage de carbone dans les prairies** (SOUSSANA *et al.*, 2004). D'ailleurs, ce rôle de **puits de carbone** des prairies devra être pris en compte et venir en déduction des émissions de GES calculées à l'échelle de l'exploitation. Des premières estimations ont été réalisées à partir d'hypothèses simples à affiner, qui montrent que la compensation pourrait atteindre 40 à 70% des émissions totales pour les systèmes herbagers (HACALA *et al.*, 2006). Les ruminants sont les seuls animaux d'élevage à pouvoir synthétiser leurs protéines à partir de l'herbe et donc à valoriser l'herbe.

Pour limiter de façon réellement significative les consommations d'ENR et les émissions de GES, il faudrait changer radicalement de système et réduire fortement, voire supprimer, les intrants. L'agriculture biologique permettrait de réduire les consommations d'ENR par tonne de viande de près de 25%, selon AZEEZ (2008). L'impact de l'agriculture biologique sur les émissions de GES par unité produite n'est pas toujours évident ; en revanche, les émissions de GES par unité de surface agricole sont significativement plus faibles en agriculture biologique (OLESEN, 2008 ; CASEY et HOLDEN, 2006b). Ceci montre bien que **les stratégies à mettre en place vont dépendre des objectifs fixés** : réduction des consommations d'ENR et des émissions de GES par unité produite dans le cadre du maintien d'un volume de production "écologiquement intensif", ou réduction de l'impact environnemental à l'échelle territoriale sans contrainte de production forte.

Enfin, **la réduction de l'empreinte environnementale de l'élevage allaitant n'a de sens que si cet élevage est économiquement viable et donc pérenne. Les perspectives économiques 2012 tendent à montrer une forte chute du revenu à structure constante.** Le principal souci des éleveurs ne sera certainement pas environnemental, mais économique. Le maintien du revenu s'est réalisé ces quinze dernières années au prix de l'agrandissement et de l'augmentation de la productivité du travail (GARCIA-MARTINEZ *et al.*, 2008 ; VEYSSET *et al.*, 2005b), tendance qui risque fort de se poursuivre.

Le couplage de modèles biophysiques, environnementaux et économiques permet d'effectuer une analyse multicritères sur des résultats de prospective à moyen terme. Les systèmes herbagers utilisant déjà peu d'intrants hormis les concentrés, les marges de manœuvre pour limiter ces intrants sont minces et l'augmentation de leur prix unitaire aboutit systématiquement à une baisse de revenu. La prise en compte de l'impact social et environnemental de l'élevage allaitant dans les zones difficiles par **des politiques appropriées** (HAVLIK *et al.*, 2005) pourrait compenser ces baisses de revenu.

Intervention présentée aux Journées de l'A.F.P.F.,
"Des fourrages de qualité pour des élevages à hautes performances
économiques et environnementales",
les 25-26 mars 2009.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AGRESTE (2008) : *Agreste*, Données en ligne, Rapports publics, Conjoncture agricole, Ministère de l'Agriculture et de la Pêche.
<http://agreste.maapar.lbn.fr/ReportFolders/ReportFolders.aspx>
- AZEEZ G.S.E. (2008) : *The comparative energy efficiency of organic farming*, *Int. Conf. Organic Agriculture and Climate Change*, Enita de Clermont-Ferrand, ABio Doc, France, 17-18 avril, 7 p.
- BENOIT M, LAIGNEL G. (2008) : "Sheep for meat farming systems in French semi-upland area. Adapting to the new context: increased concentrates and energy process, and new agricultural policy", *8th Europ. IFSA Symp., Empowerment of rural actors: a renewable of farming systems perspectives*, 6-8 July 2008, Clermont-Ferrand, 755-764.
- BOCHU J.L. (2002) : "PLANETE : méthode pour l'analyse énergétique des exploitations agricoles et l'évaluation des émissions de gaz à effet de serre", *Colloque national : Quels diagnostics pour quelles actions agroenvironnementales ?*, 10 et 11 octobre, Solagro, 68-80.
- CASEY J.W., HOLDEN N.M. (2006a) : "Quantification of GHG emissions from suckler-beef production in Ireland", *Agricultural Systems*, 90, 79-98.
- CASEY J.W., HOLDEN N.M. (2006b) : "Greenhouse gas emissions from conventional, agri-environmental scheme, and organic Irish suckler-beef units", *J. of Environmental Quality*, 35, 231-239.
- CHARROIN T., GALAN F., CAPITAIN M. (2006) : "Les consommations d'énergie dans les systèmes d'élevage bovin, première contribution des réseaux d'élevage", *Fourrages*, 186, 179-192.
- COUVREUR J.P. (2006) : "Quelques leviers pour maîtriser la consommation d'énergie et optimiser la mécanisation de l'exploitation", *Fourrages*, 187, 301-310.
- FAO (2006) : *Livestock's long shadow. Environmental issues and options*, FAO publication, 390 p ; <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a0701e/a0701e.pdf>
- FARRUGGIA A., DUMONT B., JOUVEN M., BAUMONT R., LOISEAU P. (2006) : "Caractériser la diversité végétale à l'échelle de l'exploitation dans un système bovin allaitant du Massif central", *Fourrages*, 188, 477-494.
- GALAN G., DOLLE J.B., CHARROIN T., FERRAND M., HIET C. (2007) : "Consommation d'énergie en élevage bovin. Des repères pour se situer et progresser", *Rencontres Recherches Ruminants*, 14, 29-32.
- GARCIA-MARTINEZ A., OLAIZOLA A., BERNUES A. (2008) : "Trajectories of evolution and drivers of change in European mountain cattle farming systems", *Animal*, 3,1, 152-165.
- GIBON A. (2005) : "Managing grassland for production, the environment and the landscape. Challenges at the farm and the landscape level", *Livestock Prod. Sci.*, 96, 11-31.
- HACALA S., Réseaux d'Élevage, LE GALL A. (2006) : "Evaluation des émissions de gaz à effet de serre en élevage bovin et perspectives d'atténuation", *Fourrages*, 186, 215-227.
- HAVLIK P., VEYSSET P., BOISSON J.M., LHERM M., JACQUET F. (2005) : "Joint production under uncertainty and multifunctionality of agriculture: policy considerations and applied analysis", *European Review of Agricultural Economics*, 32, 489-515.
- IPCC (1996) : *Revised 1996 Intergovernmental Panel on Climate Change Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs1.html>
- Institut de l'Élevage (2009) : *Les consommations d'énergie dans les systèmes bovins viande - Repères de consommations et pistes d'économie*, collection "Synthèse Réseaux d'élevage", 33p.
- JAEGLER C. (2008) : *Bilans énergétiques et économiques en élevage bovin allaitant charolais. Analyses et prospectives*, mémoire de fin d'études ENSAT, INRA LEE Clermont-Ferrand - Theix, 37p.
- MARTIN C., MORGAVI D., DOREAU M., JOUANY J.P. (2006) : "Comment réduire la production de méthane par les ruminants ?", *Fourrages*, 197, 283-300.

