

Évaluation environnementale de systèmes de production laitiers : comparaison des systèmes conventionnels et biologiques avec l'outil EDEN

L'outil EDEN estime les impacts environnementaux ainsi que des impacts économiques et sociaux. Il a permis de faire des comparaisons entre les 47 fermes laitières pris en exemple dans l'étude confirmant sa pertinence à identifier les caractéristiques des fermes ayant le plus d'impact sur l'environnement.

L

es impacts environnementaux des exploitations agricoles dépendent en grande partie des pratiques des agriculteurs. Cependant, le lien entre leurs pratiques et les impacts est indirect, puisque d'autres facteurs (ex. : le climat) affectent les émissions de polluants

associées aux pratiques et les effets de ces émissions. Le développement d'une méthode d'évaluation basée sur les effets des pratiques est un des défis majeurs auxquels sont confrontés ceux qui travaillent dans le domaine de l'évaluation environnementale de systèmes de production agricoles.

Cet article présente une méthode, basée sur le cadre conceptuel de l'analyse de cycle de vie (ACV, Pradel *et al.*, 2010) et sa mise en œuvre au travers d'un outil pour l'évaluation de la durabilité des exploitations (EDEN), dans lequel les indicateurs ACV sont complétés par des indicateurs de performance économique et sociale. Cet article décrit la composante de l'évaluation environnementale d'EDEN, qui sera désigné ici comme EDEN-E, pour le distinguer de l'outil EDEN complet. EDEN-E exige une quantité acceptable de données disponibles à la ferme et peut ainsi être utilisé par des conseillers d'entreprises agricoles ou par des chercheurs, pour l'évaluation de fermes.

EDEN-E établit une distinction spatiale en séparant les interventions environnementales « directes » (ayant lieu sur le site agricole) des interventions environnementales « indirectes » (associées à la production et à la mise à disposition des intrants utilisés à la ferme). La méthode met donc en évidence une composante « directe » et une composante « indirecte » pour chaque impact considéré. Cette distinction spatiale a été introduite car elle est très utile quand la méthode d'évaluation est utilisée pour chercher les voies et moyens de réduire les impacts de

la ferme. En effet, elle montre l'importance relative des deux composantes pour chaque impact et aidera ainsi à définir des stratégies d'amélioration.

Qu'est-ce que EDEN-E et qu'attend-t-on de l'outil ?

Quoi ?

EDEN-E effectue une analyse « du berceau à la porte de la ferme », ce qui signifie que le système d'exploitation évalué comprend la ferme et son amont (la production des intrants), mais que les produits ne font plus partie du système une fois qu'ils quittent la ferme. Les bâtiments agricoles et les parties non agricoles de la ferme ne sont pas inclus dans l'approche. Les désinfectants, détergents, antibiotiques, hormones et autres produits médicamenteux n'ont pas été pris en compte, en raison du manque de données concernant la production et le devenir environnemental de ces intrants. Pour les pesticides, l'utilisation d'énergie non renouvelable pour la production et la mise à disposition a été considérée, ainsi que la quantité de matière active, sans tenir compte de l'effet toxique, faute de données.

Pourquoi ?

Les objectifs d'EDEN-E sont :

- évaluer les impacts sur l'environnement d'une ferme laitière en utilisant l'approche ACV ;
- déterminer la contribution des différents processus de production et des interventions environnementales aux impacts de la ferme ;
- aider la prise de décisions en évaluant les conséquences environnementales de modifications dans la gestion de la ferme ou de sa structure.

Utilisé par qui ?

Les utilisateurs-cibles de la méthode sont des conseillers d'entreprises agricoles et des chercheurs. EDEN-E a été développé dans le cadre de l'Agrotransfert Bretagne, en collaboration avec l'Institut national de la recherche agronomique (INRA) et les chambres d'agriculture de Bretagne. Dans sa version actuelle, EDEN-E est utilisé pour l'évaluation des exploitations de bovins-lait en polyculture-élevage dans l'Ouest de la France et dans l'enseignement.

