

Estimer les impacts environnementaux des systèmes de production agricole par analyse de cycle de vie avec les données du Réseau d'information comptable agricole (RICA) français

Elisabeth Samson^{1,2}
Hayo M.G. Van der Werf^{3,4}
Pierre Dupraz^{1,2}
Jean-François Ruas^{1,2}
Michael S. Corson^{3,4}

¹ Inra
UMR 1302 SMART
4, Allée Adolphe Bobierre
35000 Rennes cedex
France
<elisabeth.samson@rennes.inra.fr>
<pierre.dupraz@rennes.inra.fr>
<jean-francois.ruas@rennes.inra.fr>

² Agrocampus Ouest
UMR 1302 SMART
35000 Rennes
France

³ Inra
UMR 1069, Sol Agro et hydrosystème
spécialisation
65, rue de Saint-Brieuc
CS84215
35042 Rennes
France
<hayo.vanderWerf@rennes.inra.fr>
<michael.corson@rennes.inra.fr>

⁴ Agrocampus Ouest
UMR 1069, Sol Agro et hydrosystème
spécialisation
65, rue de Saint-Brieuc
CS84215
35042 Rennes
France

Résumé

Ce travail explore les possibilités d'établir certains indicateurs d'impacts environnementaux dans la base de données technicoéconomiques du Réseau d'information comptable agricole (RICA) français. La méthode de l'analyse de cycle de vie est appliquée pour estimer la contribution des activités agricoles au changement climatique et à l'utilisation d'énergie non renouvelable. L'hétérogénéité observée semble liée à l'orientation productive des exploitations et à leur localisation géographique. Les exploitations d'élevage, et notamment les élevages bovins, contribuent le plus au changement climatique en raison de leurs émissions élevées de méthane entérique. Les consommations d'énergie non renouvelable peuvent être relativement plus importantes dans certains systèmes spécialisés en cultures annuelles (notamment céréales et grandes cultures). Les exploitations mixtes, qu'elles se consacrent à plusieurs espèces d'animaux ou qu'elles associent élevage et productions végétales, se positionnent souvent comme les spécialisées dont elles se rapprochent le plus. À l'échelle régionale, une grande variabilité des indicateurs apparaît. En considérant les exploitations spécialisées en production de lait et celles spécialisées en céréales, leurs émissions directes de gaz à effet de serre et leurs consommations indirectes d'énergie prédominent. Les exploitations spécialisées en production de lait présentent une variabilité interrégionale élevée par hectare qui semble se réduire quand elle est considérée par rapport à la valeur de la production. Par contraste, la faible variabilité interrégionale par hectare des exploitations spécialisées en céréales s'accroît quand elle est considérée par rapport à la production. L'étude mérite certains approfondissements pour valider ces résultats et pour mieux comprendre les interactions au sein des systèmes de production agricoles qui combinent le plus souvent plusieurs productions végétales et/ou animales.

Mots clés : agriculture ; analyse de cycle de vie ; base de données ; changement climatique ; énergie pour l'agriculture.

Thèmes : climat ; économie et développement rural ; énergie ; méthodes et outils ; ressources naturelles et environnement.

Abstract

Estimating environmental impacts of agricultural systems with LCA using data from the French Farm Accountancy Data Network (FADN)

This work developed environmental indicators from the economic and agricultural database of Farm Accountancy Data Network (FADN). Two environmental impacts, climate change and non-renewable energy use, were estimated from the database according to the life cycle assessment (LCA) approach. The large variability observed seems to be linked to production orientation and geographic location. Livestock production was strongly correlated with the impact of climate change, particularly cattle production, due to its high emissions of enteric methane. Farms specialized in cereals and cash crops showed high non-renewable energy use, linked with intensive use of mineral fertilizers. Some mixed farm holdings, whether

Pour citer cet article : Samson E, Van der Werf HMG, Dupraz P, Ruas JF, Corson MS, 2012. Estimer les impacts environnementaux des systèmes de production agricole par analyse de cycle de vie avec les données du Réseau d'information comptable agricole (RICA) français. *Cah Agric* 21 : 248-57. doi : 10.1684/agr.2012.0581

Tirés à part : E. Samson

livestock-oriented or crop- and livestock-oriented, had impacts similar to those of the specialized farming system which each of them resembled most. Impacts varied according to geographic location in France. For farms specialized in cereals or dairy production, direct greenhouse gas emissions and indirect energy consumption predominated. Impacts for specialized dairy farms varied greatly per unit of agricultural area (hectares) but less per 1,000 euros of revenue. In contrast, impact variability for specialized cereal farms was lower per hectare but considerably greater per 1,000 euros. Continuing the study will be useful for improving methods and results of these farming systems. It will also be interesting to consider more detailed methods to understand mixed crop-livestock farms, as these systems are widespread.

Key words: agriculture; climate change; databases; energy for agriculture; life cycle analysis.

Subjects: climate; economy and rural development; energy; natural resources and environment; tools and methods.

Les exploitations agricoles font l'objet d'incitations de plus en plus fortes à « produire propre » en adoptant des pratiques moins agressives pour le milieu naturel et qui n'affectent pas l'environnement pour l'avenir. Ces incitations se traduisent par la mise en œuvre de politiques agricoles à l'échelle européenne ou française qui prévoient l'octroi de subventions en contrepartie de pratiques agricoles respectueuses de l'environnement. Par exemple, en application du deuxième pilier de la Politique agricole commune (PAC), la France attribue des aides agroenvironnementales aux éleveurs respectant des pratiques limitant les émissions polluantes. Pour mesurer l'efficacité du dispositif au travers de ces pratiques, les professionnels de la recherche sont sollicités et des projets visent à élaborer des méthodes d'évaluation environnementale (Bockstaller *et al.*, 2008 ; Turpin *et al.*, 2009). Les travaux décrits ici s'inscrivent dans ce contexte. Ils visent à évaluer simultanément les performances économiques et environnementales des exploitations françaises au travers de l'échantillon national du Réseau d'information comptable agricole (RICA). À l'instar d'entreprises similaires dans d'autres pays de l'Union européenne (UE) (Dalgaard *et al.*, 2004) ou d'expertises de bases internationales (Mayo et Sessa, 2010), cette étude a pour objectif d'estimer des variables de performances environnementales pour chaque exploitation de l'échantillon. En effet, celui-ci présente l'avantage de représenter à l'échelle nationale l'ensemble des situations rencontrées en agricul-

ture professionnelle. En complément des analyses de cycle de vie (ACV) de l'agriculture menée sur des données agrégées, l'intérêt de notre approche est d'explorer la variabilité interindividuelle des performances économiques et environnementales. Nous décrivons, dans un premier temps, les principes de l'ACV qui est aujourd'hui une méthode de référence pour estimer les impacts environnementaux. Dans un deuxième temps, nous montrons comment l'échantillon du RICA, conçu au départ dans un objectif d'évaluation économique, peut aussi se prêter à l'élaboration d'indicateurs estimant l'impact environnemental des exploitations. Dans la présente étude de cas, l'analyse est focalisée sur deux impacts : sur le changement climatique et sur la consommation énergétique. Enfin, dans un troisième temps, nous présentons quelques caractéristiques environnementales des exploitations françaises de l'échantillon RICA en les considérant selon la région et selon l'orientation productive.

