



HAL
open science

Profils environnementaux des exploitations d'élevage bovins lait et viande en agriculture biologique et conventionnelle: enseignements du projet CedABio

Hélène Chambaut, Erika Moussel, Jérôme Pavie, Jean Paul Coutard,
Bertrand Galisson, Jean-Louis J.-L. Fiorelli, Joannie Leroyer

► To cite this version:

Hélène Chambaut, Erika Moussel, Jérôme Pavie, Jean Paul Coutard, Bertrand Galisson, et al.. Profils environnementaux des exploitations d'élevage bovins lait et viande en agriculture biologique et conventionnelle: enseignements du projet CedABio. 18. Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants, Institut de l'Elevage (IDELE). paris, FRA., Dec 2011, Paris, France. 432 p. hal-02747381

HAL Id: hal-02747381

<https://hal.inrae.fr/hal-02747381>

Submitted on 3 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Profils environnementaux des exploitations d'élevage bovins lait et viande en agriculture biologique et conventionnelle : enseignements du projet CedABio

CHAMBAUT H. (1), MOUSSEL E. (2), PAVIE J. (2), COUTARD J.P. (3), GALISSON B. (4), FIORELLI J.L. (5), LEROYER J. (6)

(1) Institut de l'Élevage, 9 rue André Brouard, B.P. 70510, 49105 ANGERS CEDEX 02

(2) Institut de l'Élevage, 6 rue des Roquemonts, 14053 CAEN CEDEX 4

(3) Chambre d'Agriculture de Maine et Loire, Ferme expérimentale, La garenne de la cheminée, 49220 Thorigné d'Anjou

(4) Chambre d'Agriculture du Maine-et-Loire, Route d'Aviré, 49500 SEGRE

(5) INRA, 662 avenue Louis Buffet, 88500 MIRECOURT

(6) ITAB, 9 rue André Brouard, B.P. 70510, 49105 ANGERS CEDEX 02.

RESUME

Les indicateurs d'impacts environnementaux empruntés aux démarches d'analyse de cycle de vie sont évalués sur cent fermes bovines biologiques et conventionnelles dans le cadre du projet CedABio associant des partenaires de la recherche et du développement. A structure d'exploitation comparable, la plus grande autonomie des systèmes biologiques se traduit par de moindres niveaux d'excédents azotés sur l'exploitation (-57 et -37 kg N/ha SAU hors fixation symbiotique et déposition atmosphérique respectivement en lait et en viande) et une meilleure efficacité énergétique avec des consommations inférieures de 17% par litre de lait et 24% au kilogramme de viande. A l'échelle de l'exploitation, les impacts environnementaux sont ainsi systématiquement plus faibles en agriculture biologique ramenés à l'unité de surface (-10% à -59% selon les impacts) mais en se focalisant sur l'atelier animal (émissions du troupeau et des surfaces dévolues à son alimentation) les écarts par unité de produit sont moindres. Les mesures sur sites expérimentaux, à l'INRA de Mirecourt en lait (88) et à la ferme expérimentale de Thorigné d'Anjou en viande (49), confirment le lien entre moindre excédent de bilan azoté et moindre risque pour l'eau, globalement, à l'échelle de l'exploitation. Mais elles soulignent la nécessité de poursuivre les travaux de mesures sur les pertes gazeuses dans les systèmes. L'étude détaillée des flux azotés au sein de l'exploitation montre la nécessité de travailler sur le long terme, notamment en agriculture biologique où les systèmes de culture sont souvent basés sur des rotations longues valorisant l'azote organique et les fixations symbiotiques d'azote.