Pendant combien de temps ?

Le champ temporel d'EDEN-E est une période d'un an, correspondant à un exercice comptable de la ferme. Puisqu'une exploitation remplit plusieurs fonctions (production d'aliments, fourniture de services environnementaux, création de revenu pour l'agriculteur), trois unités fonctionnelles ont été définies : mille litres de lait vendu, un hectare de terre occupée et mille euros de produit agricole brut.

Comment ?

EDEN-E contient un tableau d'inventaire (basé sur diverses sources publiquement disponibles et sur des données non publiées de l'INRA de Rennes) listant les émissions associées à la production et à la mise à disposition de tous les intrants et à certaines activités sur la ferme (ex. : l'épandage d'ammonitrate). Pour les processus qui produisent des coproduits utilisés comme intrants (ex. : le tourteau de soja, qui résulte de la production d'huile de soja), les interventions environnementales sont allouées selon la valeur économique de ces coproduits. Pour ces intrants, la quantité de chacun utilisé dans EDEN-E est prise directement dans les documents de la ferme. Pour les machines, l'allocation est basée sur l'utilisation dans l'année considérée, comparée à l'utilisation sur la vie entière de la machine.

Les émissions des composés azotés sont estimées avec une approche qui détermine d'abord l'excédent du bilan apparent de l'azote de la ferme et s'intéresse ensuite au devenir de l'excédent d'azote. Les intrants azotés pris en compte sont les engrais, la fixation symbiotique, les produits végétaux, les animaux et la déposition atmosphérique. Les sortants sont les déjections, les produits végétaux, le lait et les animaux. Les émissions d'ammoniac (NH_3), d'oxyde d'azote (NO), de protoxyde d'azote (N_2O) et de diazote (N_2) sont estimées en utilisant des facteurs d'émission (FE) qui varient selon le site et la gestion des déjections. Les émissions de N_2O sont calculées suivant les récentes directives du GIEC (Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat).

EDEN-E utilise une méthode proposée par le CORPEN (Comité d'orientation pour des pratiques agricoles respectueuses de l'environnement.) pour calculer le N excrété par les vaches laitières et les génisses en fonction de la ration et de la production de lait. Le temps passé en bâtiment et au pâturage est utilisé pour répartir le N excrété. Après soustraction de pertes gazeuses dans le bâtiment et durant le stockage, le N disponible pour l'épandage au champ peut être calculé. Les émissions suite à l'épandage des déjections sont calculées en

considérant la saison, la couverture du sol et la technique d'épandage. Les pertes de nitrate (NO_3) de la ferme sont estimées comme étant la différence entre l'excédent du bilan apparent de l'azote et les émissions gazeuses d'azote.

Pour le transfert de phosphore (P-PO_4) vers l'eau de surface, un FE de 0,01 kg de P-PO_4 par kg P épandu sous forme d'engrais a été utilisé. Pour le cadmium (Cd), le cuivre (Cu), le nickel (Ni), le plomb (Pb) et le zinc (Zn) l'excédent du bilan apparent annuel a été considéré comme une émission vers le sol. Les émissions de méthane (CH_4) issues de la fermentation entérique et de la gestion des déjections ont été calculées selon une méthode du GIEC qui considère des sous-catégories d'animaux et la gestion des déjections.

Les impacts environnementaux considérés

EDEN-E estime les impacts suivants : eutrophisation, acidification, écotoxicité terrestre, changement climatique, utilisation d'énergie non renouvelable, et occupation de terre. L'estimation des impacts se fait selon des méthodes de caractérisation utilisées dans plusieurs études récentes. Dans la présentation de ses résultats, EDEN-E peut distinguer, pour chaque impact, la composante directe et indirecte, ainsi que l'impact total (la somme des deux composantes). Pour cet article, l'unité fonctionnelle « 1 000 litres de lait vendu » a été convertie en 1 000 kg de lait corrigé en matière grasse et en protéines (LCMP). Aussi, la première version d'EDEN-E a utilisé les données sur le chiffre d'affaires de l'exploitation pour effectuer une allocation économique pour estimer la proportion d'émissions et d'impacts totaux due à la seule production de lait. Mais cette méthode d'allocation peut allouer incorrectement des émissions dues aux animaux aux cultures vendues et vice-versa.