L'analyse de cycle de vie, une méthode d'analyse environnementale

L'ACV est un cadre méthodologique d'évaluation environnementale qui fait l'objet de normes. Elle s'intéresse aux impacts environnementaux d'un produit ou d'un service en partant des

prélèvements de ressources naturelles jusqu'aux émissions de substances polluantes dans les différents compartiments de l'environnement (sol, eau, air) (Jolliet *et al.*, 2010). L'ACV quantifie les impacts potentiels d'un produit depuis l'extraction des matières premières qui le composent jusqu'à sa fin de vie, « du berceau à la tombe », en passant par les étapes de production, de distribution et d'utilisation. La mise en œuvre de l'ACV respecte quatre étapes :

- la définition des objectifs et du champ de l'étude ;
- l'analyse de l'inventaire environnemental ;
- l'évaluation des impacts ;
- l'interprétation des résultats.

Définition des objectifs et du champ de l'étude

L'ACV vise à apporter une vision globale des impacts générés durant le cycle de vie de biens ou de services dans une optique d'aide à la décision pour éclairer le choix de procédés alternatifs, pour organiser des filières de valorisation mais aussi pour définir des politiques publiques.

Analyse de l'inventaire environnemental

Les données d'inventaire pour l'ACV sont constituées de flux de matières (ressources minérales) et d'énergie entrant dans le système étudié et de flux sortants. Des bases de données d'inventaire de cycle de vie existent et

sont disponibles mais ne sont pas toujours suffisantes. Il est fréquemment nécessaire de les compléter par le recueil de données spécifiques en lien étroit avec le sujet de l'étude soit par des enquêtes sur sites, soit par des recherches bibliographiques ou la mise en perspective d'études antérieures.

Évaluation des impacts

À partir des données d'inventaire, on procède à une évaluation des impacts environnementaux grâce à des coefficients préétablis (facteurs de caractérisation) permettant de calculer la contribution de chaque flux aux divers impacts environnementaux étudiés. En fonction de l'objet de l'étude, les impacts environnementaux couramment retenus incluent le changement climatique, l'acidification, l'eutrophication des milieux terrestre et aquatique, la consommation d'énergie non renouvelable et l'occupation de terres.

Interprétation des résultats

L'interprétation des résultats est conduite en lien étroit avec la définition des objectifs et du champ de l'étude. Pour exprimer les résultats de l'analyse et établir des comparaisons, on définit une unité fonctionnelle dont le rôle est de quantifier la fonction remplie par les produits étudiés. La phase d'interprétation révèle les atouts et les faiblesses sur le plan des impacts à chaque stade du cycle de vie du produit et pour chacun de ses composants. C'est aussi une étape qui se prête à une hiérarchisation des impacts potentiels et qui met en lumière les points critiques du système.

Une mise en œuvre de l'analyse de cycle de vie adaptée à la base du Réseau d'information comptable agricole français

Notre approche vise à quantifier l'impact du changement climatique

résultant des émissions de gaz à effet de serre (GES) et les consommations d'énergie non renouvelable afin de comparer des systèmes productifs du RICA représentatifs de la structure nationale de la production agricole française. Deux unités fonctionnelles sont retenues :

- la surface agricole utile (SAU) d'une exploitation (en hectares) ;
- la valeur de la production d'une exploitation (en euros).

Cette approche offre une double lecture de l'efficacité environnementale de l'agriculture (Pradel, 2008). Les impacts exprimés par rapport à la SAU fournissent des éléments de comparaison de la performance environnementale relativement à la « ressource terre » qui intervient dans le processus de production. Ils mesurent aussi la pression environnementale exercée par l'acte de production sur ce facteur. Celui-ci est généralement utilisé par les exploitations agricoles quelle que soit leur orientation technicoéconomique. Toutefois, pour certaines productions agricoles, notamment celles qui nécessitent peu de surface au niveau de l'exploitation (productions hors-sol notamment), cette unité fonctionnelle n'est pas bien adaptée à une comparaison des différents systèmes. La valeur de la production comme unité fonctionnelle permet de comparer des systèmes agricoles très variés, depuis les systèmes spécialisés produisant un seul produit jusqu'aux systèmes mixtes associant plusieurs produits, qu'ils soient végétaux, fourragers et/ou animaux. Toutefois, la valeur de la production ne permet pas de s'affranchir de l'effet des marchés et des variations des prix des produits agricoles. Ainsi, pour atténuer l'effet prix, les valeurs d'impact présentées ci-dessous sont basées sur des valeurs moyennes annuelles observées sur la période 2002 à 2007.

Il convient de signaler que notre méthode entraîne un double comptage partiel, en comptant en outre les impacts des cultures, qui sont en partie utilisées dans l'industrie de l'alimentation animale et sont donc également considérés comme impacts associés aux aliments consommés par les élevages. Ce double comptage est inévitable, étant donné les données disponibles. Il faut noter que nos calculs n'ont pas pour objectifs de faire le bilan des impacts totaux au niveau

français, mais plutôt d'estimer les impacts des systèmes de production représentés par les orientations technicoéconomiques des exploitations (OTEX).

L'inventaire des émissions de GES concerne les trois principaux gaz émis par l'activité agricole, le méthane (CH₄), le protoxyde d'azote (N₂O) et le dioxyde de carbone (CO₂). Le CH₄ est principalement émis par les animaux d'élevage et notamment les ruminants lors des processus biologiques (fermentation entérique) et lors de la gestion des déjections des animaux, au stockage, au transport et à l'épandage. Le N₂O est émis lors de la gestion des déjections animales et à la suite de l'épandage des engrais minéraux. Le CO₂ est principalement émis par les agents énergétiques nécessaires au fonctionnement des installations et des machines agricoles. Les émissions indirectes générées lors de la production et du transport des principaux intrants de l'agriculture sont aussi prises en compte. Il s'agit principalement de CO₂ et de N₂O. Dans notre approche, le stockage/déstockage de carbone dans les sols n'est pas intégré en référence aux recommandations du Groupement international pour l'étude du climat (GIEC) qui l'intègre à une échelle nationale dans la catégorie « utilisation des terres, leur changement et la forêt ». La base RICA permet d'identifier l'utilisation des terres, mais elle ne permet pas d'identifier les parcelles de l'exploitation qui changent d'affectation (des prairies qui deviennent cultures et *vice versa*). Ainsi, nous n'avons donc considéré ni stockage de C sous les prairies, ni déstockage sous les cultures annuelles, faute de pouvoir identifier les parcelles concernées (celles ayant subi un changement d'affectation).

