

GES'TIM – des apports pour l'évaluation environnementale des activités agricoles

Gac A.⁽¹⁾, Cariolle M.⁽²⁾, Deltour L.⁽¹⁾, Dollé J.B.⁽¹⁾, Espagnol S.⁽³⁾, Flénet F.⁽⁴⁾, Guingand N.⁽³⁾, Lagadec S.⁽³⁾, Le Gall A.⁽¹⁾, Lellahi A.⁽⁵⁾, Malaval C.⁽⁵⁾, Ponchant P.⁽⁶⁾, Tailleur A.⁽⁵⁾

(1) Institut de l'Élevage, Département Techniques d'élevage et qualité, 149 rue de Bercy, 75012 Paris

(2) ITB, Institut technique de la betterave 45 rue de Naples, 75008 Paris

(3) IFIP - Institut de la filière porcine, La Motte au Vicomte, BP 35104, 35651 Le Rheu Cedex

(4) Cetiom, Avenue Lucien Brétignières, 78850 Thierval-Grignon

(5) ARVALIS-Institut du Végétal, Service Agronomie Economie Environnement, 91 720 Boigneville

(6) ITAVI - Institut technique de l'aviculture, Zoopôle Beaucemaine, 22440 Ploufragan

Correspondance : armelle.gac@idele.fr

Résumé :

Dans un contexte de forte préoccupation concernant le changement climatique et l'impact des activités humaines sur l'environnement, les instituts techniques agricoles animaux (Institut de l'élevage, IFIP, ITAVI) et végétaux (ARVALIS Institut du Végétal, CETIOM, ITB) ont souhaité fournir les moyens méthodologiques pour préciser la contribution de l'agriculture à l'effet de serre.

Le guide méthodologique GES'TIM a ainsi été élaboré pour constituer la référence en matière d'estimation des impacts des activités agricoles sur l'effet de serre (quantification des émissions gazeuses du cheptel, du sol, consommations d'énergies, intrants et compensation par le stockage de carbone). L'objectif est de proposer un vocabulaire et un cadre méthodologique homogénéisés, avec des facteurs d'émissions représentatifs des filières de production agricole françaises. La volonté est de diffuser ce référentiel afin de créer des repères pour les décideurs, les techniciens et les agriculteurs, en vue de raisonner les itinéraires techniques face au défi du changement climatique. GES'TIM est une production de l'action Casdar « Gaz à effet de serre et stockage de carbone en exploitations agricoles » (2007 -2009).

Mots clés : méthode d'évaluation environnementale, gaz à effet de serre, stockage de carbone, systèmes de production agricoles

Abstract: Greenhouse Gases and Carbon Sequestration – Contributions for the environmental assessment of the agricultural activities

In a context of strong concern about climate change and the impact of the human activities on the environment, the French agricultural technical institutes for animals (Livestock Institute, IFIP, ITAVI) and for crops (ARVALIS, CETIOM, ITB) wanted to supply a methodological framework to assess contribution of agriculture to climate change.

The methodological guide GES'TIM was elaborated to be the reference for the Climate Change impact assessment of agricultural activities (quantification of gas emissions of livestock, soil, energy consumptions, inputs and compensation by carbon storage). The aim is to propose homogenized vocabulary and methodological frame, with emission factors which are representative of the French agricultural production sectors. The wish is to spread this reference table to create marks for the decision-makers, advisers and farmers, for the improvement of the practices. GES'TIM was produced during the Casdar project "Greenhouse gas and carbon sequestration on farms" (2007-2009).

Keywords: environmental assessment methodology, greenhouse gas, carbon storage, agricultural production systems

Introduction

L'agriculture est l'un des principaux secteurs émetteurs de gaz à effet de serre (GES), que ce soit au niveau national (19% des GES émis en France, avec une répartition égale entre filières animales et végétales. CITEPA, 2009a) ou mondial (13% des émissions anthropiques. GIEC, 2007). Les émissions agricoles ont diminué d'environ 12% entre 1990 et 2007, mais des marges de progrès sont encore possibles.

La France s'est engagée, dans le cadre de la Convention cadre des Nations unies sur le changement climatique (CCNUCC), à rendre compte annuellement de ses émissions de gaz à effet de serre selon la méthodologie internationale d'inventaire fixée par le GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental pour l'évolution du climat). Cette méthodologie consensuelle, reconnue au niveau international, est largement utilisée. Les émissions y sont comptabilisées par secteur d'activité, selon trois niveaux possibles, du plus générique, correspondant à des situations moyennes (Tier 1), au plus détaillé, intégrant des données et des modes de calcul spécifiques au pays (Tier 3). Cette méthodologie ne permet pas de tenir compte des spécificités nationales en termes de modes de production (diversité des systèmes, des conduites animales et végétales...) et n'est donc pas adaptée pour être appliquée à l'échelle des exploitations agricoles ou des produits alimentaires. Elle présente également le désavantage de ne comptabiliser que les émissions gazeuses, sans raisonner en terme d'impact sur l'effet de serre, qui consiste à réaliser le bilan entre les émissions et la compensation permise par le stockage de carbone sous les prairies et les haies (Lucbert et al., 2008).

Pourtant, au niveau mondial, le rôle de l'agriculture et de l'élevage dans la lutte contre le changement climatique est désormais largement reconnu et a été mis en avant lors des négociations de Copenhague. Il est admis que les sols représentent le puits de carbone le plus important sur terre (1500 milliards de tonnes de C, GIEC 2007) et que la gestion des prairies constitue une voie prometteuse pour réduire les émissions de GES : l'élevage et les systèmes pastoraux ont ainsi un rôle majeur à jouer dans la réduction du réchauffement climatique (Arrouays, 2002 ; FAO, 2009).