Nous avons donc décidé d'éviter cette allocation entre des produits animaux et végétaux en séparant les données des fermes en deux parties :

- pour la production de cultures de vente,
- pour tous les autres processus.

En conséquence, pour calculer les impacts par « 1 000 kg de lait LCMP », nous avons traité les données pour enlever de chaque ferme tous les entrants, sorties, et la surface agricole utile (SAU) utilisés pour les cultures et fourrages cultivés sur la ferme, mais pas utilisés pour produire le lait. À la fin de ce processus, les interventions environnementales restantes appartenaient seulement à la production du lait et des animaux. Dans l'étape finale, nous avons utilisé l'allocation économique pour allouer ces interventions entre les deux productions. Pour l'unité fonctionnelle « 1 ha de terre occupée », les impacts de tous les produits de la ferme (lait, animaux et produits végétaux) sont pris en compte et ramenés à l'hectare de terre utilisé sur la ferme et à l'extérieur pour produire les aliments achetés. Les terres de la ferme correspondent à la SAU, tandis que la surface des terres hors de la ferme (par exemple pour les aliments concentrés achetés) est estimée à partir des types et quantités des intrants utilisés.

Comparaison de 47 fermes biologiques et conventionnelles

EDEN-E a été utilisé pour l'évaluation environnementale de 47 fermes laitières de Bretagne, dont 41 fermes conventionnelles (CONV) et 6 fermes en agriculture biologique (BIO). Les données ont été collectées en 2006 par les conseillers des chambres d'agriculture de Bretagne. Pour chaque ferme, cela a concerné une année (un exercice comptable) entre janvier 2003 et décembre

2005. Le temps de collecte de données sur la ferme a été de trois heures en moyenne. Les différences entre les valeurs moyennes des caractéristiques, émissions, et impacts potentiels des fermes BIO et CONV ont été évaluées avec des tests de Student.

Les fermes biologiques et conventionnelles examinées diffèrent en ce qui concerne la structure de l'exploitation, l'utilisation d'intrants et le niveau de production (tableau 1). Par rapport aux fermes CONV, les fermes BIO avaient une surface fourragère (SFP) avec moins de maïs. Les vaches en

1 Valeurs moyennes (± 1 écart-type) pour les caractéristiques de fermes biologiques (n = 6), fermes conventionnelles (n = 41) et toutes les fermes (n = 47)

