

## L’empreinte carbone du lait et de la viande bovine

DOLLE J.B. (1), GAC A. (2), LE GALL A. (2)

(1) Institut de l'élevage 56 Avenue Roger Salengro BP 80039 62051 Saint-Laurent-Blangy cedex

(2) Institut de l'élevage BP 85225 35652 Le Rheu cedex

**RESUME** - Le réchauffement climatique présent et futur est un enjeu politique mondial. La réduction des émissions de gaz à effet de serre s'inscrit de plus en plus dans les politiques publiques française, européenne et mondiale. Le Grenelle de l'environnement ambitionne notamment l'affichage des impacts environnementaux des produits alimentaires à l'échéance de janvier 2011. L'agriculture, et notamment l'élevage, doit pour cela faire le bilan de son impact sur l'environnement, plus particulièrement en matière d'émissions de gaz à effet de serre. Le poids de l'amont agricole c'est à dire les émissions liées à la production jusqu'au portail de la ferme représente 70 à 80 % de l'impact total. Pour cela l'Institut de l'élevage a lancé un programme de travail visant à déterminer l'empreinte carbone du lait et de la viande bovine jusqu'au portail de l'exploitation. Dans ce cadre, une méthodologie a été construite afin d'apprécier l'ensemble des postes émetteurs de méthane, de protoxyde d'azote et de gaz carbonique à l'échelle de l'exploitation. Parallèlement, les investigations ont également consisté à mieux apprécier le stockage de carbone sous prairie qui intervient comme un phénomène de compensation des émissions. Cette méthodologie appelée GES'TIM a été appliquée à plusieurs systèmes d'élevage bovin représentatifs de la production française. Les évaluations conduites sur le lait mettent en évidence une empreinte carbone nette comprise entre 0,65 et 1,05 kg de CO<sub>2</sub>/kg de lait. Le même travail conduit sur des systèmes spécialisés en bovin viande fait état d'une empreinte carbone nette comprise entre 6,4 et 9,7 kg de CO<sub>2</sub>/kg de viande vive. La prise en compte du stockage de carbone sous prairies, représente un atout considérable pour les filières herbivores. Selon la part de prairies dans le système de production, le stockage de carbone permet en effet de compenser 5 à 50 % des émissions.

## Carbon footprint of milk and cattle meat

DOLLE J.B. (1), GAC A. (2), LE GALL A. (2)

(1) Institut de l'élevage 56 Avenue Roger Salengro BP 80039 62051 Saint-Laurent-Blangy cedex

**SUMMARY** – The present and future climate change is a global political issue. The reduction of greenhouse gas emissions is more and more often part of public French, European and global policies. The “grenelle de l'environnement” is aimed at displaying the environmental impact of food products by the deadline of January 2011. Agriculture, and in particular livestock production, must evaluate its impact on the environment, especially concerning greenhouse gases. The weight of agriculture upstream, that is to say the emissions related to on-farm production is 70 to 80 % of the total impact. The Livestock Institute (l'Institut de l'Élevage) has launched a programme to determine the carbon footprint of milk and beef. In this context, a methodology has been built to assess all the emission sources of methane, nitrous oxide and carbon dioxide on the farm scale. In parallel, the investigations also include the carbon storage under grasslands, which acts as a phenomenon of emission compensation. This methodology called GHG'TIM has been applied to several cattle systems representative of French production. The evaluations carried out on milk highlight a carbon footprint between 0.65 and 1.05 kg of CO<sub>2</sub>/kg of milk. The same assessment done in specialised systems in bovine meat shows a carbon footprint between 6.4 and 9.7 kg of CO<sub>2</sub>/kg of live meat. The consideration of carbon storage in grasslands represents a considerable asset for herbivore systems. According to the percentage of grasslands in the production system, carbon storage compensates for 5 to 50 % of emissions.