Parallèlement, le renforcement des politiques publiques en matière d'environnement, en particulier en France avec le Grenelle de l'Environnement (objectif de réduction des GES et des consommations d'énergie, affichage environnemental des produits), mais aussi les critiques de la société publique envers les produits issus de l'élevage (attaques « anti-viande ») nécessitent de mieux appréhender les incidences de l'élevage sur l'effet de serre. L'enjeu est à la fois de connaître les niveaux d'impacts en fonction des modes de production, d'identifier les sources, les points forts et les points faibles en fonction des situations, pour pouvoir formuler des pistes de réduction de cet impact sur l'effet de serre à l'échelle des exploitations agricoles.

S'inscrire dans cette démarche d'amélioration nécessite de préciser la contribution des filières agricoles françaises à l'effet de serre, par une quantification des émissions gazeuses et du stockage de carbone à l'échelle de l'exploitation. Des méthodes d'évaluation environnementales adaptées doivent donc être développées pour établir les empreintes carbone des systèmes et des produits agricoles, et pour identifier et évaluer les marges de progrès possibles.

Les instituts techniques agricoles (ARVALIS -Institut du Végétal, CETIOM, ITB, Institut de l'Élevage, IFIP et ITAVI) se sont ainsi mobilisés de 2007 à 2009 au travers de l'action "Gaz à effet de serre et stockage de carbone en exploitations agricoles", bénéficiant du soutien financier du ministère de l'Agriculture (fonds Casdar, compte d'affectation spéciale développement agricole et rural) et du suivi

scientifique de l'ADEME, l'INRA, l'UNIFA, le CITEPA et Solagro pour créer le guide méthodologique GES'TIM.

Ce papier précise la méthodologie utilisée pour mettre au point ce guide ; il détaille les résultats obtenus en termes d'avancées méthodologiques et de données d'impacts pour les intrants et illustre l'application de la méthodologie sur quelques systèmes de production.

1. La démarche poursuivie

1.1 Définition du cadre méthodologique

L'objectif a été d'élaborer une méthode harmonisée d'évaluation des émissions de gaz à effet de serre et des stockages de carbone en exploitation agricole. Pour cela, les approches des différents partenaires sur les évaluations des émissions des gaz à effet de serre à l'échelle de l'exploitation et des systèmes de cultures (rotations) ont été rassemblées, pour élaborer une méthode commune et faisant l'objet d'un consensus. Cette première action du projet s'est structurée en trois sous actions :

- préciser le périmètre de l'exploitation,
- inventaire des émissions de GES à partir des flux internes à l'exploitation,
- inventaire des émissions de GES à partir des flux « amont » à l'exploitation (intrants).

La méthode de travail s'est basée sur la mise en commun et le débat sur les méthodes mises en œuvre par chaque partenaire. Ces éléments ont été discutés en comité technique ou au sein des deux « groupes filière » : productions végétales (ARVALIS-institut du végétal, le CETIOM et l'ITB) et productions animales (l'ITAVI, l'IFIP et l'Institut de l'Élevage). Ce travail a été basé sur une large consultation de sources bibliographiques et d'experts.

1.2 Création de référentiels harmonisés entre filières

Cette action s'est décomposée aussi en trois sous actions :

- constitution d'un référentiel des coefficients d'émissions de gaz à effet de serre et consommation d'énergie liées aux flux internes au système agricole,
- constitution et mise à jour de référentiels concernant les facteurs et coefficients d'émission pour les intrants en production végétale et en production animale,
- constitution d'un référentiel pour décrire le niveau et la dynamique de stockage du carbone dans les sols.

Des groupes de travail par thème ont été constitués au sein des groupes filières (animale et végétale) ou en transversal pour traiter de questions méthodologiques spécifiques : gestion des déjections, mécanisation, etc. Au sein de chaque groupe et pour chaque thème, les propositions élaborées à partir de la bibliographie et de la consultation d'experts, ont ensuite été soumises au comité scientifique ou à des experts extérieurs pour validation.

Concernant les émissions indirectes, des données d'impact sur l'effet de serre pour les principaux intrants agricoles (aliments, fertilisants) sont disponibles dans GES'TIM. Cela couvre les impacts générés lors de la fabrication des intrants et lors de leur acheminement jusqu'à l'exploitation. Elles ont été établies à partir de données statistiques sur les utilisations et importations de matières premières en alimentation animale pour la fabrication d'aliments composés (Céréopa, Syndicat national de l'industrie de la nutrition animale) et sur les informations sur les intrants des cultures (Union des industries de la fertilisation).

1.3 Mise en œuvre au niveau d'exploitations et de systèmes de cultures (rotations)

Cette action vise premièrement la mise en application de la méthode élaborée sur des systèmes d'exploitation et rotations. L'objectif était de créer des premières références pour le conseil de terrain :

- pour différents systèmes de production types reflétant la grande diversité des systèmes de production français dont certains combinant des productions animales et végétales (systèmes de production types, représentatifs de chaque filière, bonne couverture géographique),
- et intégrant des itinéraires techniques contrastés et porteurs d'enjeux vis à vis de la thématique de l'effet de serre (représentatifs des pratiques actuelles et des itinéraires optimaux).

Au cours de cette action, des échanges ont eu lieu entre chaque institut technique animal et Arvalis, pour la production conjointe des références sur les systèmes couplant atelier végétal et animal.