Caractéristique	Unité	Biologique	Conventionnel	Tous
Structure des exploitations				
Surface agricole utile (SAU)	ha	70,1 (29,9)	59,3 (19,8)	60,7 (21,3)
Surface fourragère principale (SFP)	ha	59,2 (20,5)	44,6 (13,7)	46,5 (15,3)
Maïs ensilage dans la SFP	%	5,7 (7,2)	29,5 (11,5)	* 26,4 (13,6)
Chargement	UGB ^a ha ⁻¹ SFP	1,24 (0,36)	1,48 (0,30)	1,44 (0,31)
Temps de pâturage ^b	jours an ⁻¹	243,8 (34,7)	197,5 (37,1)	* 203,4 (39,6)
Entrées				
Aliments concentrés	kg vache ⁻¹ an ⁻¹	207,0 (180,0)	760,9 (315,3)	*** 690,1 (353,4)
Pesticides (substance active)	g ha ⁻¹ SAU an ⁻¹	0 (0)	777 (403)	*** 678 (458)
N apporté par les engrais minéraux	kg ha ⁻¹ SAU an ⁻¹	0,0 (0,0)	59,8 (27,6)	*** 52,2 (32,7)
N apporté par les engrais organiques	kg ha ⁻¹ SAU an ⁻¹	0,0 (0,0)	25,5 (24,8)	*** 22,2 (24,7)
N apporté par les aliments concentrés	kg ha ⁻¹ SAU an ⁻¹	7,3 (9,8)	30,4 (18,4)	*** 27,4 (19,1)
N apporté par la fixation symbiotique	kg ha ⁻¹ SAU an ⁻¹	62,0 (29,0)	32,4 (20,1)	36,2 (23,3)
Apport total de N	kg ha ⁻¹ SAU an ⁻¹	73,4 (36,9)	151,5 (37,1)	** 141,6 (45,1)
Diesel	kg ha ⁻¹ SAU an ⁻¹	71,1 (40,9)	105,0 (28,3)	100,7 (31,8)
Électricité	kWh ha ⁻¹ SAU an ⁻¹	239,5 (159,8)	338,6 (140,5)	325,7 (145,2)
Sorties				
Lait produit	kg LCMP ^c vache ⁻¹ an ⁻¹	5507 (1091)	7678 (865)	** 7401 (1147)
Lait vendu	kg LCMP ha ⁻¹ SFP an ⁻¹	4416 (1029)	7197 (1524)	*** 6842 (1736)
Taux butyreux (TB) du lait	%	4,05 (0,38)	4,30 (0,25)	4,27 (0,27)
Taux protéique (TP) du lait	%	3,48 (0,33)	3,39 (0,20)	3,40 (0,22)
Part du lait vendu dans le chiffre d'affaires du lait et des animaux ^d	%	80,3 (12,4)	82,1 (6,1)	81,8 (7,1)
Animaux vendus (poids vif)	kg ha ⁻¹ SFP an ⁻¹	236,6 (110,7)	239,8 (83,0)	239,4 (85,6)
Excédent de N du bilan apparent	kg ha ⁻¹ SAU an ⁻¹	38,2 (41,6)	87,8 (37,6)	* 81,5 (41,2)
Indicateurs économiques				
Efficacité économique ^e	%	44,2 (17,6)	42,7 (6,7)	42,9 (8,6)
Transmissibilité économique ^f	k€	92,1 (39,7)	147,0 (51,8)	* 139,8 (53,4)
Coût « nourrie-logée » ^g	€1 000 l ⁻¹ LCMP	169,4 (60,2)	134,9 (34,3)	138,7 (38,6)

Les symboles après les moyennes de groupe indiquent des différences significatives à (*) p < 0,05, (**) p < 0,01 et (***) p < 0,001.

^a Unité de gros bétail, définie d'après le système français.

^b Évalué comme 20,4 heures par jour « de pâturage exclusif ou dominant » et 8,4 heures par jour « de transition entre stabulation et pâturage », additionnées et converties en jours.

^c LCMP est le lait corrigé en matière grasse et en protéines, c'est-à-dire $0,337 + 0,116 \times \% \text{ TB} + 0,06 \times \% \text{ TP} \times \text{kg de lait vendu}$.

^d Utilisé pour l'allocation économique dans l'ACV.

^e EBE/PB (excédent brut d'exploitation/produit brut).

^f Capital d'exploitation/UTH non salarié (UTH : unité de travail humain).

^g Indicateur synthétique de coût prenant en compte les intrants relatifs à l'alimentation, la mécanisation des cultures, les bâtiments et équipements d'élevage.

2 Émissions moyennes estimées (± 1 écart-type) par 1 000 kg de lait corrigé en matière grasse et en protéines (LCMP) et par ha de terre occupée (sur et hors de la ferme) pour les fermes biologiques (n = 6) et les fermes conventionnelles (n = 41)