Parmi les flux d'énergie directe et d'énergie indirecte de l'activité agricole, nous avons retenu l'utilisation des carburants et combustibles, du gaz et de l'électricité et l'énergie indirecte nécessaire à la production et à la mise à disposition des principaux intrants. L'inventaire des émissions de GES et des consommations d'énergie s'arrête à la sortie de l'exploitation, la phase aval de transformation des produits agricoles n'étant pas intégrée à l'analyse.

L'évaluation des impacts des GES s'appuie sur les facteurs d'émission et des facteurs de caractérisation

régulièrement actualisés par les experts grâce à l'acquisition de données de plus en plus précises. Les valeurs de référence des émissions de CH₄ et de N₂O des surfaces cultivées sont celles du GIEC. Le N₂O émis suite à l'épandage d'engrais minéraux et les émissions liées aux processus biologiques s'accompagnant d'échanges de gaz entre le sol et ses composants sont évalués (IPCC, 2006b). Les émissions de CH₄ et de N₂O des différentes catégories d'élevages sont inspirées de la méthode appliquée en France par le Centre interprofessionnel d'études de la pollution atmosphérique (CITEPA, 2010) en cohérence avec la méthode dite du tiers 2 du GIEC (IPCC, 2006a). Les facteurs annuels d'émissions sont appliqués aux effectifs moyens des différentes catégories d'animaux présents sur chaque exploitation de la base RICA (40 catégories structurées selon l'espèce, l'âge, la destination) en tenant compte de différents processus. Par exemple, pour le CH₄, nous estimons les émissions lors de la fermentation entérique, les émissions lors du stockage des effluents dans les bâtiments d'élevages et dans les aires de stockage, lors du transport et de l'épandage et lors des périodes de pâturage. Pour le N₂O, les quantités annuelles de gaz émises lors du stockage des effluents dans les bâtiments d'élevage et dans les fosses de stockage, lors du transport et de l'épandage sur les sols sont intégrées. Les utilisations des ressources énergétiques et les émissions de CO₂ par les intrants se réfèrent à la base de données BUWAL (1996) et à des données internes de l'Institut national de la recherche agronomique (Inra). Dans la base RICA, seules sont enregistrées les dépenses d'engrais et d'aliments achetés. Les entrées d'azote (N) par les engrais et les aliments achetés sont estimées par un modèle économétrique. À titre d'exemple, les entrées de N par les engrais sont estimées par le modèle (1) en s'appuyant sur des informations à l'échelle départementale (Agreste, statistique agricole annuelle et Union des industries de la fertilisation [Unifa]).

$$N_{eng} = \sum S_k \times \exp(a_{Nk} + b_{kp} C_p) + u_n \quad (1)$$

N_{eng} : unités fertilisantes N en kilogramme ;

S_k : surface de chaque culture k ;

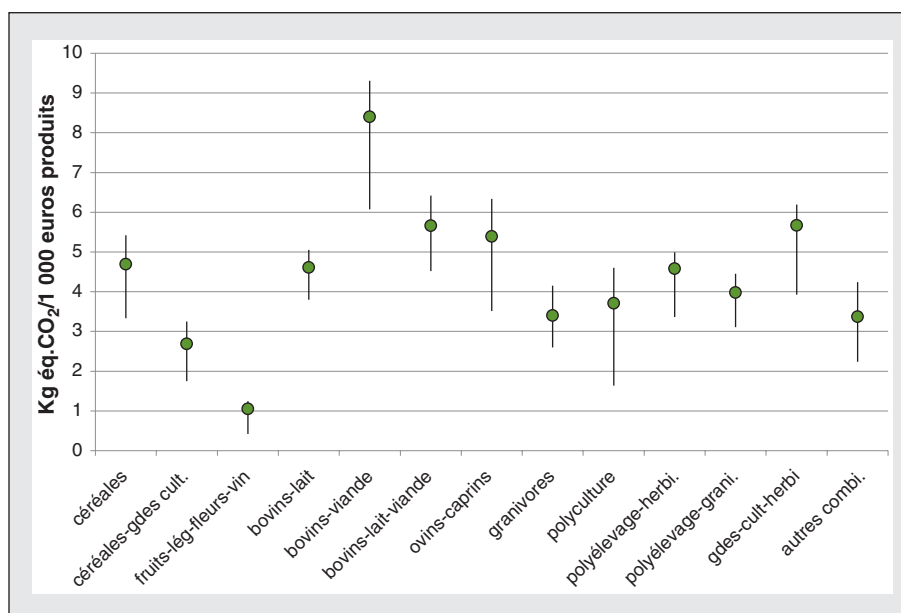


Figure 1. Émissions de gaz à effet de serre (GES) selon l'orientation technique des fermes, en kg éq CO₂/1 000 euros de production.

Figure 1. Greenhouse gas (GG) emissions according to farm orientation, in kg eq. CO₂/1,000 euros of production.

Le trait vertical mesure la distance entre le premier et le troisième quartile de la modalité, le point représentant la valeur moyenne.

