

# Emissions de gaz à effet de serre et consommations d'énergie en élevage ovin viande

BENOIT M. (1), LAIGNEL G. (1), ROULENC M. (1)

(1) INRA, UR1213 - Unité de Recherches sur les Herbivores – Theix - 63122 Saint Genès Champanelle - France

## RESUME

Cette contribution donne des références sur les niveaux de consommation d'énergie non renouvelable et d'émissions de gaz à effet de serre (GES) en élevage ovin allaitant, sur la base de dix systèmes contrastés, modélisés avec le logiciel OSTRAL. Le niveau de consommation d'énergie moyen est de 2,10 Equivalent Litre de Fuel par kilo de carcasse, variant de 1,44 à 2,76. Les aliments achetés sont le premier poste (30% du total) suivi par les produits pétroliers (25%) et la fertilisation (20%). Le niveau de valorisation des fourrages (autonomie fourragère) est un facteur essentiel pour une faible consommation d'énergie. Les émissions brutes de GES sont en moyenne de 27,6 kg d'équivalent CO<sub>2</sub> par kilo de carcasse, variant de 19,4 à 32,7. Le méthane représente 51% de ce total. Le principal facteur explicatif du niveau d'émissions est la productivité numérique, qui permet de « diluer » le méthane émis par les mères. La séquestration du carbone dans le sol atteint en moyenne 42% de ces émissions, (34% seulement en excluant un élevage atypique très extensif) et la séquestration dans les haies 14%.

## Greenhouse gases emissions and energy consumption on meat sheep production systems

BENOIT M. (1), LAIGNEL G. (1), ROULENC M. (1)

(1) INRA, UR1213 - Unité de Recherches sur les Herbivores – Theix - 63122 Saint Genès Champanelle - France

## SUMMARY

This paper gives references on levels of non renewable energy consumption and greenhouse gas emissions (GHG) for meat sheep production, on the basis of ten French contrasted systems modelled with OSTRAL. The average level of energy consumption is 2.11 Equivalent Fuel liters per kilogram carcass, ranging from 1.48 to 2.76. Feeding purchased is the first component (30% of total) followed by fertilisers and fuel (20% each). The level of forage utilisation (fodder self sufficiency) is a key factor explaining the consumption of energy. The average gross GHG is 27.7 kg of equivalent CO<sub>2</sub> per kilo of carcass, ranging from 19.4 to 32.7. Methane accounts for 51% of the total. The main factor explaining the level of GHG is the numerical productivity of the flock, which can "dilute" the emissions of methane by ewes. Sequestration in the soil averaged 42% of these emissions (34% excluding a very extensive and atypical system) and sequestration in hedges 14%.

## INTRODUCTION

La question du changement climatique est posée à l'élevage, en particulier via les émissions de méthane des ruminants (Steinfeld, 2006). Elle renvoie également à l'utilisation d'intrants, qu'ils aient une contribution directe à l'émission de CO<sub>2</sub> (fuel), ou indirecte, en relation avec l'énergie primaire nécessaire à leur mise à disposition auprès des élevages (production, transformation, transport). S'intéresser à la limitation de l'impact de la contribution de l'élevage au changement climatique conduit donc aussi à rechercher des systèmes d'élevage moins dépendants de l'utilisation des énergies fossiles, avec l'envolée possible de leur prix dans les années futures. Enfin, l'élevage de ruminants peut se prévaloir d'utiliser des surfaces herbagères dont la contribution au stockage de carbone est aujourd'hui reconnue. La production ovine allaitante est directement concernée par l'ensemble de cette problématique, bon nombre de systèmes d'élevage français étant fortement utilisateurs d'intrants, mais aussi d'espace. Nous nous proposons ici d'évaluer, pour cette production, les principaux facteurs, d'une part des émissions de GES (brutes, et nettes du stockage), d'autre part de la consommation d'énergie non renouvelable. Ce travail est réalisé sur la base de 10 systèmes d'élevage de zones défavorisées françaises qui ont été retenus pour leur grande diversité, leur représentativité, ou leur aspect innovant.