Compartiment	Substance	Unités	Par 1 000 kg LCMP		Par hectare		
			Biologique	Conventionnel	Biologique	Conventionnel	
Air	CO ₂	kg	121,23 (39,97)	137,75 (31,08)	582,44 (199,54)	946,06 (182,42)	**
	N ₂ O	kg	0,95 (0,21)	1,05 (0,19)	4,21 (1,09)	6,49 (1,10)	**
	NH ₃	kg	3,49 (0,55)	3,28 (0,38)	15,76 (3,46)	19,47 (3,74)	*
	NO	kg	0,10 (0,01)	0,13 (0,03)	0,45 (0,06)	0,86 (0,16)	***
	NO _x	kg	1,16 (0,43)	1,40 (0,34)	5,75 (2,66)	9,52 (2,01)	*
	SO ₂	kg	0,47 (0,20)	1,29 (0,67)	2,24 (0,84)	9,78 (3,94)	***
	CH ₄	kg	27,14 (3,46)	23,43 (4,08)	122,09 (20,14)	135,66 (33,67)	
Eau	NO ₃	kg	35,37 (36,38)	55,51 (25,13)	138,66 (177,15)	305,26 (133,73)	
	PO ₄	kg	0,11 (0,03)	0,16 (0,05)	0,50 (0,16)	1,07 (0,36)	***
Sol	Cd	g	0,01 (0,01)	0,09 (0,04)	0,05 (0,07)	0,45 (0,24)	***
	Cu	g	11,73 (25,46)	24,94 (25,88)	56,63 (122,11)	160,25 (161,96)	
	Ni	g	0,26 (0,44)	0,97 (0,74)	1,13 (2,15)	5,74 (4,11)	**
	Pb	g	0,36 (0,49)	0,56 (0,93)	1,45 (2,35)	2,22 (4,99)	
	Zn	g	18,64 (40,24)	46,28 (42,18)	88,34 (193,02)	281,98 (255,34)	

Les symboles après les moyennes de groupe indiquent des différences significatives à (*) p < 0,05, (**) p < 0,01 et (***) p < 0,001.

BIO restait plus longtemps au pâturage que celles en CONV. L'utilisation d'intrants était plus élevée pour les fermes CONV que pour les fermes BIO : plus d'aliments concentrés par vache, d'apport total d'azote, et de pesticides. La production moyenne annuelle de LCMP par vache était 5 507 kg pour les fermes BIO et 7 678 kg pour les fermes CONV (la moyenne des fermes laitières en Bretagne est de 6 330 kg). La production de lait par hectare de SFP était également plus grande pour les fermes CONV que pour les fermes BIO. L'excédent du bilan apparent de l'azote était plus important pour les fermes CONV que pour les fermes BIO.

Trois indicateurs économiques calculés par EDEN complètent le tableau 1 à savoir : efficacité économique, transmissibilité économique et coût « nourrie-logée ». L'efficacité économique des systèmes BIO et CONV était très voisine, alors que la transmissibilité des fermes BIO était meilleure qu'en CONV avec un capital à reprendre plus faible. Le coût nourrie-logée des vaches par 1 000 litres de lait était plus faible (mais pas significativement) pour les fermes CONV que pour les fermes BIO, la conversion à l'agriculture biologique a souvent été un moment clé pour la modernisation des bâtiments et du matériel.

Émissions estimées

Exprimées par 1000 kg de LCMP, les émissions ne différaient pas significativement pour les deux systèmes concernant le CO₂, N₂O, NH₃, NO_x, NO₃, Cu, Pb, et Zn (tableau 2). Le système CONV avait des émissions

plus élevées pour le NO, SO₂, PO₄, Cd, et Ni, tandis que le système BIO avait des émissions plus élevées pour le CH₄. Exprimé par ha de terre occupée, les émissions de toutes les substances sauf le CH₄, NO₃, Cu, Pb, et Zn étaient significativement plus élevées pour le système CONV que pour le système BIO. Les différences étaient particulièrement grandes (plus de 100 %) pour le SO₂, PO₄, Cd, et Ni.