2. Résultats

2.1 Une concrétisation des apports du projet dans le guide méthodologique GES'TIM

Le guide méthodologique GES'TIM propose un cadre homogénéisé et un référentiel pour évaluer l'impact en terme d'effet de serre des productions des filières bovines, porcines, avicoles et des grandes cultures (Gac et al., 2010a). Le guide GES'TIM est aujourd'hui disponible sur les sites Internet des instituts techniques et sera régulièrement actualisé pour tenir compte de l'avancée des connaissances et des résultats obtenus par son application à des systèmes de production contrastés.

2.1.1 Principes du calcul du bilan effet de serre à l'échelle de l'exploitation

Par activité agricole, on entend ici, l'ensemble des processus nécessaires à la production de denrées agricoles ayant cours sur le périmètre, c'est à dire le site de l'exploitation agricole jusqu'à leur sortie au portail de la ferme. L'approche intègre également les intrants de l'exploitation agricole (engrais, alimentation animale, ...) selon une approche par cycle de vie.

Sur ce périmètre, l'évaluation de l'impact environnemental « effet de serre » consiste à faire le bilan des émissions de gaz à effet de serre (les GES directs correspondent aux émissions intervenant sur l'exploitation, les GES indirects sont liés aux intrants) et des compensations (Stockage de Carbone sous les prairies et les haies) observées aux différents stades de production :

$$\text{Bilan GES} = \text{GES directs} + \text{GES indirects} - \text{Stockage C}$$

Le méthane (CH₄), le protoxyde d'azote (N₂O) et le dioxyde de carbone (CO₂) sont les principaux GES émis par l'agriculture. Les facteurs d'émissions et coefficients de stockage de GES'TIM, adaptés aux conditions des productions agricoles françaises, sont issus d'une revue bibliographique actualisée.

La mise en œuvre du calcul de l'empreinte carbone mobilise un ensemble de variables (Figure 1) :

- des données techniques, dites primaires, directement accessibles à l'échelle de l'exploitation (cheptel, surfaces, production, etc.) ;
- des données techniques secondaires, calculées à partir des primaires, à partir de référentiels (ref) ou d'hypothèses (azote excrété, quantités de déjections, etc.) ;
- des facteurs d'émissions (FE), qui vont permettre de convertir les données d'activité en émissions de gaz à effet de serre (CH₄, N₂O et CO₂) ;
- des facteurs de caractérisation (FC), qui traduisent l'ensemble des contributions des gaz à l'effet de serre en impact sur l'effet de serre, exprimé dans une unité commune : l'équivalent

CO₂. On utilise les potentiels de réchauffement globaux (PRG) à 100 ans de chacun des gaz (CH₄ : 25 ; N₂O : 298 ; CO₂ : 1).

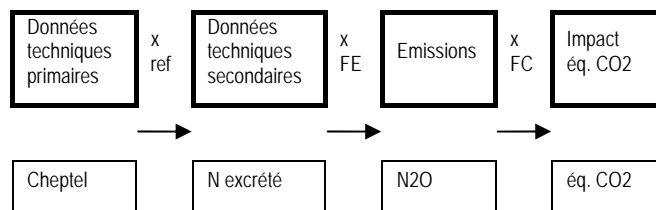


Figure 1 : Etapes du calcul de l'empreinte carbone avec l'exemple du N₂O

2.1.2 Un référentiel sur les postes d'émissions de GES, de consommation d'énergie et de compensation carbone

Les émissions de gaz à effet de serre en agriculture sont à la fois celles générées par les activités biologiques (animaux, sols, déjections) et physico-chimiques (agro-industrie), ainsi que par l'utilisation d'énergie.

Sont distinguées les émissions de gaz à effet de serre directes et indirectes, en lien avec la localisation des émissions :

- les émissions directes qui ont physiquement lieu au cours et/ou sur le lieu de l'activité de production agricole. C'est le cas des émissions liées à la fermentation entérique des vaches,
- les émissions indirectes qui ont lieu à l'extérieur du lieu de production agricole, généralement en amont. Les émissions liées à la fabrication des engrais minéraux sont des émissions indirectes par exemple.

Le guide GES'TIM propose des facteurs d'émissions récents et adaptés aux différents modes de production nationaux pour les principaux postes d'émissions et de compensation couverts que sont :

- l'élevage : les émissions de méthane entériques, les émissions de méthane et de protoxyde d'azote des déjections au bâtiment, au stockage (et traitement), à l'épandage et au pâturage ;
- le sol : émissions de protoxyde d'azote liées aux phénomènes de nitrification et dénitrification des apports directs d'azote par la voie de la fertilisation organique (y compris pâturage et via les résidus de culture) et minérale, et des apports indirects résultant de l'enrichissement en azote par le lessivage de nitrates et la volatilisation d'ammoniac en provenance des terres agricoles ;
- l'énergie : émissions de CO₂ résultant de la combustion de fioul sur l'exploitation ou sur l'atelier et émissions d'équivalent CO₂ résultant de la production d'énergies fossiles consommées (électricité et fioul) ; en lien avec la mécanisation en élevage (salle de traite, étable, matériel de manutention, bâtiment...) et sur l'atelier cultures (gestion de l'inter-culture, préparation du sol, semis, traitements, récolte, transport agricole)
- le stockage de carbone : stockage de carbone additionnel sous forme de matière organique stable dans le sol (sous haies et prairies) résultant de la consommation de CO₂ atmosphérique par photosynthèse ; mise en évidence des phénomènes de stockage et de destockage en fonction en lien avec les pratiques et de la dynamique temporelle ;
- les émissions indirectes des intrants : impact en équivalent CO₂ généré lors de la fabrication et du transport des intrants (semences, produits de protection des plantes, engrais, aliments du bétail,) ; il s'agit en particulier de CO₂ d'origine énergétique, mais aussi des autres GES, dont le N₂O issu de la fabrication des engrais ;