## INTRODUCTION

Le protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O) et le méthane (CH<sub>4</sub>), tout comme la vapeur d'eau (H<sub>2</sub>O) et le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), sont des gaz produits au cours des cycles de l'eau, du carbone et de l'azote et qui contribuent à l'effet de serre de notre atmosphère. L'activité humaine interfère sur ces émissions de gaz. On considère que 100 % des émissions de CO<sub>2</sub> et H<sub>2</sub>O liées à la respiration des végétaux et animaux sont "biogéniques" et ne constituent pas une contribution additionnelle à l'effet de serre. En revanche, on considère que le N<sub>2</sub>O et le CH<sub>4</sub>, de même que le CO<sub>2</sub> des carburants fossiles, sont "anthropiques" et doivent à ce titre être gérées comme les émissions des autres activités humaines. Au niveau français, ces émissions anthropiques liées à l'agriculture représentent 19,4 % des émissions nationales (CITEPA- 2009). Ces 19,4 % se décomposent en trois postes principaux qui sont l'activité d'élevage pour 8,9 %, les sols pour 9,1 % et enfin l'énergie consommée en agriculture pour 1,4 %. Dans ce contexte, la France s'est engagée en décembre 2007 à réduire ses émissions de 20 % d'ici 2020 par rapport à 1990. En 2009 dans le cadre du Grenelle de l'environnement, la France ambitionne de diviser ses émissions de GES par quatre entre 1990 et 2050. Pour cela plusieurs mesures sont mises en place au niveau national. Elles concernent des mesures incitatives de réduction des émissions gazeuses ou d'information du

consommateur. C'est ainsi que le Grenelle de l'environnement, envisage l'affichage environnemental des produits de grande consommation à l'horizon de 2011. Cet affichage concernera plusieurs indicateurs d'impact et notamment l'indicateur de réchauffement climatique apprécié au travers de l'empreinte carbone des produits. Afin d'évaluer l'empreinte des produits agricoles au portail de la ferme, les instituts techniques ont mis au point une méthodologie d'estimation des impacts des activités agricoles sur les émissions de gaz à effet de serre (GES). Cette méthode appelée GES'TIM compile les facteurs d'émissions de gaz à effet de serre les plus récents pour les filières animales et végétales françaises dans le but de proposer un vocabulaire et un cadre méthodologique harmonisé.

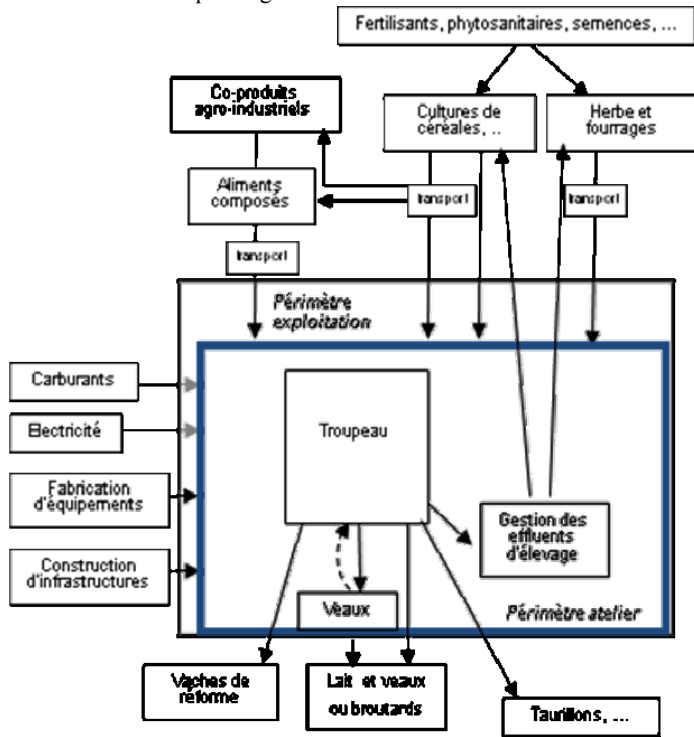
## 1. MATERIEL ET METHODES

L'évaluation de l'impact environnemental « effet de serre » mise en œuvre grâce à la méthode GES'TIM consiste à quantifier les émissions de GES observées aux différents stades de production. Celle-ci nécessite au préalable de préciser le périmètre de l'évaluation, les postes d'émission, les allocations des impacts entre produits, et les unités employées.