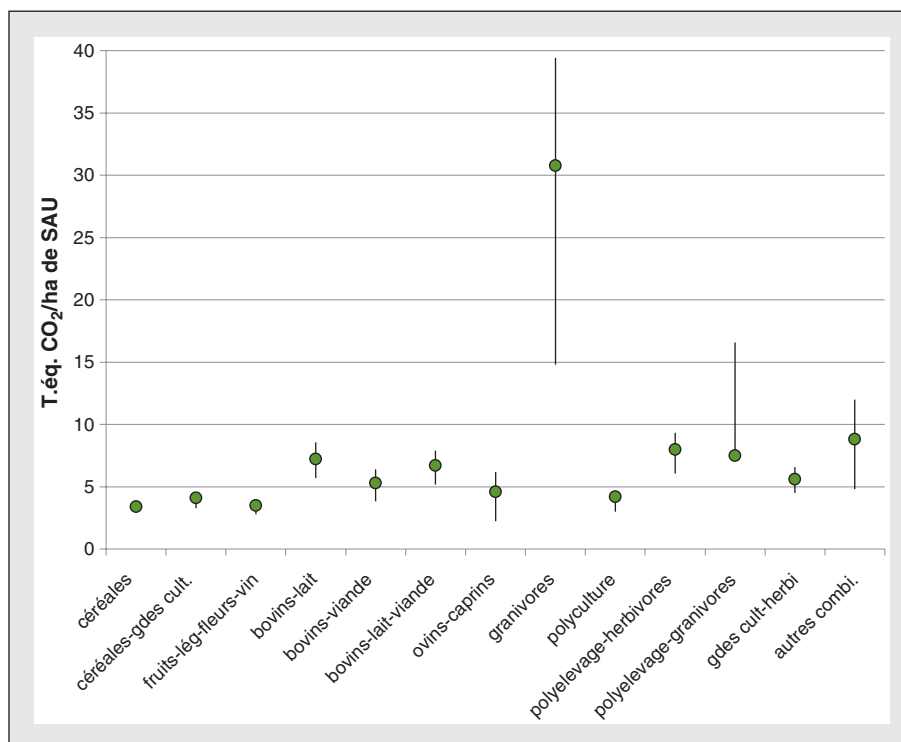


Figure 2. Émissions de gaz à effet de serre (GES) selon l'orientation technique des fermes, en t. éq CO₂/ha de surface agricole utile (SAU).

Figure 2. Greenhouse gas (GG) emissions according to farm orientations, in ton eq CO₂/ha of agricultural area. Le trait vertical mesure la distance entre le premier et le troisième quartile de la modalité, le point représentant la valeur moyenne.

C_p : effectif d'animaux de catégorie p ;
 a_{Nk} et b_{kp} : paramètres estimés ;
 u_n : terme d'erreur.

Utilisé en projection dans la base RICA, le modèle fournit une estimation des entrées de N pour chaque exploitation et en extrapolant, une estimation nationale. Pour respecter une cohérence avec les données nationales, un redressement individuel est opéré. L'indicateur d'impact changement climatique s'exprime en tonnes d'émissions d'équivalent CO_2 à l'horizon de 100 ans en appliquant le potentiel de réchauffement global f pour chaque GES ($f=1$ pour le CO_2 , $f=25$ pour le CH_4 et $f=298$ pour le N_2O [CITEPA, 2010]). L'utilisation d'énergie non renouvelable est estimée en mégajoules (MJ).

La phase d'interprétation basée sur la comparaison de systèmes très variés peut être riche d'enseignements. Le classement des systèmes de production agricole selon les deux angles d'approche (la SAU et la valeur de la production) met l'accent sur les atouts et les contraintes qui pèsent sur certains systèmes de production agricole dans la perspective d'une évolution réglementaire de plus en plus contraignante.

Des impacts environnementaux variant fortement avec l'orientation productive

Dans la base RICA, chaque exploitation agricole est identifiée par son orientation productive. Celle-ci est définie par la part plus ou moins grande des catégories de produits constituant sa production globale. Ainsi, une des nomenclatures de l'OTEX comprend 17 modalités représentant les différentes combinaisons productives couramment rencontrées dans les exploitations françaises (Agreste, 2009). La nomenclature permet d'identifier les exploitations très spécialisées et celles qualifiées de mixtes. Ces dernières associent deux ou plusieurs produits agricoles participant dans des proportions notables à

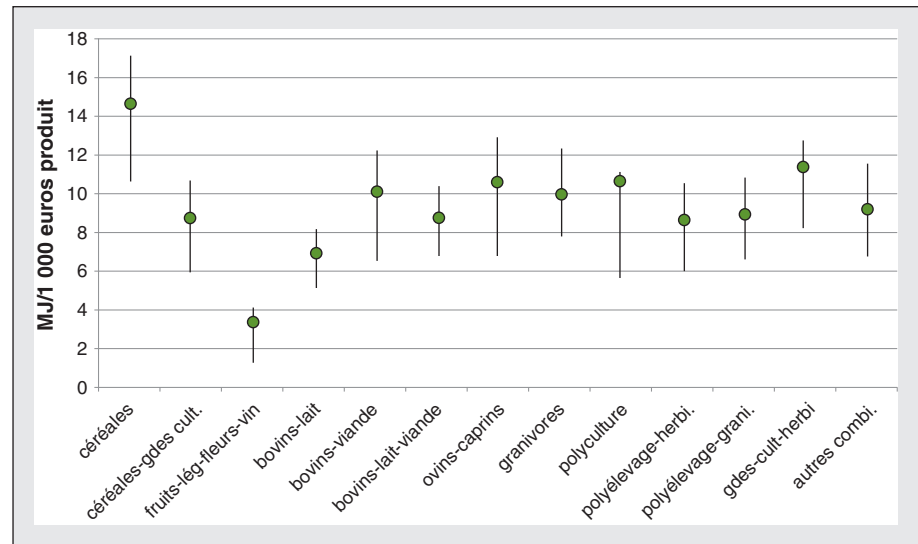


Figure 3. Utilisation d'énergie non renouvelable en MJ/1 000 euros de production en fonction de l'orientation technique des fermes.

Figure 3. Non-renewable energy use in MJ/1,000 euros of production according to farm orientation.

la formation de la marge brute. L'estimation actuelle regroupe les orientations maraîchage, fleurs et horticulture, fruits et vins.

Relativement à la valeur produite, les productions bovines, et notamment la

production de bovins-viande sont parmi les plus émettrices de GES (figure 1). Relativement à la surface de l'unité de production, les granivores émettent en moyenne six fois plus de GES que les autres OTEX (figure 2).