Concernant les émissions indirectes, des données d'impact sur l'effet de serre pour les principaux intrants agricoles (aliments, fertilisants) sont disponibles dans GES'TIM. Cela couvre les impacts

générés lors de la fabrication des intrants et lors de leur acheminement jusqu'à l'exploitation. Elles ont été établies à partir de données statistiques sur les utilisations et importations de matières premières en alimentation animale pour la fabrication d'aliments composés (Céréopa, Syndicat national de l'industrie de la nutrition animale) et sur les informations sur les intrants des cultures (Union des industries de la fertilisation).

Pour illustration, le Tableau 1 présente une sélection de facteurs d'émissions mobilisables pour l'évaluation des gaz à effet de serre en élevage herbivore, issus du référentiel GES'TIM.

Poste	Facteurs d'émissions et modalités de calcul	
CH4 entérique	113,5 kg CH4 /an / VL à 5900 kg lait 131,2 kg CH4 /an / VL à 7700 kg lait	72,0 kg CH4 /an / Vache Allaitante
CH4 bâtiment	81 kg CH4 / UGB/an en litière accumulée 6,7 kg CH4 / UGB/an en stabulation entravée ou logette 36,5 kg CH4 / UGB/an en litière accumulée et aire raclée	
CH4 stockage déjections	13 kg CH4 / an / m3 de lisier 4,5 kg CH4 / an / tonne de fumier	
N2O stockage déjections	0 g N2O / kg N stocké en lisier 4,7 g N2O / kg N stocké en fumier	
N2O sol (direct)	1 % N épandu (organique ou minéral) 0,02 % N restitué au pâturage 0 % N fixé par les légumineuses	
CO2	2,6 kg CO2 / litre de fioul brûlé sur l'exploitation 5,3 kg eq. CO2/ kg N minéral importé 1,6 kg eq. CO2/ kg tourteau soja importé 0,3 kg eq. CO2/ kg VL 18 importé - 1,83 tonne eq. CO2/ ha de prairie	

Tableau 1 : Les principaux GES en élevage herbivore avec GES'TIM (extrait)

2.1.3 Des préconisations méthodologiques

La vocation du guide méthodologique GES'TIM est de fournir les éléments nécessaires à la réalisation des calculs pour l'impact sur le changement climatique. Il propose donc des éléments méthodologiques et oriente l'utilisateur de la méthode dans ces choix. Il contient tous les éléments méthodologiques pour une estimation à différentes échelles (filière, exploitation, atelier, produit) et dans différents cadres (empreinte carbone, Bilan Carbone®, Analyse de Cycle de Vie, évaluation environnementale des exploitations, etc.).

En particulier, des éléments sont précisés sur les points suivants :

- **l'unité fonctionnelle** : il s'agit de l'unité de référence dans laquelle sont rapportés les émissions ; elle doit permettre de rendre compte des multiples fonctions et finalités des systèmes agricoles étudiés (ex : eq. CO₂/ litre de lait, eq. CO₂/ 100 kg VV, eq. CO₂/ha) ;
- **les modes d'allocation** : cette règle permet de répartir les impacts d'un système de production entre les différents produits générés simultanément par ce système. L'exemple le plus parlant est celui du lait et de la vache de réforme laitière. Un autre est celui de l'allocation entre le grain et la paille, ou l'huile et le tourteau. Le guide soulève les questions posées par l'allocation et émet des préconisations pour leur choix.

- **le traitement de l'incertitude** : l'incertitude est trop rarement estimée dans les études d'évaluations environnementales et d'ACV. Un point est fait sur les sources d'incertitudes et de variabilité pour ces études en agriculture, ainsi que sur ce qu'en disent la norme sur l'ACV (AFNOR, 2006), le GIEC (2007) et le CITEPA (2009b).

2.2 Une application de la méthode à différentes productions agricoles

2.2.1 En production herbivore

Les premières applications de GES'TIM en filière bovine, concernent quelques systèmes types laitiers et allaitants. Les résultats de ces travaux ont fourni des premiers chiffrages d'empreintes carbone en faisant apparaître des écarts liés à la capacité de stockage du carbone des différents systèmes fourragers (Dollé et al., 2009). Les enjeux ont été ensuite de déployer l'approche sur un grand nombre de situations d'élevage, afin de mieux appréhender la variabilité des résultats entre systèmes de production et entre exploitations : Quelles sont les performances environnementales des différents systèmes ? Quels sont les postes les plus émetteurs ? Au sein des systèmes, quelles sont les exploitations les plus performantes ? Pourquoi ? Grâce à quelles pratiques ? Il s'est agi *in fine* d'identifier les leviers d'action possibles pour réduire efficacement les émissions de gaz à effet de serre, et de définir des stratégies de réduction adaptées à chaque système pour les traduire en termes de conseils aux éleveurs.

L'Institut de l'Élevage a donc appliqué le cadre méthodologique GES'TIM à un large échantillon d'exploitations spécialisées d'élevage bovin (lait et viande) issues de la base de données des Réseaux d'Élevage (Gac et al., 2010b). L'objectif est d'obtenir des résultats qui traduisent les caractéristiques techniques de chaque exploitation pour aboutir aux empreintes carbone des différents systèmes spécialisés laitiers et allaitants français.