### 1.1. LE PERIMETRE D'EVALUATION

L’empreinte carbone des produits agricoles au portail de la ferme consiste à évaluer les émissions intervenues sur la partie amont de la filière. Cette évaluation constitue ainsi un premier maillon à l’évaluation globale conduite sur le cycle de vie complet du produit incluant l’amont agricole, le transport, la transformation,... Une analyse globale à l’échelle de l’exploitation ne peut néanmoins permettre une évaluation fine de l’impact environnemental d’un produit. L’évaluation d’un produit est facilitée par une analyse à l’échelle d’une activité agricole ou d’un atelier. En élevage bovin, le mode de fonctionnement ou d’organisation et les produits commercialisés nous amènent à considérer deux types d’ateliers distincts ; d’une part les ateliers de production laitière ou de broutards et d’autre part les ateliers d’engraissement. Les sources d’émission spécifiques à chaque atelier et les flux de matière considérés sont précisés dans la figure 1. Au delà des flux au sein d’un atelier, nous comptabilisons également les flux entre ateliers (fourrages, concentrés, déjections,...) et les intrants extérieurs.

**Figure 1 :** postes d’émission et flux de matières retenus pour l’évaluation de l’impact « gaz à effet de serre »



### 1.2. LES POSTES D'EMISSION

Conformément au périmètre décrit précédemment, les postes d’émission sont regroupés en trois sources principales d’émission de gaz à effet de serre, auxquelles est ajoutée la partie relative au stockage de carbone :

#### 1.2.1. L’activité d’élevage

L’activité d’élevage couvre les émissions de méthane et de protoxyde d’azote liées à l’ensemble des animaux présents dans l’atelier (animaux en production et de renouvellement). Il s’agit des émissions associées à la fermentation entérique et à la gestion des déjections qu’elles soient restituées à la pâture ou en bâtiment, stockées puis épandues sur les cultures et les prairies.

#### 1.2.2. Le sol

Le sol produit naturellement du N<sub>2</sub>O lors des réactions de nitrification et de dénitrification. L’un des facteurs qui influencent la quantité de N<sub>2</sub>O produite est la quantité d’azote sous forme nitrique présente dans le sol. En conséquence, l’action de l’homme sur les terres agricoles

qui peut conduire à un enrichissement ponctuel en azote a tendance à augmenter les émissions de N<sub>2</sub>O. C’est ce supplément d’émission par rapport à un milieu non soumis à l’activité de l’homme qui est comptabilisé dans les inventaires. Deux catégories d’émissions d’origine anthropique sont prises en compte :

Celles correspondant aux apports azotés minéraux et organiques,

Celles résultant de l’enrichissement en azote par le lessivage de nitrates et la volatilisation d’ammoniac en provenance des terres agricoles.

#### 1.2.3. La consommation d’énergie fossile

La consommation d’énergie sur une exploitation d’élevage est composée des énergies directes et indirectes responsables d’émission de gaz carbonique. L’énergie directe est consommée sur l’exploitation ou sur l’atelier. Elle comprend généralement le fioul pour les cultures et les pratiques d’élevage ainsi que l’électricité. L’énergie indirecte regroupe les énergies consommées en amont de l’exploitation, lors de la fabrication et du transport des intrants tels que les engrais, les aliments du bétail, les produits phytosanitaires, les semences, la fabrication du matériel et des bâtiments. Les émissions liées à l’utilisation de produits phytosanitaires, à la fabrication du matériel et des bâtiments, jugées négligeables en élevage bovin, n’ont pas été considérées dans le cadre de l’étude.