## 1. MATERIEL ET METHODES

Cette étude est basée à la fois sur des données recueillies en réseaux de fermes sur le long terme, et sur l'utilisation d'un modèle permettant d'une part de travailler sur des systèmes types (calibrage standardisé des éléments structuraux par exemple), d'autre part d'amener les corrections nécessaires aux observations faites en domaines expérimentaux étudiés ici (extrapolation éventuelle des effectifs, calcul des charges de structure).

### 1.1. UN PANEL DE FERMES VARIEES

Afin de disposer d'une base d'étude assez large, nous avons pris en compte des systèmes d'élevage de montagne (nord du massif central) et de plaine (sud de la Vienne). Nous faisons l'hypothèse que les niveaux d'émission de GES et de consommation d'énergie non renouvelable par unité de produit peuvent dépendre en particulier des niveaux de consommation d'intrants (dont l'alimentation et la fertilisation), et de la productivité animale, ce qui n'est pas forcément le cas, pour les GES par exemple, dans d'autres filières comme la production bovine laitière (Martin *et al.*, 2010). Les systèmes d'élevage étudiés présentent des plages de variations assez larges sur ces critères. Ils sont, pour la zone de plaine, issus d'une étude typologique réalisée dans la zone du Montmorillonnais (Benoit et Laignel, 2004). Les cinq systèmes suivants y sont étudiés (tableau 1) :

« Mixt+ » (Mixte) : système de polyculture élevage traditionnel et très courant de la zone ; 45% des mise bas ont lieu entre septembre et décembre et une grosse majorité des agneaux est engraisée en bergerie.

« Mixt- » : système comparable à « Mixt+ » mais avec une moins bonne maîtrise technique (productivité numérique inférieure, consommation de concentrés en hausse).

« Ovins Cult. » : L'atelier ovin mené en complément d'une production céréalière importante (vente) est conduit avec 80% des mises bas entre septembre et décembre, sur des surfaces à faible chargement. L'utilisation d'intrants (concentrés) est élevée.

« Herb. » : système traditionnel avec 90% des mises bas de fin d'hiver et printemps et engraissement des agneaux à l'herbe.

« Extens. » : système de polyculture élevage dont l'atelier ovin est conduit de façon extensive, tant du point de vue de la reproduction (faible productivité numérique) que des surfaces.

Pour la zone de montagne, trois systèmes d'élevage conventionnels et deux en AB (Agriculture Biologique) ont été retenus :

« 3en2+ » : système type de 3 agnelages en 2 ans avec une excellente maîtrise technique, une SAU composée exclusivement de prairies permanentes, et un chargement élevé.

« 3en2- » : système inspiré du « 3en2+ » mais avec des performances techniques en retrait (moindre accélération de la reproduction) et la production à la ferme de 24% des besoins en concentrés.

« La Fage », ferme INRA du plateau du Larzac : troupeau à forte productivité numérique (race Romane) conduit sur une surface essentiellement composée de parcours, en plein air intégral. Nous avons corrigé certains éléments biaisés par des protocoles expérimentaux, comme la pyramide d'âge du troupeau.

« AB » : système d'élevage en agriculture biologique située en altitude et milieu séchant (granitique), de structure et de performances techniques « moyennes » tout en présentant un bon niveau d'autonomie alimentaire (production de céréales).

« AB Redon », ferme INRA (Clermont-Ferrand-Theix) conduite en AB avec un objectif de productivité animale élevée (Race Limousine) en recherchant également des autonomies fourragère et alimentaire très élevées. La taille du troupeau (120 brebis) a été extrapolée à 500, avec génération des charges de structure correspondantes, selon la logique retenue pour les autres systèmes étudiés.