- OCDE, FAO (2008) : *Agricultural Outlook 2008-2017, Highlight*, 73p ; <http://www.agri-outlook.org/dataoecd/54/15/40715381.pdf>
- OLESEN J.E. (2008) : *Greenhouse gas emission from organic farming systems in Denmark*, Int. Conf. *Organic Agriculture and Climate Change*, Enita de Clermont-Ferrand, ABio Doc, France, 17-18 avril, 5p.
- Réseau d'Élevage Charolais (2006) : *Bassin Charolais. Conjoncture économique des systèmes bovin viande, campagne 2006*, document, Chambre d'Agriculture, Institut de l'Élevage, 50p.
- RISOU D. et al. (2002) : *Analyse énergétique d'exploitations agricoles et pouvoir de réchauffement global : méthode et résultats de 140 fermes*, rapport d'étude ADEME, 102 p + annexes.
- SEGUIN B, SOUSSANA J.F. (2006) : "Le réchauffement climatique (prédictions futures et observations récentes) en lien avec les émissions de GES", *Fourrages*, 186, 139-154.
- SOUSSANA J.F., LOISEAU P., VUICHARD N., CESCHIA E., BALESSENT J., CHEVALLIER T., ARROUAYS D. (2004) : "Carbon cycling and sequestration opportunities in temperate grasslands", *Soil Use and Management*, 20, 219-230.
- TRIBOÏ E., TRIBOÏ-BLONDEL A.M. (2004) : "Cropping system using lucerne as nitrogen sources", *Proc. VIIth ESA Congr.: European agriculture in a global context*, LVL Copenhagen, Denmark, 11-15 July 2004, 683-684.
- VEYSSET P., BÉBIN D., LHERM M. (2005a) : "Adaptation to Agenda 2000 (CAP reform) and optimization of the farming system of French suckler cattle farms in the Charolais area: a model-based study", *Agricultural Systems*, 83, 179-202.
- VEYSSET P., LHERM M., BÉBIN D. (2005b) : "Évolutions, dispersions et déterminants du revenu en élevage bovin allaitant charolais. Etude sur 15 ans (1989-2003) à partir d'un échantillon constant de 69 exploitations", *INRA Productions Animales*, 18 (4), 265-275.
- VEYSSET, P., BEBIN, D., LHERM, M. (2007) : "Impacts de la sécheresse de 2003 sur les résultats technico-économiques en élevage bovin allaitant Charolais", *Fourrages*, 191, 311-322.

SUMMARY

Energy consumption and emission of greenhouse-effect gases in suckling-cattle farming. Analyses and economic prospects

Studies were made on the consumption of energy and on the contribution of the emission of greenhouse-effect gases in specialized beef production systems, on 84 farms of the Charolais grassland zone. The results are given according to each type of beef production unit and concern four items of non-renewable energy consumption: oil products, feeding, mineral fertilisation, and electricity. A prospective analysis is then made by modelling the environmental and economic performances of four systems of Charolais beef production, taking into account the agricultural outlooks of the OCED and the FAO for 2008-2017. These studies prove the variability of energy consumption to be much larger within a given system than among the various systems. A superficial analysis of the results would lead to consider that beef production is characterized by a relatively large consumption of energy, whereas other elements ought also to be taken into account: carbon storage, bio-diversity, land occupation, profitable use made of the pastures, etc. Besides, tools exist to attenuate the environmental effects of existing systems, mainly among the practices of the farmers.