#### 1.2.4. Le stockage de carbone

L’élevage bovin est généralement associé à des surfaces en herbe, à des haies, ou des bosquets qui constituent un potentiel de stockage de carbone dans le sol. La végétation synthétise de la matière organique à partir du CO<sub>2</sub> prélevé dans l’atmosphère, grâce à la photosynthèse. Une fraction importante de cette biomasse (feuilles, racines, ...) et de ces résidus est incorporée au sol. Du carbone organique peut ainsi être stocké en profondeur (de 20 à 80 cm) dans le sol. Le stockage de carbone associé au système de production intervient ainsi comme un phénomène de compensation aux émissions de GES. L’évolution du stock de carbone dans les prairies a été étudiée par Arrouays *et al.*, 2002, dans une expertise suite à la demande du ministère de l’Écologie et du Développement durable. Cette expertise évalue l’impact du changement d’usage des sols et des pratiques agricoles favorable au stockage à moyen terme (vingt ans) sur le territoire français. Les modalités de prise en compte du stockage de carbone lors d’un changement d’affectation des terres, qui émanent de ces travaux, sont fonction de l’âge des prairies (tableau 1). Le déstockage engendré par la conversion d’une prairie en culture est deux fois plus rapide que le stockage induit par la conversion inverse.

**Tableau 1 :** variation des flux de carbone sous prairies et haies (Arrouays *et al.*, 2002)

	Kg C/ha/an
Stockage sous les prairies	Prairies < 30 ans : 500 kg Prairies > 30 ans : 200 kg
Stockage sous les haies	500 kg
Déstockage lors du retournement des prairies	- 1000 kg

### 1.3. ALLOCATION DES IMPACTS ENTRE PRODUITS

Plusieurs produits peuvent être commercialisés sur un même atelier. Lorsque l’on souhaite déterminer l’empreinte carbone d’un produit (lait ou viande), il est nécessaire de répartir les émissions de l’atelier entre ces derniers. Plusieurs moyens sont envisageables pour effectuer la répartition de l’impact, les plus courants sont détaillés ci-après :

1) L'allocation économique consiste à répartir l'impact au prorata des produits économiques, sur la base de la valeur économique du produit. Ce mode d'allocation a l'avantage de s'appliquer à tous les produits agricoles, dès lors qu'ils font l'objet d'une cotation ou d'échanges économiques. Pour éviter les fortes variabilités interannuelles, il convient de moyenner les poids économiques de chaque produit sur plusieurs années (trois à cinq ans). Par contre ce mode d'allocation est déconnecté de la réalité technique et risque dans certains cas de masquer l'effet de certains leviers d'action.

2) L'allocation massique « stricte », consiste à répartir l'impact au prorata des quantités produites. Ce mode d'allocation, lié au poids de chacun des produits commercialisés, est simple d'utilisation mais ne présente aucun lien avec les systèmes de production ou de valorisation du produit. Il ne présente aucun fondement technique et aboutit à la détermination d'un poids CO<sub>2</sub> identique pour l'ensemble des produits issus d'un même atelier.

3) L'allocation massique « selon le cycle de production » s'appuie sur le mode de répartition suivant :

- les émissions liées à la période de croissance de l'animal reproducteur (jusqu'au premier vêlage) sont affectées à la vache de réforme,
- les émissions de l'animal en production sont affectées à la production du lait ou de la viande.

Ce mode d'allocation, qui consiste à affecter les émissions de GES d'une catégorie animale au produit commercialisé, présente l'avantage d'être en lien direct avec le système de production.

4) Les allocations protéique et / ou énergétique consistent à répartir l'impact au prorata de la valeur nutritionnelle du produit. Ces deux modes d'allocation permettent de rendre compte de la valeur intrinsèque des différents produits et coproduits générés par un système, en fonction de leur teneur en protéine ou en énergie. Ces modes d'allocation ne sont pas en lien avec le système de production mais avec la composition en nutriments de l'aliment destinée à satisfaire les besoins alimentaires.