Ce travail apporte des repères sur les émissions de GES et le stockage du carbone des élevages dans les différents systèmes de production. Ainsi, les systèmes laitiers affichent des empreintes carbone brutes comprises entre 1,19 et 1,29 kg équivalent (éq.) CO₂ par litre de lait produit et un taux de compensation par le stockage de carbone de 4 à 31% des émissions de GES (soit des empreintes nettes de 0,84 à 1,14 kg éq. CO₂) (Figure 2). Ces niveaux d'émissions sont cohérents avec la bibliographie qui fait apparaître des empreintes carbone brutes autour de 1,0 kg éq. CO₂ par litre (Basset-Mens et al. 2009, Cederberg et al. 2000, Dollé et al. 2009, FIL 2009, Gerber et al. 2010, Haas et al. 2001, Thomassen et al. 2005, van der Werf et al. 2009). Les empreintes carbone des systèmes allaitants s'établissent entre 1412 et 2023 kg éq. CO₂ pour 100 kg de viande vive en brut et entre 872 et 1473 kg en net (compensation de 24 à 53%) (Figure 3). Ces valeurs sont comparables aux empreintes carbone estimées lors des travaux de Dollé et al. (2009) et sont proches de celles mentionnées dans les travaux de Nguyen et al. (2010) et de Ogino (2004) (de 1200 à 2000 kg éq. CO₂ / 100 kg vv).

Ces composantes environnementales fournissent une nouvelle clé pour l'analyse technique des systèmes. Les niveaux d'émissions sont liés aux composantes structurelles, techniques et économiques qui caractérisent chaque système, en particulier le système d'alimentation et la part de prairies permanentes. Dans la plupart des cas, la variabilité des empreintes carbone est plus importante à l'intérieur d'un même système qu'entre les systèmes. Cette analyse propose également des pistes de réduction des émissions adaptées aux systèmes de production et ouvre des perspectives pour réduire l'impact des exploitations bovines sur l'effet de serre. En particulier, le rôle des prairies et des haies dans la séquestration du carbone atmosphérique a été mis en évidence pour l'ensemble des filières herbivores (Gac et al., 2010c).

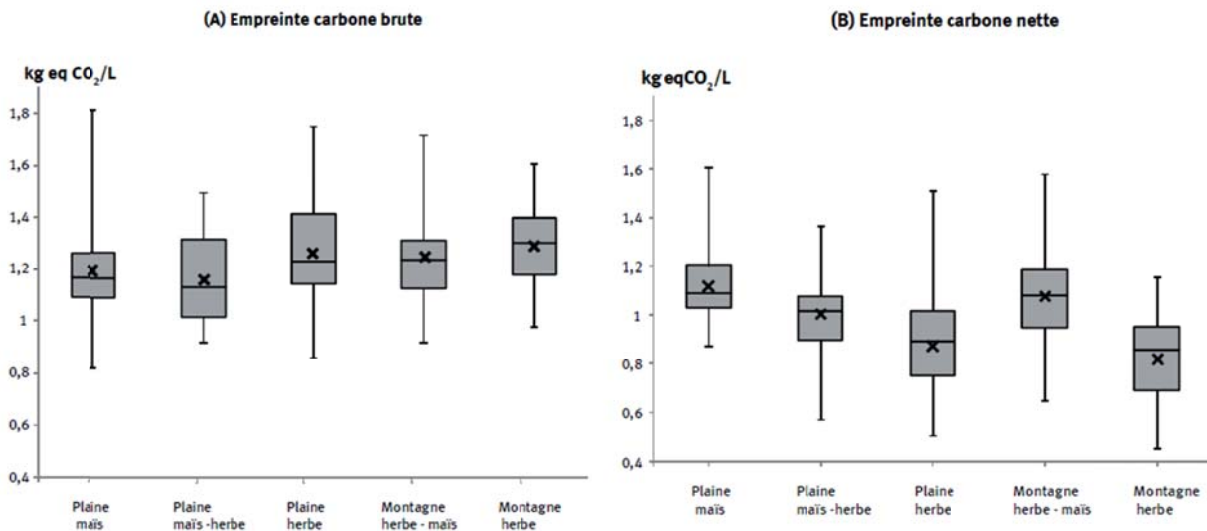


Figure 2 : Variabilité des empreintes carbone brutes (A) et nettes (B) des systèmes laitiers (éq. CO₂ / l de lait)