Impacts moyens estimés

Exprimés par 1 000 kg de LCMP, les valeurs moyennes des impacts eutrophisation, acidification, et changement climatique ne différaient pas significativement pour CONV et BIO, dus principalement aux émissions directes (tableau 3). La toxicité terrestre était aussi plus importante pour CONV que pour BIO, pour CONV due principalement aux émissions directes, pour BIO due principalement aux émissions indirectes. L'utilisation d'énergie non renouvelable ne différait pas non plus de façon significative pour les deux systèmes, mais elle était due principalement à l'utilisation d'énergie indirecte. L'occupation de terre était plus faible pour CONV que pour BIO pour les deux systèmes, due principalement à l'occupation directe de terre (sur la ferme). Quand les résultats étaient exprimés par hectare de terre occupée, tous les impacts potentiels étaient plus importants pour CONV que pour BIO (sauf l'occupation de terre qui est rendue à l'unité). Enfin, il faut noter que la variabilité des impacts autour de leurs moyennes était considérable dans chaque système.

3 Moyennes des impacts directs et indirects (et le coefficient de variation) (1) par 1 000 kg de lait corrigé en matière grasse et en protéines (LCMP) et (2) par hectare de terre occupée pour les fermes biologiques (n = 6) et les fermes conventionnelles (n = 41)

Impact potentiel	Unités	Localisation	Par 1 000 kg LCMP		Par hectare	
			Biologique	Conventionnel	Biologique	Conventionnel
Eutrophisation	kg-equiv. PO ₄	Direct	4,7 (70 %)	6,5 (40 %)	20,5 (88 %)	41,9 * (39 %)
		Total	5,0 (74 %)	7,1 (37 %)	20,7 (88 %)	39,8 * (35 %)
Acidification	kg-equiv. SO ₂	Direct	5,9 (10 %)	5,3 (13 %)	28,0 (20 %)	37,0 ** (21 %)
		Total	6,8 (16 %)	7,6 (16 %)	31,0 (22 %)	48,1 *** (16 %)
Changement climatique (horizon 100 ans)	kg-equiv. CO ₂	Direct	982 (10 %)	886 (15 %)	4 626 (18 %)	6046 ** (21 %)
		Total	1 082 (12 %)	1037 (14 %)	4 887 (16 %)	6271 ** (17 %)
Toxicité terrestre	kg-equiv. 1,4-DCB	Direct	0,03 (124 %)	1,59 *** (95 %)	0,12 (155 %)	11,35 *** (94 %)
		Total	0,75 (195 %)	1,83 (84 %)	3,50 (202 %)	11,18 * (82 %)
Utilisation d'énergie non renouvelable	GJ	Direct	0,8 (36 %)	0,8 (26 %)	4,2 (43 %)	6,0 (21 %)
		Total	2,6 (34 %)	2,8 (16 %)	12,1 (30 %)	18,9 ** (15 %)
Occupation de terre	m ² an ⁻¹	Direct	1 997 (16 %)	1149 *** (24 %)	-	-
		Total	2 085 (16 %)	1374 ** (18 %)	-	-

Les impacts directs considèrent seulement des activités à la ferme, tandis que les impacts totaux incluent aussi les activités en dehors de la ferme. Les symboles après les moyennes de groupe indiquent des différences significatives à (*) p < 0,05, (**) p < 0,01 et (***) p < 0,001.

► **Un outil prometteur pour identifier les caractéristiques des fermes ayant plus d'impact sur l'environnement**

Plusieurs études d'ACV de la production de lait de vache ont été publiées depuis 2001 (Haas *et al.*, 2001 ; Cederberg et Flysjö, 2004 ; Thomassen *et al.*, 2008 ; Basset-Mens *et al.*, 2009) (tableau 4). Cependant, des méthodes de calcul utilisées (par exemple, pour établir l'inventaire environnemental) diffèrent pour ces études, ce qui explique en partie la différence dans leurs résultats. Nous nous concentrons donc principalement sur des différences entre des fermes BIO et CONV au sein de chacune de ces études. Toutefois, il peut être noté que pour l'eutrophisation, le changement climatique, l'utilisation d'énergie non renouvelable, et l'occupation de terre, les résultats de notre étude sont placés dans le centre de la gamme de valeurs des autres études. Pour l'acidification, nos résultats sont à la partie inférieure de la variabilité observée. Les impacts potentiels sont exprimés par 1 000 kg de lait non corrigé pour l'étude allemande, 1 000 kg de lait corrigé pour l'énergie pour l'étude suédoise, et par 1 000 kg de lait corrigé en matière grasse et en protéines pour les autres études. Pour une comparaison correcte, les impacts d'eutrophisation, acidification et changement climatique de notre étude ont été recalculés avec les facteurs de caractérisation des autres études. Concernant la validité d'EDEN-E, son cadre conceptuel est basé sur l'ACV, qui est largement acceptée pour l'évaluation environnementale de systèmes industriels et agricoles.