Le choix d'un mode d'allocation a des répercussions importantes sur le poids supporté par les différents produits. Pour des raisons de simplicité, l'ensemble des modes d'allocation ne sera pas présenté dans cet article. Seuls les deux modes d'allocation massique stricte et massique selon le cycle de production, qui aboutissent à des résultats contrastés, seront exposés ici.

#### 1.4. LES UNITES EMPLOYEES

Pour comptabiliser les émissions de gaz à effet de serre, nous utilisons une unité commune qui est l'équivalent CO<sub>2</sub> (noté eq-CO<sub>2</sub>), fixé à 1 pour le gaz carbonique. Il est calculé sur la base d'un horizon fixé à cent ans afin de tenir compte de la durée de séjour des différentes substances dans l'atmosphère. Les équivalences retenues par le GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) pour le méthane et le protoxyde d'azote sont respectivement de 25 et de 298 équivalents CO<sub>2</sub>. Afin d'exprimer l'impact gaz effet de serre des différents produits, il est nécessaire de définir l'unité fonctionnelle. L'unité fonctionnelle est l'unité de référence qui permet de rendre compte des multiples fonctions et finalités du produit commercialisé. En lien avec les travaux en cours sur l'affichage environnemental et les caractéristiques physiques du produit sortant de l'exploitation, l'unité fonctionnelle retenue est le kg de lait ou de viande vive.

Ainsi l'empreinte carbone est exprimée en kg eq CO<sub>2</sub> / kg lait ou en kg eq CO<sub>2</sub> / kg viande vive.

## 2. RESULTATS

### 2.1. EMPREINTE CARBONE DU LAIT

De façon simplifiée, nous pouvons considérer quatre grandes familles de systèmes laitiers associées aux principales régions laitières (tableau 2). La quantification de l'impact environnemental « gaz à effet de serre » sur ces systèmes de production a porté sur les émissions brutes ainsi que sur les émissions nettes après prise en compte du stockage de carbone sous les prairies et les haies pour les deux modes d'allocation retenus. L'évaluation met en évidence une empreinte carbone brute comprise entre 0,83 et 1,30 kg eq CO<sub>2</sub> / kg lait et une empreinte carbone nette comprise entre 0,65 et 1,05 kg eq CO<sub>2</sub> / kg lait selon le système et le mode d'allocation considérés. Les valeurs obtenues mettent en évidence l'effet du mode d'allocation sur l'empreinte carbone. Avec le mode d'allocation massique stricte, l'empreinte carbone brute du lait oscille entre 1,09 et 1,30 kg eq CO<sub>2</sub> / kg lait alors que celle-ci est comprise entre 0,83 et 0,93 kg eq CO<sub>2</sub> / kg lait avec le mode d'allocation massique selon le cycle de production. L'effet système est également important lorsque l'on observe les émissions brutes. Les systèmes avec une productivité par vache ou par hectare de SFP plus élevée présentent une empreinte carbone légèrement plus faible que les systèmes plus extensifs. Cette différence s'estompe voire s'inverse lorsque l'on considère les émissions nettes. Le plus faible niveau de productivité est compensé par la prise en compte du stockage de carbone par les prairies. Compte tenu des incertitudes qui accompagnent ces évaluations, nous pouvons considérer que les empreintes carbone sont relativement proches d'un système laitier à l'autre et indépendantes de la production laitière individuelle, si l'on comptabilise l'ensemble des émissions ainsi que le stockage de carbone.