**Tableau 1** : Eléments descriptifs des 10 systèmes étudiés

Localisation	Plaine					Montagne				
	Mixt+	Mixt-	Ovins-Cult.	Herb.	Extens.	3en2+	3en2-	La Fage	AB	AB Redon
SAU (ha)	130	100	165	120	148	69	69	296	78	113
Cultures de vente (%SAU)	22	14	65	0	46	0	0	0	0	0
Cultures autoc. (%SAU)	7	11	3	3	3	0	8	0	8	5
Chargement SFP (UGB/Ha)	1,08	1,03	0,74	0,90	0,70	1,30	1,30	0,16	0,52	0,70
Brebis primées PBC (nb)	647	471	229	639	346	600	573	330	260	500
Productivité Numérique	1,39	1,24	1,42	1,47	1,09	1,70	1,17	1,96	1,30	1,50
Concentrés /Kg Carc. (kg)	5,7	9,9	9,2	3,0	4,5	6,7	8,6	5,3	7,1	3,4
Autonomie Fourragère (%)	78	67	66	89	86	70	72	73	73	88
Autonomie Alimentaire (%)	88	84	82	92	96	70	79	73	87	94
Bilan apparent N/Ha (kg)	49	28	26	15	12	41	45	8	2	-1
Apports N /ha SFP (kg)	49	13	10	14	3	15	25	5	0	0

## 1.2. MODELE UTILISE

OSTRAL est un modèle développé à l'échelle de l'exploitation. Il permet de i) reconstituer le fonctionnement du troupeau, ses performances techniques et économiques, ii) prendre en compte les surfaces et les récoltes nécessaires à l'activité d'élevage, iii) distinguer (affectation spécifique des intrants) l'atelier cultures de vente du point de vue de la consommation d'énergie et des émissions de GES, iv) calculer les charges de structure générées par l'activité de l'exploitation. Par ailleurs, il fournit les critères de consommation énergétique et de bilan d'émissions de GES (Base PLANETE avec affinement du niveau d'émission de CH<sub>4</sub> et de séquestration du carbone selon Vermorel *et al.*, 2008 et Arrouays *et al.*, 2002).

## 1.3. CRITERES D'ANALYSE UTILISES

\* La consommation d'énergie représente l'ensemble des énergies directes (fuel, électricité,...) et indirectes (concentrés, matériel,...). Elle est exprimée en EQF (Equivalent Litre de Fuel) par kilo de carcasse produit.

\* L'efficacité énergétique est le rapport entre l'énergie produite sous forme de produit agricole (viande ou produits végétaux) et l'énergie totale (directe ou indirecte) nécessaire. Elle peut être calculée à l'échelle de l'atelier ovin ou de la ferme (tous ateliers).

\* Les émissions de GES sont exprimées en équivalent kilo de CO<sub>2</sub> (en cumulant CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O) par kilo de carcasse produit. Nous calculons les émissions nettes, après soustraction de l'équivalent CO<sub>2</sub> fixé dans le sol et dans les haies (Arrouays *et al.*, 2002) dont le linéaire a été extrapolé à partir d'enquêtes spécifiques réalisées en 1995 ; il se situe

entre 0 (« La Fage ») et 132 mètres linéaires par ha de SAU selon les systèmes.

\* Des critères complémentaires sont utilisés, dont l'autonomie fourragère (par des besoins en UF du troupeau fournis par les ressources fourragères de la ferme) et l'autonomie alimentaire (par des besoins en UF du troupeau fournis par les ressources végétales -fourrages et céréales- de la ferme).

## 2. RESULTATS

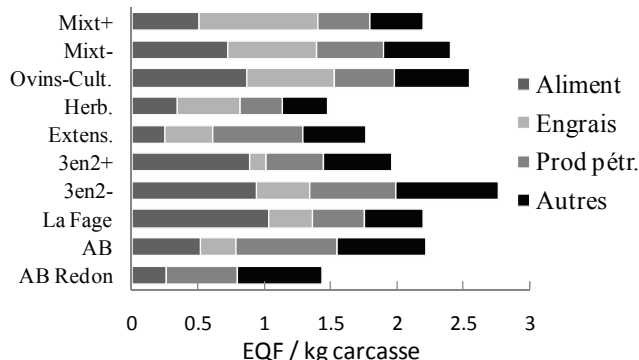
### 2.1. UTILISATION D'ENERGIE NON RENOUVELABLE