Son inventaire d'émissions est en grande partie basé sur des méthodes internationalement acceptées, et ses résultats ont été partiellement validés, en particulier pour les émissions de substances azotées. La convivialité d'EDEN-E a été testée pendant la collecte de données, ce qui a révélé que l'outil était suffisamment polyvalent pour s'adapter à une large variété de situations rencontrées sur les fermes.

Les résultats présentés dans cet article seront utiles comme valeurs de référence dans de nouvelles études de systèmes de production laitiers en France. Cette étude a aussi établi l'importance relative des composantes directes et indirectes des impacts globaux, révélant la prédominance des impacts directs pour les fermes étudiées. La contribution la plus précieuse de cette étude se trouve dans son exploration de la variabilité des impacts environnementaux d'une ferme à l'autre. Beaucoup d'études ACV de systèmes agricoles ont examiné l'effet de mode de production (souvent BIO contre CONV) sur des impacts environnementaux, mais très peu ont exploré la variabilité inter-ferme.

EDEN-E représente donc un important pas en avant dans la recherche d'un outil pour l'évaluation environnementale de systèmes de production agricoles combinant validité et la convivialité. Il distingue les impacts directs (sur la ferme) des impacts indirects (associés aux intrants), ce qui aide à identifier des stratégies d'amélioration pour la ferme et permet l'utilisation de facteurs de caractérisation spécifiques au site, en particulier pour des interventions environnementales directes contribuant aux impacts régionaux. EDEN-E peut être utilisé

4 Les résultats des impacts d'ACV menées en Allemagne (Haas *et al.*, 2001), en Suède (Cederberg et Flysjö, 2004), aux Pays-Bas (Thomassen *et al.*, 2008) et en Nouvelle-Zélande (Basset-Mens *et al.*, 2009) comparés aux résultats de cette étude (France 2003-2005)

Pays et année des données	Nombre de fermes	Système de production	Eutrophication	Acidification	Changement climatique	Utilisation d'énergie	Occupation de terre
			kg-equiv. PO ₄	kg-equiv. SO ₂	kg-equiv. CO ₂	GJ	m ² an ⁻¹
Allemagne 1998	6	Conventionnel intensif	7,5	19,0	1 300	2,7	-
	6	Conventionnel extensif	4,5	17,0	1 000	1,3	-
	6	Biologique	2,8	22,0	1 300	1,2	-
Suède 2001-2002	9	Conventionnel intensif	4,0	10,2	896	2,6	1 540
	8	Conventionnel moyen	4,5	9,8	1 037	2,7	1 920
	6	Biologique	5,3	11,6	938	2,1	2 930
Pays-Bas 2003	10	Conventionnel	10,5	9,5	1 410	5,0	1 280
	11	Biologique	6,6	10,8	1 480	3,1	1 770
Nouvelle-Zélande 2004	Moyenne ^a	Conventionnel	2,7	7,4	856	1,4	1 055
France 2003-2005	41	Conventionnel	7,1	8,5	956	2,8	1 374
	6	Biologique	5,0	7,9	985	2,6	2 085