Environmental profiles of dairy and meat cattle farms in Organic farming : a lesson from the CedABio project

CHAMBAUT H. (1), MOUSSEL E. (2), PAVIE J. (2), COUTARD J.P. (3), GALISSON B. (4), FIORELLI J.L. (5), LEROYER J. (6)

(1) Institut de l'Élevage, 9 rue André Brouard, B.P. 70510, 49105 ANGERS CEDEX 02

SUMMARY

The environmental impact of 100 cattle farms were calculated using the live cycle assessment method by 22 research and development partners within the CedABio project. The nitrogen balance excess from Biological farms was lower than that of conventional farms (-57 and -33 kg N/ha AA resp. milk and meat farms), as was energy consumption (less than 17% per liter of milk and 24% per kilo of meat). On the farm scale, eutrophication, acidification, contributions to warming impact and biodiversity were also reduced from 10 to 59% for each ha of AA. With the dairy or beef fodder systems, the difference between biological and conventional production was less important per unit of product. Measurements on soil nitrogen residues during drainage seasons on experimental farms (Mirecourt in Milk systems (88) and Thorigné d'Anjou in beef production (49)), confirmed that biological systems are less risky for leaching at a farm scale but also shows the interest on continuing the measurements of gas losses.

INTRODUCTION

Le Grenelle de l'environnement incite au développement des productions en Agriculture Biologique en France. L'élevage Biologique présente des atouts indéniables vis-à-vis de l'environnement (traitements pharmaceutiques réduits, absence de produits phytosanitaires chimiques de synthèse et biodiversité). Mais souvent, la moindre productivité des systèmes se traduit par une occupation accrue de l'espace et davantage d'animaux à entretenir par unité de produit. L'étude aborde la performance environnementale associée aux systèmes d'élevages bovins lait et viande en agriculture biologique, en se focalisant sur les points les plus discutés actuellement : flux d'azote, de phosphore et de carbone par unité de produit. Les résultats sont issus d'un travail de 3 ans mené dans le cadre d'un projet national CASDAR "Contributions environnementales et durabilité socio-économique des systèmes d'élevages bovins biologiques (CedABio)" associant de nombreux partenaires (cf remerciements).

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. Evaluation des impacts environnementaux

La performance environnementale est appréciée par des indicateurs de pression exercée par l'activité agricole sur le milieu au travers du bilan de l'azote (Simon et al, 1992), des consommations énergétiques (Beguin et al, 2008), et également, par des indicateurs d'impacts (eutrophication, acidification, réchauffement climatique, biodiversité). Ceux-ci sont estimés dans les fermes selon une méthodologie de l'Institut de l'Élevage (Gac et al, 2010) basée sur l'approche en Analyse de Cycle de Vie (ACV). Les principaux facteurs d'émission sont issus de la littérature (GES'TIM 2010 ; GIEC 2006 ; Skiba et al, 1997 ; EMEP-CORINAIR 2002). Ces facteurs sont appliqués aux flux d'azote, de phosphore et de carbone mis en jeu dans l'exploitation à partir des données enregistrées dans un ensemble de fermes. Le troupeau détenant une place centrale dans les émissions en élevage bovin spécialisé, la matière sèche ingérée et les rejets dans les fèces et l'urine des animaux ont été calculés à partir de

leurs besoins physiologiques (productions laitières, poids après vêlage) et en tenant compte des apports réalisés par l'éleveur (stocks de fourrages, types d'aliments concentrés réellement utilisés). L'impact sur le climat est abordé à travers les émissions de CH₄, N₂O, CO₂ (GES Brut) puis déduction faite du stockage de carbone dans les sols (GES net). Pour les prairies, un stockage de 500 kg C/ha/an est retenu forfaitairement, le déstockage en année de retournement étant comptabilisé à hauteur de 1000 kg C/ha/an de pertes (Arrouays et al, 2002). Enfin, l'approche se singularise de la méthodologie préconisée par le GIEC (2006) pour l'appréciation du risque de perte d'azote nitrique vers l'eau. En élevage, l'azote lessivé est ici obtenu par différence entre le solde du bilan apparent incluant la fixation symbiotique mais déduction faites des pertes d'azote gazeux (NH₃, N₂, N₂O, NO) et du stockage d'azote organique dans les sols, comptabilisé à raison de 50 kg N/ha/an pour les prairies de longue durée.