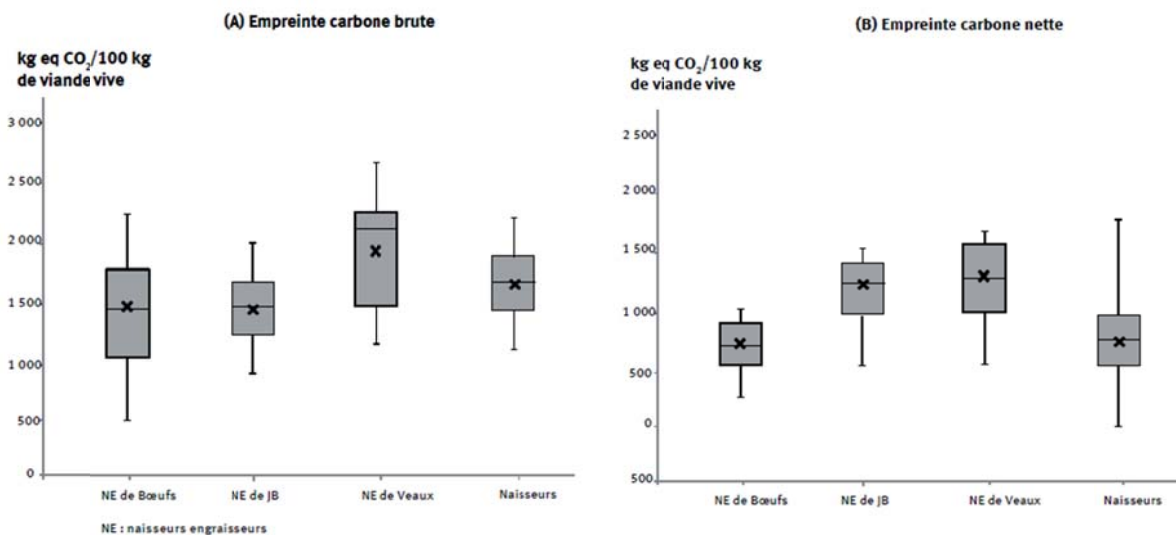


Figure 3 : Variabilité des empreintes carbone brutes (A) et nettes (B) des systèmes allaitants spécialisés (éq. CO₂ / 100 kg VV)

2.2.2 En production porcine

La mise en œuvre de la méthode GES'TIM sur la filière porcine nationale (Espagnol et al., 2009 & 2010) a permis d'évaluer l'empreinte carbone de l'élevage porcin français (sortie élevage). Cette évaluation ayant requis une estimation des consommations d'énergie directes et indirectes par la ferme nationale, celles-ci sont également rapportées (exprimées en mégajoules par kilogramme de porc vif). Cette première estimation conduit à une empreinte carbone de la filière porcine de 2,69 kg eqCO₂/kg porc vif. Les consommations d'énergie primaire associées sont de 11,08 MJ/kg porc. Les valeurs de la bibliographie s'étalent de 1,5 à 4 kg eqCO₂/kg porc vif (Basset-Mens et al., 2004, Ericksson et al., 2005, Cederberg et al., 2004, Espagnol et Rugani, en cours).

Il apparaît que les deux principaux postes d'émissions de GES (Figure 4) sont la production de porcs (comprenant les émissions directes liées aux animaux, à leurs déjections et aux consommations d'énergie) et la fabrication et l'approvisionnement en aliments (partie des émissions indirectes). Ils représentent respectivement près de 60 % et 39 % des émissions de GES totales.

Si l'on considère les seules consommations d'énergie, l'importance relative de ces deux postes est inverse : 62 % sont liés à la fabrication et l'approvisionnement des aliments et 34 % à la production de porcs.

Un zoom sur le poste « production de porcs » permet de détailler les contributions relatives à l'« effet de serre » des émissions de CH₄, de celles de N₂O (liées aux animaux et effluents) et des émissions liées aux consommations d'énergie du bâtiment. Pour la production porcine, ce sont très majoritairement les émissions de CH₄ qui contribuent au réchauffement climatique (94 %), la source prépondérante (62 %) étant le stockage des effluents.

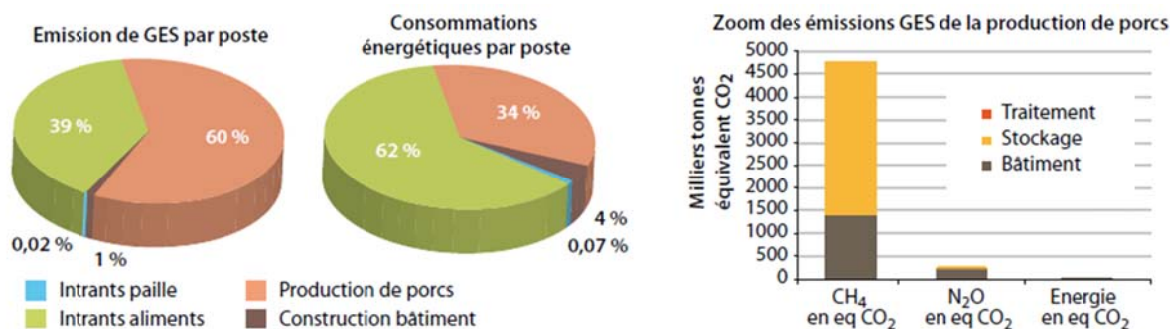


Figure 4 : Répartition des émissions de GES et des consommations énergétiques entre postes en élevage porcin

Ce travail a permis d'identifier des sources d'imprécision dans l'évaluation (par manque de références ou en raison de fortes incertitudes associées aux valeurs disponibles) et de cibler les postes les plus sensibles à cet égard.

Des travaux complémentaires seront donc nécessaires pour consolider ces références ; ce besoin se manifeste dans plusieurs projets d'actualité (projet d'affichage environnemental des produits de consommation issu du Grenelle de l'environnement, marché du carbone). L'enjeu des travaux à conduire est de doter la filière porcine de valeurs représentatives du contexte de production français, et qui soient sensibles à la diversité des élevages et aux voies de progrès possibles.

2.2.3 En grandes cultures

En grandes cultures également, des références ont été produites, sur les impacts GES et énergie des principales céréales et coproduits, notamment pour le calcul des intrants alimentaires en l'élevage. Des itinéraires techniques contrastés ont également été testés dans le cadre du projet, telle l'insertion d'un pois dans une rotation grandes cultures.

Parallèlement, l'outil EGES a été mis au point. Il s'agit d'une calculatrice simplifiée basée sur la méthode GES-TIM et les références établies dans le cadre du Casdar pour réaliser des bilans énergie et gaz à effet de serre à l'échelle de rotations culturales.