#### 2.1.1. Consommation d'énergie

Exprimée en EQF par kilo de carcasse, elle varie de 1,44 à 2,76, avec une moyenne de 2,10. En moyenne, les principaux postes de consommation d'énergie sont les aliments achetés (30% du total, avec 0,63 EQF/kg carc), le fuel et autres produits pétroliers (25%, 0,51 EQF/kg carc), les engrais (20%, 0,42 EQF/kg carc). Viennent ensuite le matériel (9%), l'électricité (4%) et les bâtiments (3,5%). On observe de fortes variations d'un système à l'autre (figure 1) : les aliments varient de 0,25 à 1,03 EQF/kg, l'engrais de 0 à 0,89, les produits pétroliers de 0,32 à 0,76. Les systèmes les moins consommateurs d'énergie sont ceux qui ont le moins recours à l'utilisation de concentrés, avec moins de 3,5 kg par kilo de carcasse produit : « Herb. » et « AB Redon » (respectivement 1,48 et 1,44 EQF/kg carc). A l'opposé, les systèmes utilisant plus de 8,5 kg de concentrés par kilo de carcasse atteignent les niveaux les plus élevés : « Mixt- » (2,41 EQF/kg carc), « Ovins-Cult » (2,55 EQF/kg carc) et « 3en2- » (2,76 EQF/kg carc). Dans les systèmes les moins consommateurs d'engrais et d'aliment, l'utilisation du matériel

devient significative, comme pour « AB » (14% du total, soit 0,31 EQF/kg carc), « AB Redon » (13%, soit 0,19 EQF/kg carc), « Extens. » (11% du total, soit 0,19 EQF/kg carc).

**Figure 1** Niveaux de consommations énergétiques (engrais, aliments, produits pétroliers, autres) pour les 10 systèmes



### 2.1.2. Efficacité énergétique (EE)

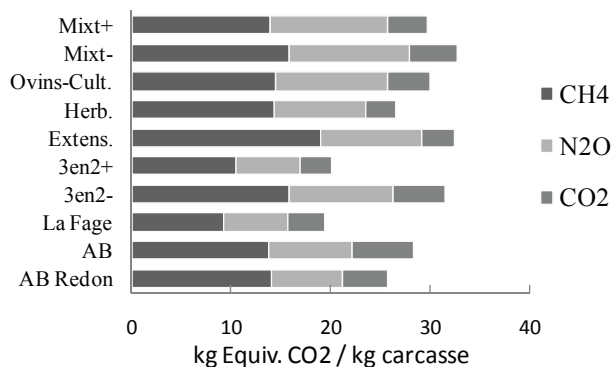
L'EE de l'atelier ovien est directement liée à la consommation d'énergie par kg de carcasse (corrélation de -0,98). Elle varie de 0,34 (« 3en2- ») à 0,63 (« Redon AB »), autour d'une valeur moyenne de 0,46. Calculée à l'échelle de l'exploitation, en incluant donc l'atelier cultures de vente, les EE peuvent atteindre des niveaux très élevés, par exemple 3,92 pour « Ovins-Cult » dont l'EE de l'atelier ovien est faible (0,36).

## 2.2. EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE (GES)

### 2.2.1. Emissions brutes

En moyenne, les émissions atteignent 27,6 kg d'équivalent CO<sub>2</sub> par kilo de carcasse. Le méthane représente 51% de ce total, suivi par le protoxyde d'azote (34%) et le CO<sub>2</sub> (15%). De fortes disparités sont observées entre systèmes (figure 2), le méthane variant de 9,3 à 19,0 kg d'Eq CO<sub>2</sub>/kg carc, le protoxyde d'azote de 6,3 à 12,0 et le CO<sub>2</sub> de 3,0 à 6,2.

**Figure 2** Emissions brutes de CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O et CO<sub>2</sub> pour les 10 systèmes étudiés (Equivalent CO<sub>2</sub> par kg de carcasse produit)