Les indicateurs environnementaux sont d'abord calculés à l'échelle de l'exploitation et ramenés à l'hectare de SAU puis uniquement sur l'atelier animal (émissions par les animaux, les surfaces fourragères et en céréales autoconsommées) pour être rapporté à l'unité fonctionnelle « produit » (litre de lait et kilo de viande vive).

1.2. LE DISPOSITIF DE FERMES SUIVIES DANS CEDABIO

1.2.1. Une diversité de situations pédoclimatiques

Les évaluations environnementales ont été conduites en élevage bovin spécialisé sur 90 fermes, 46 exploitations laitières et 44 en bovin viande (dont 29 naisseurs et 15 naisseurs-engraisseurs) situées dans des contextes variés : Pays de la Loire, Basse-Normandie, Bretagne, Vosges, Cantal, Haute-Loire, Aveyron, Loire. La moitié des élevages de chaque catégorie est en production biologique (AB). Les exploitations conventionnelles CedABio sont représentatives de systèmes peu intensifs comparativement à un pool plus large d'exploitations des Réseaux d'Élevage pour le Conseil et la Prospective (RECP) (tab 1 a et b).

Tableau 1a : Caractéristiques des systèmes bovins viande naisseurs

	Conv. RECP	Naisseurs Conv. Cedabio	Naisseurs Agri. Bio. Cedabio
Nombre de fermes	213	15	14
SAU (ha)	138	114	100
% SFP/ SAU	77	90	95
UGB/ha SFP	1,3	1,2	1
Viande vive kg/UGB	293	271	266
Kg Concentré/UGB	591	307	271
Kg N minéral/ha SAU	53	34	0
Bilan hors fixation kg N/ha SAU	44	36	0

Tableau 1b : Caractéristiques des systèmes laitiers étudiés

	Conv RECP	Conv CedABio	Agri. Bio. CedABio
Nombre de fermes	221	18	28
SAU (ha)	100	91	90
% SFP/SAU	73	80	87
UGB/ha SFP	1,49	1,23	1,15
% Maïs/SFP	23,5	15,5	4,5
L Lait/vache/an	7078	6243	4965
Kg Concentré/VL	1683	1470	768
Kg N miné/ha SAU	70	44	1
Bilan hors fixation kg N/ha SAU	70	47	-10

1.2.2. Deux fermes expérimentales

Les résultats des fermes commerciales sont discutés au regard des observations et de mesures conduites sur deux unités expérimentales en production biologique : l'une à Mirecourt (88) en production laitière suivant une stratégie d'autonomie (Coquil et al, 2009), l'autre à Thorigné d'Anjou (49) en production de viande basée sur une stratégie économe (Coutard et al, 2009). Les pesées et analyses des produits circulant dans ces deux exploitations procurent une bonne connaissance des flux. Des mesures complémentaires (reliquats d'azote minéral dans les sols en hiver, émissions gazeuses en période de stabulation) permettent de préciser les risques environnementaux.

2. RESULTATS

2.1. IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX DES SYSTEMES VIANDE

2.1.1. Positionnement des systèmes biologiques viande bovine

Sur les 44 exploitations viande du projet CedABio, tous les impacts environnementaux exprimés par hectare de SAU sont moindres en agriculture biologique (tab 2). Les écarts sont plus faibles lorsqu'ils sont évalués pour l'atelier viande et ramenés à l'unité produite. Ainsi pour la contribution au réchauffement climatique, la moindre productivité animale des systèmes viande biologique (-13%) est compensée par davantage de stockage de carbone du fait d'une part plus importante de prairies longue durée dans les surfaces fourragères. Ceci est également favorable à la biodiversité qui augmente de 40% en mode biologique. On remarque cependant que l'acidification a tendance à se dégrader une fois ramenée à l'unité de viande produite. L'écart sur le poste acidification n'est pas significatif dans le sous échantillon naisseur spécialisé, la différence provient des exploitations avec engraissement.