Cet outil spécifique aux grandes cultures (cultures concernées : betteraves, blé tendre, blé dur, colza, maïs grain et ensilage, luzerne, orge, pois, pomme de terre, sorgho et tournesol) a été conçu en partenariat par Arvalis Institut du Végétal, le CETIOM et l'ITB, dans un but pédagogique. Destiné aux agriculteurs, techniciens de coopératives et à l'enseignement agricole, il permet à l'utilisateur d'acquérir des ordres de grandeur en terme de consommation d'énergie et gaz à effet de serre, d'identifier les postes les plus impactants et les leviers d'action disponibles. Il est disponible gratuitement par internet sur un site spécifique, directement accessible à partir des sites d'Arvalis, du Cetiom et de l'ITB.

Conclusions et perspectives

Le guide méthodologique GES'TIM a été élaboré pour constituer la référence en matière d'estimation des impacts des activités agricoles sur l'effet de serre. Il est compatible avec les méthodologies d'inventaire, d'analyse de cycle de vie et d'empreinte carbone des produits. Le guide GES'TIM est aujourd'hui disponible et sera régulièrement actualisé pour tenir compte de l'avancée des connaissances.

L'intérêt et l'originalité de ce projet ont été de fournir les éléments méthodologiques et les référentiels permettant de fournir des premières références, très attendues, sur les performances environnementales des systèmes. L'objet était de créer des repères pour les décideurs, les techniciens et les agriculteurs, en vue de raisonner les itinéraires techniques face au défi du changement climatique.

La méthode se veut suffisamment détaillée et représentative pour accéder à l'analyse des leviers d'action disponibles à l'échelle de chaque système de production agricole. Elle doit cependant encore évoluer pour améliorer sa sensibilité aux différences ou changements de pratiques. Pour cela, l'acquisition de connaissances sur les émissions de gaz à effet de serre dans différentes situations techniques (bâtiments, stockage des déjections) et pédoclimatiques (émissions du sol) doivent être poursuivies pour améliorer le jeu de facteurs d'émissions disponibles. De même, les recherches sur les émissions du CH₄ entérique restent à approfondir. Sur le volet du stockage de carbone, le projet a permis de fournir des premiers coefficients de compensation valables à une échelle nationale ; les besoins se situent aujourd'hui au niveau de la prise en compte des différents contextes pédoclimatiques et des pratiques agricoles sur l'évolution de ces stocks.

Ce projet a permis d'acquérir des bases méthodologiques solides pour réaliser des évaluations environnementales en agriculture (FE et méthode). Pour les partenaires, des habitudes de travail en commun ont été prises et seront mises à profit dans d'autres projets partenariaux sur l'évaluation environnementale en agriculture.

Ces référentiels et bases méthodologiques sont aujourd'hui utilisées pour la création d'outils, tels que Diaterre® (outil de diagnostic énergie et gaz à effet de serre des exploitations agricoles, Ademe, 2011) ou la réalisation de projet d'analyse de cycle de vie de produits agricoles comme AgriBalyse financé par l'Ademe (van der Werf et al., 2010).

Cette analyse sur les gaz à effet de serre ne doit pas occulter le fait que l'agriculture a d'autres impacts environnementaux sur la qualité de l'air, de l'eau, ainsi que des impacts bénéfiques pour l'environnement tels que la contribution à la biodiversité et au paysage. Il importe à l'avenir de **privilégier des évaluations environnementales multicritère** dans le but d'évaluer les performances des systèmes sur plusieurs enjeux environnementaux et ainsi proposer des stratégies de limitation des impacts. Dans ce domaine, les analyses de cycle de vie sont des outils pertinents à condition d'adapter leur application au domaine agricole (prise en compte des phénomènes biologiques qui régissent les flux vers l'environnement, définition des systèmes de production).

La recherche de systèmes optimisés ou de leviers d'action pour réduire les bilans environnementaux doit ainsi tenir compte de l'ensemble de ces effets, d'autant plus qu'ils sont le plus souvent interconnectés à l'échelle de l'exploitation agricole. Ainsi, une action corrective portant sur un compartiment environnemental peut provoquer un transfert dans un autre compartiment. *A contrario*, d'autres actions entrent en synergie telles que celles visant à l'optimisation de la gestion de l'azote au sein du système qui auront des effets sur un ensemble de compartiments environnementaux : gaz à effet de serre, eutrophisation (lessivage des nitrates), acidification (émissions d'ammoniac), consommation d'énergie fossile (économie de fertilisants de synthèse).

L'évolution des systèmes ne sera possible qu'en associant performance environnementale et performance technico-économique. Des travaux se poursuivent en ce sens. Ils seront à coupler à la conception d'outils d'évaluation des exploitations et de simulation d'évolution de système dans une optique de conseil aux agriculteurs.

Références bibliographiques

ADEME, MAAP, ACTA, AgroSupaDijon, Arvalis, APCA, Civam, Ctifl, Cuma, IFIP, IFV, Institut de l'Élevage, ITAVI, INRA, Solagro. 2011. Guide de la méthode complet Dia'terre®. Version 1.0 Date de mise à jour : 20/10/2010. Disponible sur www.ademe.fr :

AFNOR, 2006. NF EN ISO 14040, Management environnemental-Analyse de cycle de vie- Principes et cadre. AFNOR, La Plaine Saint Denis.