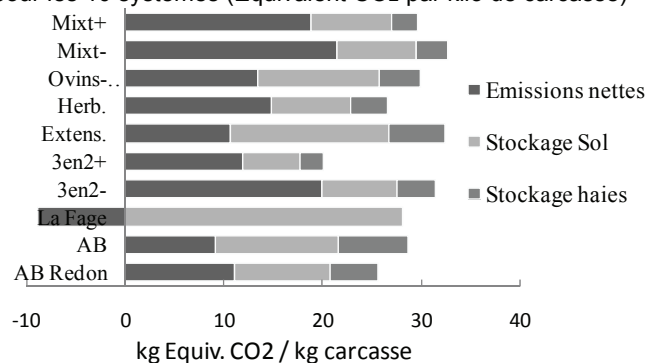


### 2.2.2. Emissions nettes

Le carbone stocké au niveau du sol varie de 5,7 kg (« 3en2+ ») à 16,1 kg (« Extens. ») Equiv. CO<sub>2</sub>/kg carc, avec un cas particulier à 28,2 kg pour « La Fage » dont le chargement est très faible et le taux de fixation retenu sur les surfaces en parcours identique à celui utilisé pour les parcours des autres exploitations (200 kg C/ha) (figure 3). La fixation moyenne par le sol est de 11,7 kg Equiv CO<sub>2</sub>/kg carc et représente 42% des émissions brutes.

La fixation par les haies atteint en moyenne 3,8 kg Equiv CO<sub>2</sub>/kg carc (de 0 à 7,1) et représente 14% des émissions brutes. Globalement, la fixation par le sol et les haies est de 15,5 kg Equiv. CO<sub>2</sub>/kg carc, et les émissions nettes sont de 12,3 Equiv. CO<sub>2</sub>/kg carc. La compensation globale par le stockage atteint ainsi 56%.

**Figure 3** Emissions brutes de GES décomposées en émissions nettes, stockages dans le sol et dans les haies, pour les 10 systèmes (Equivalent CO<sub>2</sub> par kilo de carcasse)



Sans le cas assez spécifique de l'exploitation « La Fage », la fixation moyenne par le sol (n=9) est de 9,9 Equiv CO<sub>2</sub>/kg carc et représente 34% des émissions brutes. La fixation par le sol et les haies est de 14 kg et permet de compenser 49% des émissions brutes.

## 3. DISCUSSION

### 3.1. VALIDITE DES RESULTATS

Les niveaux de consommation d'énergie non renouvelable correspondent aux observations réalisées par ailleurs : Bellet *et al.* (2008) présentent des niveaux de 1,23 à 1,75 EQF/kg carc pour 3 systèmes type de l'Ouest Français hors matériels, bâtiments et phytosanitaires, soit environ de 1,48 à 2,1 dans un bilan comparable au notre ; Bochu (2007), dans une synthèse nationale, affiche 1,0 EQF/kg vif, soit environ 2,1 EQF/kg carc.

Sur le critère d'émissions de GES, peu de références sont disponibles en production ovine allaitante ce qui nous amène à effectuer des comparaisons avec la production bovine allaitante. Dans notre étude, les émissions brutes varient de 19,4 à 32,7 kg Eq CO<sub>2</sub>/kg carc, ce qui coïncide avec les résultats de Veyssset *et al.* (2010), en élevage bovin allaitant Charolais Français (14,3 à 18,3 kg Eq CO<sub>2</sub>/kg poids vif, soit environ 25,5 à 32,7 kg Eq CO<sub>2</sub>/kg carc) et Pelletier *et al.* (2010) aux Etats-Unis (14,8 à 19,2 Eq CO<sub>2</sub>/kg vif, soit environ 24,6 à 32,0 /kg carc). Les valeurs données par Dollé *et al.* (2009) sont un peu inférieures : de 9,5 à 12,4 Eq CO<sub>2</sub>/kg vif soit environ 17,0 à 22,1 Eq CO<sub>2</sub> par kg de carcasse. Notons que nous n'avons pas déqualifié de l'énergie nécessaire à la production de viande celle nécessaire à la production du coproduit laine (celle-ci représente 8,5% de l'énergie produite sous forme de viande).

Les références utilisées, en particulier pour les émissions de GES, ne prennent pas en compte les types de fourrages consommés. Or, les niveaux d'émissions peuvent être variables en fonction, en particulier, de la part des légumineuses dans la ration, et plus précisément de leur teneur en tanins condensés qui peuvent limiter les émissions de CH<sub>4</sub> par unité de produit et la déperdition d'énergie qui y est associée (Martin *et al.*, 2010, Waghorn *et al.*, 2002).