**Tableau 2** : empreinte carbone du lait issu de quatre systèmes laitiers

	Système des cultures fourragères de l'Ouest	Système des zones mixte cultures et élevage	Système des zones herbagères N-O et Est	Systèmes montagne et Franche Comté
UGB/ha SFP	1,72	2,09	1,21	1,27
Kg lait / VL	8300	7600	6000	6250
kg lait / ha SFP	9530	11147	4371	5424
% maïs/SFP	36 %	40 %	0 %	0 %
<b>Allocation massique stricte</b>				
Émissions brutes (kg CO <sub>2</sub> /kg lait)	1,09	1,04	1,30	1,17
Emissions nettes (kg CO <sub>2</sub> /kg lait)	1,05	0,94	0,89	0,83
<b>Allocation massique selon le cycle de production</b>				
Emissions brutes (kg CO <sub>2</sub> /kg lait)	0,83	0,83	0,93	0,90
Emissions nettes (kg CO <sub>2</sub> /kg lait)	0,81	0,74	0,65	0,65

### 2.2. EMPREINTE CARBONE DE LA VIANDE

De façon simplifiée, nous pouvons considérer trois grandes familles de systèmes spécialisés d'engraissement de jeunes bovins en France (tableau 3). Ces ateliers d'engraissement de taurillons issus de troupeaux allaitants à l'origine d'un produit unique ne sont pas concernés par les règles d'allocation évoquées plus haut. Toutes les émissions émises dans l'atelier d'engraissement sont affectées à la

production de viande de taurillons. A ces émissions intervenues durant la phase d'engraissement ont été ajoutées les émissions survenues lors de la phase d'élevage des broutards. L'empreinte carbone brute de la viande des systèmes retenus est comprise entre 9,5 et 12,4 kg eq CO<sub>2</sub> / kg de viande vive et l'empreinte carbone nette oscille entre 6,4 et 9,7 kg eq CO<sub>2</sub> / kg de viande vive (tableau 3). Les émissions de gaz à effet de serre liées à l'élevage des broutards représentent entre 70 et 75 % de l'empreinte finale soit 25 à 30 % pour la période d'engraissement. Le système d'élevage des broutards influe ainsi considérablement l'empreinte carbone du produit final. Le système avec un chargement plus élevé et une part de maïs plus forte sur l'ensemble de la période de croissance de l'animal possède l'empreinte carbone brute la plus forte. La prise en compte du stockage de carbone sous les prairies conjuguée à une plus faible intensification du système (durée d'engraissement et présence en bâtiment plus faibles, part de prairie plus élevée, moins d'intrants,...) rencontrée dans les systèmes limousins se traduit par une empreinte carbone nette plus faible comparativement aux autres systèmes.

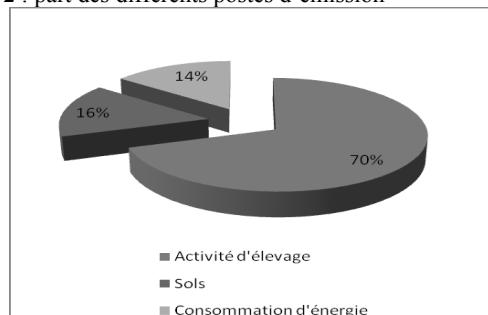
**Tableau 3** : empreinte carbone de la viande de taurillon issue de troupeaux allaitants

	Naissage et engraissement de Charolais dans l'Ouest	Naissage et engraissement de Limousins	Naissage de Charolais en zone centre et engraissement dans l'Ouest
% maïs/SFP en phase d'élevage	10 %	0 %	0 %
% maïs/SFP en phase d'engraissement	90 %	100 %	95 %
UGB/ha SFP en phase d'élevage	1,3	1,0	1,0
Emissions brutes (kg CO <sub>2</sub> /kg viande vive)	12,4	9,5	11,7
Emissions nettes (kg CO <sub>2</sub> /kg viande vive)	9,7	6,4	9,5

### 2.3. PART DES DIFFERENTS POSTES DANS L'EMPREINTE CARBONE

Dans les systèmes de production lait et viande, les émissions liées à l'activité d'élevage représente la part la plus importante (70 %) dont l'essentiel est lié à la fermentation entérique qui est responsable en moyenne de 50 % de l'empreinte carbone au portail de la ferme (figure 2). Les émissions liées aux sols (16 %) et aux consommations d'énergie (14 %) sont plus faibles.