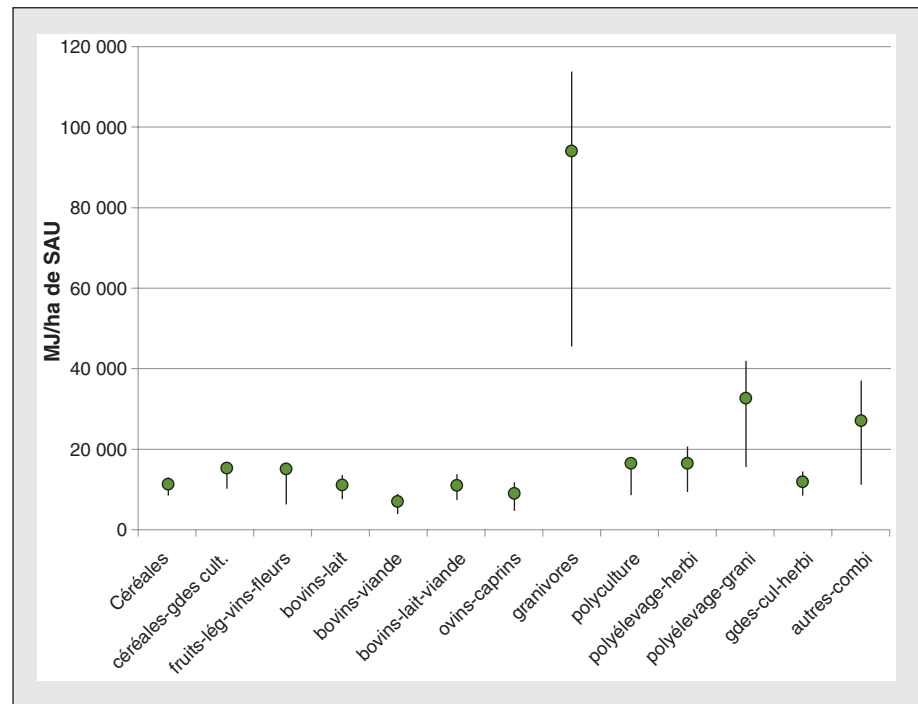


Figure 4. Utilisation d'énergie non renouvelable en MJ/ha de surface agricole utile (SAU) en fonction de l'orientation technique des fermes.

Figure 4. Non-renewable energy use in MJ/ha of agricultural area according to farm orientation.

Tableau 1. Émissions de gaz à effet de serre (GES) et utilisation d'énergie non renouvelable dans les exploitations céréales-grandes cultures, comparaison des résultats.

Table 1. Greenhouse gas (GG) emissions and non-renewable energy use in large-scale cereal production, a comparison of results.

	GES (t. éq. CO ₂ /ha SAU)			Énergie non renouvelable (MJ/ha SAU)		
	Moyenne	Quart inférieur	Quart supérieur	Moyenne	Quart inférieur	Quart supérieur
RICA céréales	3,4	3,0	3,7	11 200	8 500	13 000
RICA céréales-grandes cultures	4,1	3,3	4,5	15 200	10 200	16 400
Planète (Metayer <i>et al.</i> , 2010) exploitations céréalières (irriguées ou non)	2,2	2,0	2,2	16 800	14 200	18 600
Van der Werf (2004) grandes cultures	2,9 (moyenne : 5 grandes cultures)	2,3 (tournesol)	3,3 (maïs)	13 100	11 900	23 000

RICA : Réseau d'information comptable agricole français ; SAU : surface agricole utile.

Cet exemple illustre les limites de l'unité fonctionnelle SAU dans le cas des exploitations de granivores qui sont souvent en hors-sol et ont ainsi une SAU très faible.

Relativement à la valeur de la production, l'orientation céréales utilise davantage d'énergie que les autres OTEX, notamment de manière indirecte par certains intrants tels que les engrais et le carburant pour les opérations culturales (*figure 3*).

L'OTEX fruits-légumes-fleurs-vin utilise moins d'énergie par 1 000 euros de produits, probablement à cause de la forte valeur de ces productions. Relativement à la surface, les granivores affichent un niveau nettement plus élevé que les autres orientations du fait du grand volume des intrants, notamment des aliments (*figure 4*). Toutefois, comme dans l'estimation des GES, la méthode, tout en estimant correctement la consommation d'énergie

directe et indirecte des exploitations, ne permet pas de calculer des consommations totales au niveau national du fait d'un double comptage partiel.

Ces résultats, et particulièrement les valeurs par hectare de SAU, sont en accord avec les résultats obtenus par d'autres démarches (Bochu *et al.*, 2011 ; Van der Werf, 2004). À titre d'illustration, le *tableau 1* présente les valeurs moyennes et la variabilité des

Tableau 2. Émissions de gaz à effet de serre (GES) et utilisation d'énergie non renouvelable dans les exploitations bovins-lait, comparaison des données Réseau d'information comptable agricole français (RICA), Planète et EDEN.

Table 2. Greenhouse gas (GG) emissions and non-renewable energy use in bovine milk production, French Farm Accountancy Data Network (FADN), Planète and EDEN data comparison.

	GES (t. éq. CO ₂ /ha SAU)			Énergie non renouvelable (MJ/ha SAU)		
	Moyenne	Quart inférieur	Quart supérieur	Moyenne	Quart inférieur	Quart supérieur
RICA bovins-lait	7,2	5,7	8,6	11 000	7 600	13 600
RICA bovins-lait-viande	6,7	5,2	7,9	10 900	7 400	13 800
Planète bovins-lait strict (Bordet <i>et al.</i> , 2010)	5,5	5,4	5,7	17 000	12 600	20 500
Planète bovins-lait système herbager (Bordet <i>et al.</i> , 2010)	5,4	5,1	5,7	13 600	10 200	14 100
EDEN-Bretagne (Van der Werf <i>et al.</i> , 2009)	6,1 (std = 1,1)			12 100 (std = 3,7)		

Std : écart type ; SAU : surface agricole utile.

résultats pour l'utilisation d'énergie non renouvelable et pour les émissions de GES des exploitations spécialisées en céréales et grandes cultures. En dépit d'approches méthodologiques différenciées, les émissions de GES et l'utilisation de l'énergie non renouvelable sont proches des estimations de Planète rebaptisé DiaTerre, qui est l'outil d'évaluation du changement climatique et de la consommation d'énergie de l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (Ademe) pour les exploitations agricoles souhaitant s'engager dans un plan de performance énergétique. Les différences de performances entre les échantillons peuvent s'expliquer par des différences d'approches méthodologiques. Par exemple, Planète prend en compte les ressources et les émissions d'entreprises de travaux et services par tiers.

Le *tableau 2* s'intéresse aux exploitations spécialisées en production laitière, comparant deux OTEX du RICA, (bovins-lait et bovins-lait-viande) aux résultats de Planète (Bordet *et al.*, 2010) et aux données EDEN (Van der Werf *et al.*, 2009). Les niveaux observés sont comparables mais certains écarts subsistent. Entre le RICA et EDEN, la démarche méthodologique d'estimation étant assez similaire, elle conduit à des estimations moyennes très proches. L'écart plus grand entre le RICA et Planète peut ici aussi s'expliquer par des différences d'approches méthodologiques. Par exemple, dans le RICA, l'estimation du méthane entérique des vaches laitières dépend à la fois des effectifs et du niveau de la production laitière. Dans Planète, il ne dépend que des effectifs animaux. La méthode d'estimation des ressources et des émissions des bâtiments, du matériel et des équipements est évaluée de façon globale dans le RICA et de manière plus fine dans Planète. Ainsi, la manière d'utiliser la terre et de générer un produit d'exploitation conditionne le niveau des impacts ainsi que les leviers de progrès possibles.