Le méthane a une contribution majeure (51%) dans le bilan global ; cela correspond aux contributions notées en troupeaux bovins allaitants en Irlande (50 à 70% du total) ou au Canada (50%) (Martin *et al.*, 2010).

### 3.2. PRINCIPAUX FACTEURS EXPLICATIFS

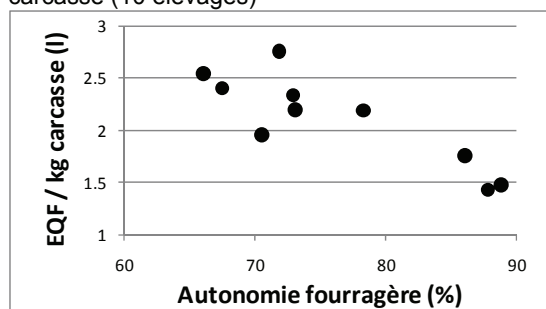
#### 3.2.1. Consommation d'énergie

Les principaux postes de consommation énergétique mis en avant sont les aliments achetés (30% du total). La consommation d'énergie apparaît essentiellement liée à la capacité des exploitations à valoriser l'herbe, la corrélation entre consommation d'énergie (EQF/kg carc) et l'autonomie fourragère atteignant -0,86. Sur la figure 4, la dispersion des

points autour de la droite de corrélation est essentiellement expliquée par le niveau de productivité numérique, comme l'illustrent les exploitations « 3en2+ » et « 3en2- » avec, respectivement, 71 et 73% d'autonomie fourragère, pour des consommations d'énergie par kg de carcasse de 1,95 et 2,76 EQF/kg carc.

Malgré le coût énergétique de l'engrais azoté, le coefficient de corrélation entre la consommation d'énergie (EQF/kg de carcasse) et les apports d'azote par ha de SFP n'est que de 0,30. La corrélation avec le bilan azoté apparent de l'exploitation est, quant à lui, de 0,49.

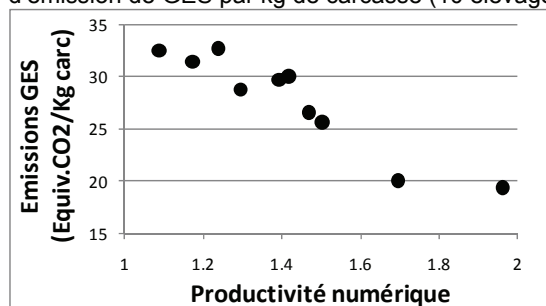
**Figure 4** Relation entre l'autonomie fourragère (UF) et la consommation d'énergie non renouvelable par kg de carcasse (10 élevages)



### 3.2.2. Emissions de GES

Le méthane est la principale composante des émissions de GES. Il est essentiellement émis par les animaux adultes, dont les brebis, et est a priori faiblement dépendant de leur niveau de productivité numérique qui est l'élément déterminant de la productivité pondérale des brebis, le poids des agneaux étant finalement assez peu variable dans les systèmes étudiés. Ainsi, des niveaux de productivité numérique (PN) élevés permettent de « diluer » les émissions de méthane des mères, exprimées par kilo de carcasse produit. La PN est donc le principal facteur explicatif du niveau d'émission de GES par kilo de carcasse (figure 5), le niveau de fertilité des animaux étant une composante importante dans le débat sur la réduction de l'émission des GES (Gill *et al.*, 2010).

**Figure 5** Relation entre la productivité numérique et le niveau d'émission de GES par kg de carcasse (10 élevages)

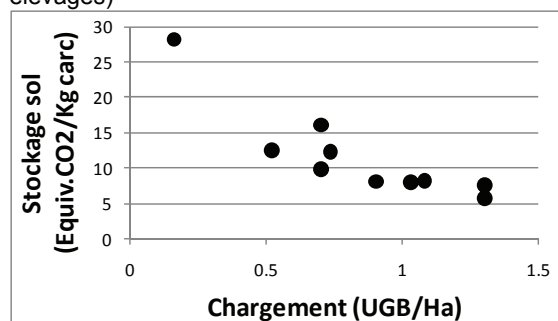


La compensation par le stockage de carbone dans les sols, exprimée en équivalent CO<sub>2</sub> par kilo de carcasse, est essentiellement liée au type de surface utilisée (prairie temporaire ou permanente) et à la production de viande par ha. Ce second critère est lui-même dépendant d'une part de la productivité pondérale des brebis, d'autre part du chargement de la surface fourragère. Ce dernier facteur apparaît comme majeur dans le niveau de stockage de CO<sub>2</sub> par kilo de carcasse (Cf figure 6 ; coefficient de corrélation de -0,79 entre ces 2 critères).