**Figure 2** : part des différents postes d'émission



Le stockage de carbone sous prairies intervient comme un phénomène de compensation très différent selon les systèmes de production. Il est très faible, inférieur à 5 %, dans les systèmes laitiers avec cultures fourragères importantes où la part de maïs est proche de 40 %. Il représente jusqu'à 30 % des émissions globales dans les

systèmes laitiers herbagers et jusqu'à 50 % dans les systèmes bovins allaitants 100 % herbe.

### 3. DISCUSSION

La comparaison des données obtenues à celles de la bibliographie est relativement délicate sans connaissance parfaite des méthodologies employées. Pour la production laitière, nous constatons cependant que l'empreinte carbone déterminée est proche des valeurs les plus communément citées dans la bibliographie, à savoir 1 kg eq CO<sub>2</sub> / kg lait. De même, l'empreinte carbone de la viande déterminée dans ce projet est du même ordre de grandeur que celles observées dans la bibliographie qui oscillent entre 9 et 15 kg eq CO<sub>2</sub> / kg de viande vive. Au delà de la seule quantification, ce travail permet de hiérarchiser des différents postes d'émission et ainsi d'identifier les pistes de réduction des émissions de gaz à effet de serre à l'échelle d'un système de production. De nombreuses solutions (réduction du méthane entérique, augmentation du pâturage, utilisation de légumineuses fourragères, diminution des intrants, réduction de la consommation énergétique,...) devront être étudiées afin de hiérarchiser les priorités.

### CONCLUSION

Ce travail constitue une des premières étapes à l'évaluation de l'empreinte carbone des produits issus des filières bovines et de leur contribution au phénomène de réchauffement climatique. De telles investigations sont riches d'enseignement et mettent en évidence la nécessité de bien préciser le cadre méthodologique afin de disposer de données comparables. C'est l'objet des groupes de travail pilotés par l'ADEME et l'AFNOR dans le cadre de la démarche de l'affichage environnemental. La méthode GES'TIM constitue un socle précieux pour les discussions méthodologiques relatives à l'affichage environnemental. Néanmoins, l'évaluation de l'impact environnemental étant plus large, il conviendra d'élargir la démarche à d'autres indicateurs d'impact comme l'épuisement de la ressource en eau, la préservation de la biodiversité,...

*Les auteurs remercient les partenaires professionnels (INTERBEV, CNIEL) pour leur implication technique et financière sur cette thématique, ainsi que les collègues des réseaux d'élevage pour leur contribution à la formalisation des systèmes de production étudiés.*

**Arrouays D., Balesdent J., Germon J.C., Jayet P.A. Soussana J.F., Stengel P., 2002**, Contribution à la lutte contre l'effet de serre. Stocker du carbone dans les sols agricoles de France ? Expertise scientifique collective. Rapport. INRA, 332p

**Deltour L., M. Cariolle, J-B. Dollé, S. Espagnol, F. Flénet, N. Guingand, S. Lagadec, A. Le Gall, A. Lellahi, C. Malaval, P. Ponchant, 2009**. GES'TIM : Guide méthodologique pour l'estimation des impacts des activités agricoles sur l'effet de serre, 138p. Disponible sur : <http://www.inst-elevage.asso.fr>

**GIEC, 2006**, Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre, préparé par le programme pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. et Tanabe K. (eds). Publié : IGES, Japon.

**Soussana J.F., Allard V., Pilegaard K., Ambus P., Amman C., Campbell C., Ceschia E., Clifton-Brown J.,..., 2007**, Full accounting of the greenhouse gas (CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>) budget of nine European grassland sites, *Agriculture, Ecosystems and environment* 121 (2007) 121-134.