Dans les systèmes de production agricoles, les émissions de GES et l'utilisation d'énergie sont étroitement et positivement liés, comme l'indique leur forte corrélation par OTEX, qui varie de 0,69 à 0,93 (*figure 5*). Les OTEX bovins-lait-viande et grandes

cultures-herbivores ont le coefficient de corrélation le plus élevé, autour de 0,90.

Une contribution variable des régions aux impacts environnementaux

À titre d'illustration, nous considérons à l'échelle de la région les impacts directs et indirects pour deux OTEX, les « spécialisées lait » et les « spécialisées céréales », impacts par hectare de SAU et impacts par 1 000 euros de production. Les exploitations spécialisées en production de lait présentent une grande variabilité des émissions de GES par hectare, avec une prépondérance des émissions directes (*figure 6*). Les régions plus spécialisées dans l'ouest et plus intensives sont parmi les plus émettrices par hectare. Les émissions de GES par 1 000 euros montrent un resserrement de la variabilité interrégionale probablement en lien avec une rémunéra-

tion du lait liée à sa qualité. En revanche, on constate que la variabilité intrarégionale entre exploitations reste relativement élevée. La consommation d'énergie non renouvelable par hectare de ces exploitations présente aussi une grande variabilité intra- et interrégionale, et les émissions indirectes dominent. Les régions spécialisées dans l'ouest ont des valeurs plutôt moyennes pour l'indicateur GES.

Les exploitations spécialisées en céréales présentent des émissions de GES par hectare assez homogènes quelle que soit la région (*figure 7*). On peut aussi observer une faible variabilité intrarégionale tandis que la variabilité des GES par 1 000 euros s'accroît avec la spécialisation régionale. Il y a une grande variabilité intra- et interrégionale de la consommation d'énergie non renouvelable par hectare qui s'accroît par 1 000 euros, avec une prédominance de la consommation indirecte.

Ces résultats pointent le rôle des intrants dans l'estimation d'indicateurs environnementaux. Sur le plan méthodologique, certains travaux s'appuient sur un échantillon ciblé (Bochu *et al.*, 2011) ou sur des cas types (Dalgaard *et al.*, 2004), offrant une observation

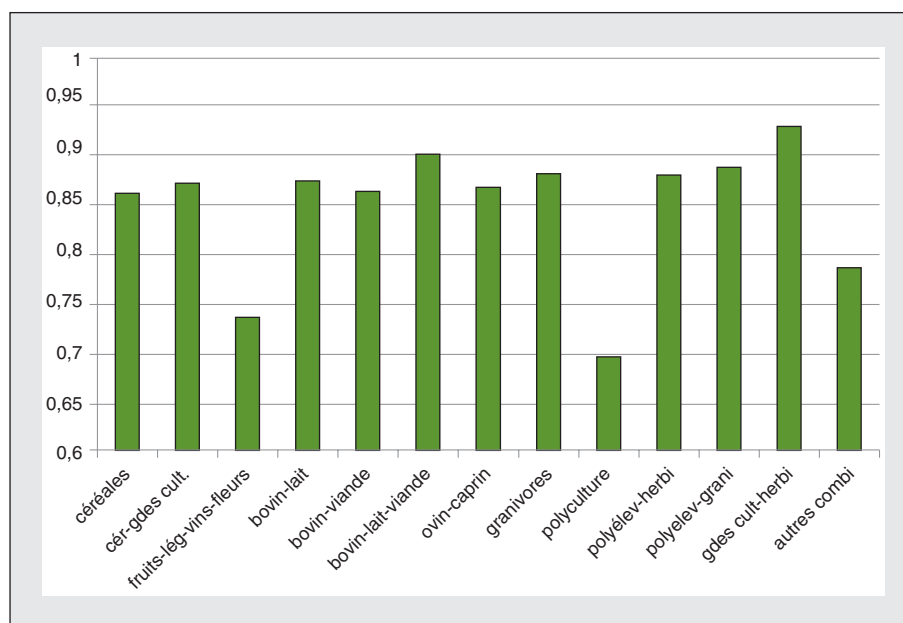


Figure 5. Coefficient de corrélation entre le niveau des émissions de gaz à effet de serre (GES) et de l'utilisation d'énergie de l'exploitation en moyenne sur la période 2002 à 2007 selon l'orientation technique.

Figure 5. Average correlation coefficient between the level of greenhouse gas (GG) emissions and the level of non-renewable energy use during the period 2002-2007 according to farm orientation.