^a Les données correspondent à la ferme laitière moyenne de la Nouvelle-Zélande, basées sur la statistique nationale. Les impacts potentiels sont exprimés par 1 000 kg de lait non corrigé pour l'étude allemande, 1 000 kg de lait corrigé pour l'énergie pour l'étude suédoise, et par 1 000 kg de lait corrigé en matière grasse et en protéines pour les autres études. Pour une comparaison correcte, les impacts d'eutrophication, acidification et changement climatique de notre étude ont été recalculés avec les facteurs de caractérisation des autres études.

pour évaluer un grand nombre de fermes à un coût raisonnable et constitue un outil précieux pour l'exploration de la variabilité inter-ferme des impacts environnementaux. Pour les impacts étudiés, cette étude confirme largement des résultats antérieurs concernant l'effet du mode de production sur les impacts. Les fermes BIO dans l'échantillon avaient moins d'impacts que les fermes CONV par hectare de terre occupé, mais il y avait peu de différences significatives par 1 000 kg de lait (seulement pour la surface agricole utilisée). En plus, elle révèle de façon saisissante que, pour l'échantillon de fermes examiné, la contribution du mode de production à la variabilité globale inter-ferme des impacts est plutôt mineure comparée à la variabilité inter-ferme à l'intérieur de chacun des deux systèmes de production. L'exploration de cette variabilité à travers l'utilisation d'EDEN-E ouvre des perspectives prometteuses pour identifier des voies vers des systèmes de production ayant moins d'impacts sur l'environnement. Cet outil permet d'identifier et mettre en exergue des caractéristiques structurelles et de gestion des fermes présentant les impacts les plus faibles. ■

QUELQUES RÉFÉRENCES CLÉS...

- **BASSET-MENS, C., LEDGARDA, S., BOYESA, M.**, 2009, Eco-efficiency of intensification scenarios for milk production in New Zealand, *Ecological economics*, n° 68, p. 1615-1625.
- **CEDERBERG, C., FLYSJÖ, A.**, 2004, Life cycle inventory of 23 dairy farms in south-western Sweden, Rapport SIK n° 728, SIK, Göteborg, Suède, 59 p.
- **HAAS, G., WETTERICJ, F., KÖPKE, U.**, 2001, Comparing intensive, intensified and organic grassland farming in southern Germany by process life cycle assessment, *Agriculture, ecosystems and environment*, n° 83, p. 43-53.
- **PRADEL, M., DE GERVILLIER, A.**, 2010, L'analyse du cycle de vie à l'échelle d'une exploitation agricole : méthode et premiers résultats, *Sciences, Eaux & Territoires*, p. 38-45.
- **THOMASSEN, M.A., VAN CALKER, K.J., SMITS, M.C.J., IEPEMA, G.L., DE BOER, I.J.M.**, 2008, Life cycle assessment of conventional and organic milk production in the Netherlands, *Agricultural systems*, n° 96, p. 95-107.

Remerciements

Nous remercions tous ceux qui ont contribué à la réalisation de l'outil EDEN, à la collecte et au traitement des données agricoles utilisées dans cette étude. Une mention particulière va au comité technique d'utilisateurs et le comité de pilotage du projet « Évaluation de la durabilité de systèmes de production bovins en Bretagne » d'Agrotransfert Bretagne, à Sébastien Huet et à Josefa Maria Vallengano Dominguez.

Les auteurs

Claver Kanyarushoki

École supérieure d'agriculture d'Angers
55 rue Rabelais,
BP 30748, 49007 Angers Cedex 01
c.kanyarushoki@groupe-esa.com

Hayo van der Werf

Institut national de la recherche
agronomique,
UMR 1069,
Sol Agro et hydrosystème Spatialisation,
Agrocampus Ouest,
35042 Rennes
Hayo.vanderWerf@rennes.inra.fr

Michael Corson

Institut national de la recherche
agronomique,
UMR 1069,
Sol Agro et hydrosystème Spatialisation,
Agrocampus Ouest,
35042 Rennes
Mickael.Corson@rennes.inra.fr

Françoise Roger

Chambres d'agriculture de Bretagne,
CS 14226, 35042 Rennes
francoise.roger@ille-et-vilaine.chambagri.fr