Les références bibliographiques sur les niveaux de fixation de carbone par ha sont néanmoins délicates à appliquer et interpréter car elles ne tiennent pas compte des spécificités pédoclimatiques et annuelles (pluviométrie, température etc.) et sont certainement assez peu adaptées à certains types de surfaces, comme les parcours. Ainsi, une forte incertitude

apparaît dans le cas de « La Fage », avec un parcours peu productif, mais largement occupé par une végétation arbustive (buis) qui joue elle-même un rôle de fixation de carbone.

**Figure 6** Relation entre le niveau de stockage de carbone dans le sol et le niveau de chargement de la SFP (10 élevages)



### 3.3 INCIDENCES ECONOMIQUES

Les faibles niveaux d'émissions de GES par kg de carcasse et les faibles consommations d'énergie non renouvelable passent avant tout, respectivement, par des niveaux de productivité numérique élevés et par une forte autonomie fourragère (faibles consommations de concentrés). Ces deux facteurs sont les déterminants de résultats économiques de bon niveau en production ovine allaitante (Bellet et Morin, 2005). Il y a donc une convergence entre la recherche de rentabilité économique et la limitation des émissions de GES et de consommation d'énergie. Cette convergence pourrait se voir renforcée dans le futur avec une tension exacerbée sur le prix des matières premières (énergie et/ou céréales), voire la taxation des émissions de GES.

### CONCLUSION

La variabilité des niveaux de consommation d'énergie et d'émissions de GES entre systèmes est importante, en lien avec la diversité des systèmes étudiés et leurs performances techniques. L'analyse réalisée montre qu'il y a aujourd'hui une convergence certaine entre les objectifs environnementaux étudiés et des objectifs de rentabilité économique. La contribution de la fixation de carbone dans les sols, même si elle doit être affinée, apparaît très significative. Elle confirme l'intérêt des systèmes d'élevage basés sur la valorisation des surfaces fourragères, pérennes en particulier, qui sont, par ailleurs, l'une des composantes importantes de nos paysages.

**Arrouays, D., Balesdent, J., Germon, J.C, Jayet, P.A, Soussana, J.F., Stengel, P., 2002.** Expertise scientifique INRA, 332p

**Benoit, M., Laignel, G., 2004.** Colloque SFER Société Française d'Économie Rurale, Lille, 15 p

**Bellet, V., Augas, N., Clenet, G. Fichet, L., Gouedard, A., Ingremeau, D., Mignes, S. Pagnot, O., Bahier, G., 2008.** Renc.Rech.Rum, 15, 223

**Bellet, V., Morin, E., 2005.** Compte rendu 110550020, 68p

**Bochu, J.L., 2007.** Rapport final. ADEME, 29p

**Gill, M., Smith, P., Wilkinson, J.M., 2010.** Animal, 4 (3), 323-333

**Steinfeld, H., 2006.** FAO report Livestock's long shadow, 26p

**Martin, C., Morganvi, D.P., Doreau, M., 2010.** Animal, 4 (3), 351-365

**Pelletier, N., Pirog, R., Rasmussen, R., 2010.** Agric. Syst., 103 (6), 380-389

**Vermorel, M., Jouany, J.P., Eugène, M., Sauvart, D.,**

**Noblet, J., Dourmad, JY., 2009.** INRA Prod. Anim., 21 (5), 403-418

**Veysset, P., Lherm, M, Bébin, D., 2010.** Agric. Syst., 103, 41-50

**Waghorn, G., Tavendale, M.H., Woodfield, D.R., 2002.**

Proceedings of the NZ Grassland Association, 64, 167-171