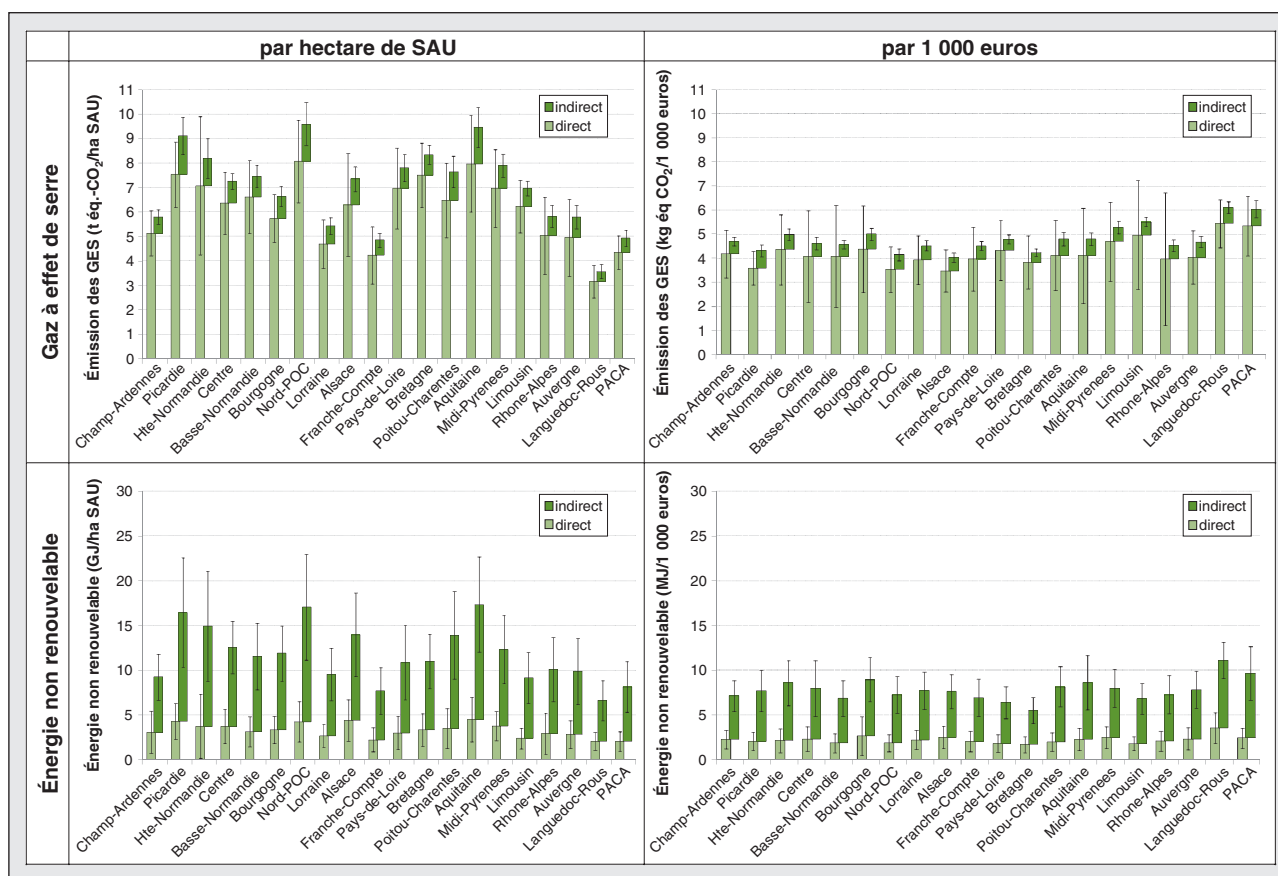


Figure 6. Exploitations spécialisées en production de lait : émissions de gaz à effet de serre (GES) et utilisation d'énergie non renouvelable directe et indirecte par hectare de surface agricole utile (SAU) et par 1 000 euros de produit selon la région, Réseau d'information comptable agricole français (RICA) moyenne 2002 à 2007.

Figure 6. Farms specialized in milk production: greenhouse gas (GG) emissions and non-renewable energy use per hectare of agricultural area and per 1,000 euros of product according to the region, French Farm Accountancy Data Network (FADN) average for 2002 to 2007.

fine de tous les flux entrants et sortants. Par rapport à ces travaux, notre méthodologie permet d'intégrer de manière exhaustive la diversité des situations rencontrées en agriculture du fait de la représentativité de la base RICA. Cependant, la faiblesse des observations en flux physiques entrants contraint d'utiliser des informations complémentaires et de formuler certaines hypothèses. Ainsi, disposer dans le RICA d'informations sur les caractéristiques et les grandeurs des flux physiques entrant dans l'exploitation, notamment de ceux qui pèsent de manière indirecte en termes d'impacts environnementaux (aliments, électricité, carburants et combustibles, engrais), aurait l'avantage d'améliorer la précision des estimations de l'utilisation des ressources et des émissions. Le RICA pourrait alors

être considéré comme un outil de mesure des résultats économiques des exploitations européennes et un outil d'évaluation des performances environnementales.

Conclusion et perspectives

Cette estimation de valeurs d'indicateurs environnementaux dans la base technicoéconomique du RICA au niveau des exploitations individuelles en France met en évidence la variabilité des impacts environnementaux potentiels entre systèmes de production agricole mais aussi au sein des systèmes de production. Dans bien des cas et selon les unités fonctionnelles, la

variabilité intrasytème est plus grande que les différences des moyennes entre systèmes notamment pour les bovins. Cette diversité ne masque pas des relations souvent étroites entre l'utilisation d'énergie non renouvelable et le changement climatique. La richesse d'informations disponibles dans la base de données du RICA a permis d'estimer les indicateurs de changement climatique et d'utilisation d'énergie, en faisant appel à des bases de données agricoles et environnementales complémentaires. Nos résultats agrégés tiennent la comparaison avec d'autres références. Leur intérêt spécifique réside dans la mise en évidence de la variabilité interindividuelle entre les exploitations agricoles d'une même orientation technique. Les données comptables du RICA posent cependant des problèmes spécifiques. La