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

Basset-Mens C, Van der Werf H, 2004. Scenario-based environmental assessment of farming systems: the case of pig production in France. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 105, 127–144

Basset-Mens C., Ledgard S., Boyes M., 2009. Eco-efficiency of intensification scenarios for milk production in New Zealand. *Ecological economics* 68, 1615-1625.

Cariolle M., Lellahi Montarges A., Malaval C., Tailleur A., Lejealle F., Modemann T., 2010. Energy consumption and greenhouse gas emission assessment of sugar beet seeds production paths, in France. Congrès de l'IIRB (Institut International de Recherche Betteravières), 23 et 24 juin 2010, Copenhague

Cederberg C., Mattson B., 2000. Life cycle assessment of milk production-a comparison of conventional and organic farming. *Journal of Cleaner production* 8, 49-60.

Cederberg C., Flysjo A., 2004. Environmental assessment of future pig farming system-Quantification of Three Scenarios from the Food 21 Synthesis Work. Sik- Rapport Nr 723 2004. The Swedish Institute for Food and biotechnology.

CITEPA, 2009, Inventaire des émissions de gaz à effet de serre en France au titre de la Convention cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques, Format CCNUCC (Mars 2009), 1196 p, ref UNFCCC_Mar09- Disponible sur : <http://www.citepa.org/publications/Inventaires.htm#inv4>
<http://www.citepa.org/emissions/nationale/index.htm>

CITEPA, 2009. Organisation et Méthodes des Inventaires Nationaux des Emissions Atmosphériques en France OMINEA, Février 2009, 1068 p.

Dollé J.B., Gac A., Le Gall A., 2009. L'empreinte carbone du lait et de la viande bovine. *Renc. Rech. Ruminants* 16, 233-236.

Eriksson I.S., Elmquist H., Stern S., Nybrant T., 2005. Environmental Systems Analysis of Pig Production. The Impact of Feed Choice. *Int J LCA* 10, 143 – 154

Espagnol S., Lagadec S., Salaün Y., 2009. Première estimation de l'empreinte carbone de la production porcine au portail de la ferme. *Techniporc* 32, n°4, Juillet-Septembre 2009.

Espagnol S., 2010. Empreinte carbone du porc : l'Ifip anticipe l'étiquetage en 2011. *Porc Magazine* 439, Janvier 2010.

FAO, 2009. Review of evidence on drylands pastoral systems and climate change. Implications and opportunities for mitigation and adaptation. Rome. 50 p.

FIL (Fédération Internationale de Laiterie), 2009, Environmental/Ecological impact of the dairy sector: Literature review on dairy products for an inventory of key issues, List of environmental initiatives and influences on the dairy sector, Bulletin of the International Dairy Federation, n° 436, 60p.

Gac A., Deltour L., Cariolle M., Dollé J-B., Espagnol S., Flénet F., Guingand N., Lagadec S., Le Gall A., Lellahi A., Malaval C., Ponchant P., Tailleur A., 2010. GES'TIM, Guide méthodologique pour

l'estimation des impacts des activités agricoles sur l'effet de serre. Version 1.2. 156 p. Institut de l'Élevage, Paris.

Gac A., Manneville V., Raison C., Charroin T., Ferrand M., 2010. L'empreinte carbone des élevages d'herbivores : présentation de la méthodologie d'évaluation appliquée à des élevages spécialisés lait et viande. *Renc. Rech. Ruminants* 17, 335-342.

Gac A., Dollé J-B., Le Gall A., Klumpp K., Tallec T., Mousset J., Eglin T., Bispo A., 2010. Le stockage de carbone par les prairies. Institut de l'Élevage – INRA UR 874 - ADEME, 12p. Collection L'Essentiel. Institut de l'Élevage, Paris.

Gerber P., Vellinga T., 2010. Greenhouse Gas Emissions from the Dairy Sector, A Life Cycle Assessment, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Animal Production and Health Division, 95p.

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.

GIEC, 2007. Bilan 2007 des changements climatiques. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. GIEC, Genève, Suisse, 103 p

Haas G., Wetterich F., Köpke U., 2001. Comparing intensive, extensified and organic grassland farming in southern Germany by process life cycle assessment. *Agriculture, Ecosystems and environment* 83, 43-53.

Lucbert J., Le Gall A., Hacala S., 2008. Les ruminants et le réchauffement climatique. 19 p. Collection L'Essentiel. Institut de l'Élevage, Paris.

Nguyen T., Hermansen J., Mogensen L., 2010. Environmental consequences of different beef production systems in the UE. *Journal of Cleaner production* 18, 756-766.

Ogino A., Kaku K., Osada T., Shimada K., 2004. Environmental impacts of the Japanese beef-fattening system with different feeding lengths as evaluated by a life-cycle assessment method. *J. Anim. Sci.* 82, 2115-2122.

Thomassen M.A., De Boer I.J.M., 2005, Evaluation of indicators to assess the environmental impact of dairy production systems *Agriculture, Ecosystems and Environment* 111, 185-199.

van der Werf H.M.G., Kanyarushoki C., Corson M.S., 2009. An Operational method for the evaluation of resource use and environmental impacts of dairy farms by life cycle assessment. *Journal of Environmental Management* 90, 3643-3652.

van der Werf H.M.G., Gaillard G., Biard Y., Koch P., Basset-Mens C., Gac A., Lellahi A., Deltour L., 2010. Creation of a public LCA database of French agricultural raw products: AgriBALYSE. In : *Proceedings vol.1 LCA Food 2010 VII international conference on life cycle assessment in the agri-food sector*, 22-24 September 2010, Bari, Italy, 439-442.