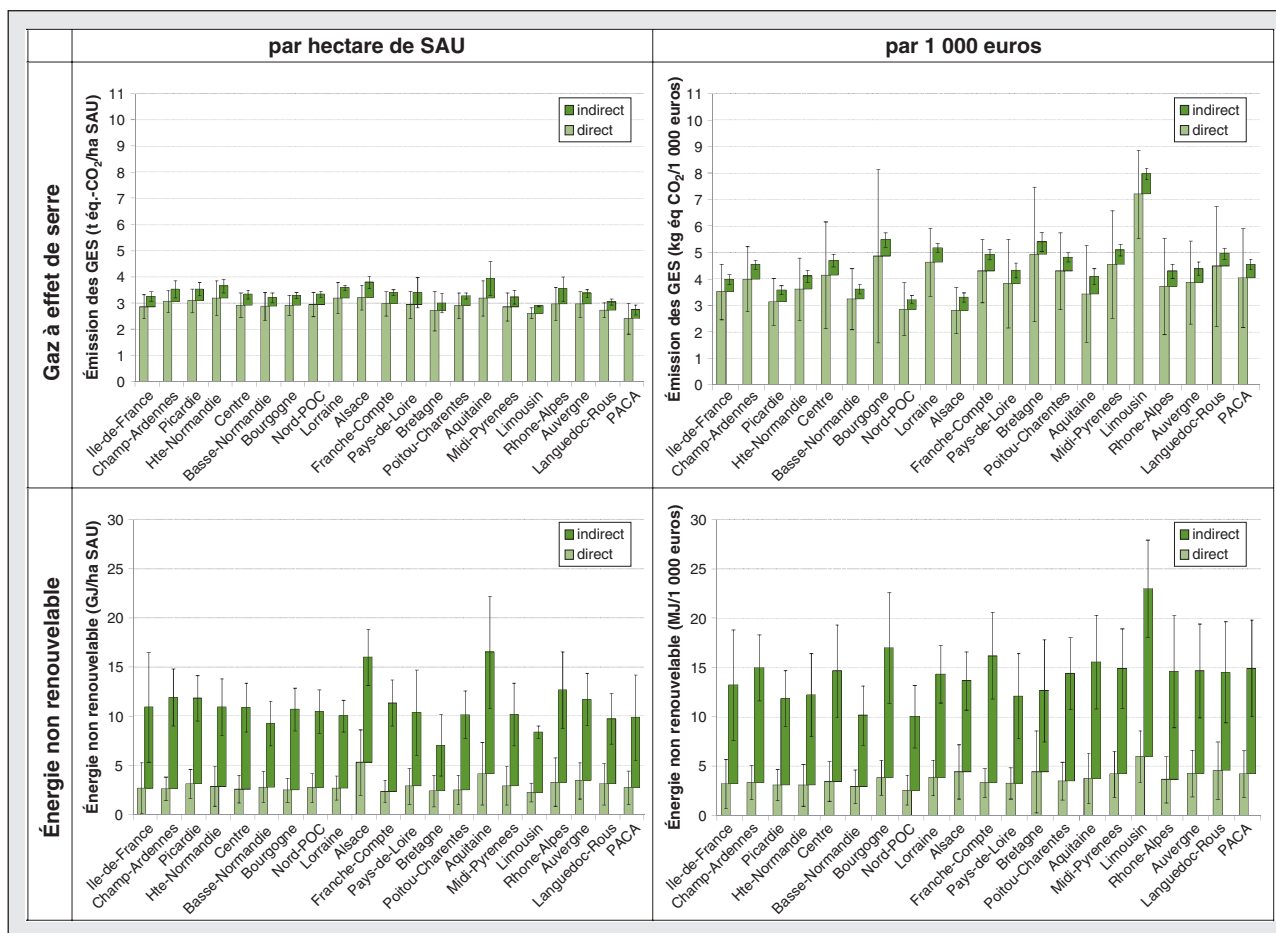


Figure 7. Exploitations spécialisées en céréales : émissions de gaz à effet de serre (GES) et utilisation d'énergie non renouvelable directe et indirecte par hectare de surface agricole utile (SAU) et par 1 000 euros de produit selon la région, Réseau d'information comptable agricole français (RICA) moyenne 2002 à 2007.

Figure 7. Farms specialized in cereal production: greenhouse gas (GG) emissions and non-renewable energy use per hectare of agricultural area and per 1,000 euros of product according to the region, French Farm Accountancy Data Network (FADN) average for 2002 to 2007.

délimitation du système à inventorier n'est pas complètement homogène : par exemple, certaines exploitations ne récoltent pas elles-mêmes leur production, cette tâche étant réalisée par l'organisme collecteur. Concernant le calcul des indicateurs environnementaux, le RICA comporte une description très détaillée des quantités produites, des surfaces et des cheptels. En revanche, les intrants, bâtiments et matériels ne sont connus que par leurs coûts et de manière très agrégée. L'estimation des quantités en s'appuyant sur d'autres bases de données régionales ou nationales est donc une source d'imprécision. La décision des autorités européennes de réintroduire l'enregistrement de certains intrants dans le RICA, des engrais notamment, est donc

porteuse d'avenir. Au-delà des résultats descriptifs présentés ici, le RICA peut ainsi servir de base à l'évaluation multicritère des impacts environnementaux et sociaux des politiques agricoles et des chocs de marchés. ■

Références

Agrete, 2009. RICA France – Tableaux standard 2007. *Agrete, chiffres et données agriculture* 203 : 50-70.

Bochu JL, Bordet AC, Metayer N, Trevisiol A, 2011. *Références Planète 2010, fiche 1 – Généralités : présentation des exploitations et résultats globaux*. Toulouse : Solagro-Ademe. <http://www.ademe.fr>.

Bockstaller C, Guichard L, Makowski D, Aveline A, Girardin P, Plantureux S, 2008. Agri-environmental indicators to assess cropping and farming systems. *A review. Agronomy for Sustainable Development* 28 : 139-49.

Bordet AC, Bochu JL, Trévisiol A, 2010. *Références Planète 2010, fiche 2 – Production « bovins lait strict »*. Toulouse : Solagro. <http://www.ademe.fr>.

BUWAL, 1996. *Ökoinventare für Verpackungen. Schriftenreihe Umwelt, Nr. 250/1b2*. Bern (Switzerland) : Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft.

CITEPA, 2010. *Rapport national d'inventaire pour la France au titre de la convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques et du protocole de Kyoto CCNUC*. Paris : CITEPA. <http://citepa.org/publications/inventaires.htm>

Dalgaard R, Halberg N, Kristensen IS, Larsen I, 2004. *An LC inventory based on representative and coherent farm types. Life cycle assessment in the agri-food sector*. DIAS report, animal husbandry : 98-106. Foulum (Danemark) : Danish Institute of Agricultural Sciences (DIAS), Research center. <http://orgprints.org/15491>

IPCC, 2006a. Émissions imputables au bétail et à la gestion du fumier, chapitre 10. In : *Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux*

de gaz à effet de serre. Genève : IPCC. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/french/>

IPCC, 2006b. Émissions de N₂O des sols gérés et émissions de CO₂ dues au chaulage et à l'application d'urée, chapitre 11. In : *Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre*. Genève : IPCC. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/french/>

Jolliet O, Saadé M, Crettaz P, 2010. *Analyse de cycle de vie, comprendre et réaliser un écobilan*. Lausanne (Suisse) : Presses polytechniques et universitaires romandes.

Mayo R, Sessa R, 2010. *Challenges and solutions for data on agricultural greenhouse gas emissions*. Rome : Food and Agriculture Organization of the United Nations. http://www.fao.org/fileadmin/templates/ess/documents/meetings_and_workshops/ICAS5/PDF/ICASV_4.2_117_Paper_Mayo.pdf.

Metayer N, Bochu JL, Bordet AC, Trevisiol A, 2010. *Références Planète 2010, fiche 3 – Production « grandes cultures strict »*. Toulouse : Solagro-Ademe. <http://www.ademe.fr>.

Pradel M, 2008. Les analyses de cycle de vie dans le domaine agricole. *Sciences Eaux et Territoires* 04 : 4-7. <http://www.set-revue.fr/node/793/texte>.

Turpin N, Dupraz P, Thenail C, Joannon A, Baudry J, Herviou S, *et al.*, 2009. Shaping the landscape: agricultural policies and local biodiversity schemes. *Land Use Policy* 26 : 273-83.

Van der Werf HMG, 2004. Life cycle analysis of field production of fibre hemp, the effect of production practices on environmental impacts. *Euphytica* 140 : 13-23.

Van der Werf HMG, Kanyarushoki C, Corson MS, 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 : 3643-52.