Tableau 2 : Impacts environnementaux potentiels des exploitations viande de CedABio

	Conv	Bio	*
Exploitations (nb)	22	22	-
% Naisseurs dans l'échantillon	68	64	-
UGB/ha SFP	1,24	1,06	s
Viande vive kg/UGB	294	256	s
Kg Concentré/UGB	390	295	s
Bilan apparent kg N/ha SAU	39	2	s
Réchauffement climatique			
Kg Eq CO ₂ Brut exploitation / ha SAU	4985	4441	s
Kg Eq CO ₂ Net atelier /100kgvv	1166	994	s
Eutrophisation			
Kg Eq PO ₄ exploitation / ha SAU	12,6	8,2	s
Kg Eq PO ₄ atelier viande/100kgvv	2,9	2,5	ns
Acidification			
Kg Eq SO ₂ exploitation / ha SAU	29,1	26,2	ns
Kg Eq SO ₂ atelier viande/100kgvv	8,9	9,7	s
Biodiversité			
ha biodiversité exploitation / ha SAU	1,6	1,9	s
ares biodiversité atelier /100kgvv	53	73	s

* Significatif (s), non significatif (ns), Test Student, P value au risque 5%

2.1.2. Profil des exploitations viande à faibles impacts environnementaux

Une classification ascendante hiérarchique des 44 exploitations viande CedABio selon leurs résultats environnementaux (GES, acidification, eutrophisation, biodiversité) repère les 10 fermes les plus performantes à l'échelle de l'exploitation (/ha SAU) et de l'atelier (/kg viande) (tab 3). Ces exploitations présentent différents systèmes de production : 8 systèmes naisseurs dont 5 en AB et 2 naisseurs engraisseurs de veaux sous la mère en AB. Dans

ces fermes, les chargements sont moindres (-19%), les intrants plus limités (-80% engrais, -40% concentrés distribués) et le compostage plus présent. Ceci, combiné au maintien de prairies, limite les émissions nettes de GES et les risques d'eutrophisation.

Tableau 3 : Exploitations viande CedABio à faible impact et comparaison à la moyenne de l'échantillon

	Faible	Moyenne
Exploitations nb	10	44
SAU (ha)	124	110
% SFP/SAU	98	90
% STH/SFP	93	59
Chargement (UGB/ha SFP)	0,9	1,15
Concentrés distribués (kg/UGB)	204	338
Production viande vive (kg/UGB)	267	275
Compost épandu (t/UGB)	1	0,8
N fumure minérale (kg N /ha SFP)	3	16
Energies directes (EQF*/ha)	70	105
Impact exploitation (/haSAU)		
Réchauf. Clim. brut (kg Eq CO ₂)	3757	4706
Acidification (kg Eq SO ₂)	20,4	27,6
Eutrophisation (kg Eq PO ₄)	6,1	10,4
Biodiversité (ha)	2,3	1,7
Impact atelier viande (/100kg VV)		
Réchauf. Clim. net (kg Eq CO ₂)	591	1082
Acidification (kg Eq SO ₂)	8,3	9,3
Eutrophisation (kg Eq PO ₄)	2,1	2,7
Biodiversité (ares)	96	63

*Equivalent litre de fioul 1EQF = 35,8MJ = 0,88L de fioul.

2.2. IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX DES SYSTEMES LAITIERS

L'eutrophisation, l'acidification et les émissions brutes de GES sur l'exploitation ramenées à l'hectare de SAU des systèmes laitiers biologiques sont inférieures aux exploitations conventionnelles de l'échantillon Cedabio mais la part plus réduite de surface toujours en herbe dans la SFP en AB (33% versus 46%) leur confère un moins bon score de biodiversité. Tout comme en viande, les écarts sont moindres entre mode de production sur l'atelier ramené au litre de lait (tab.4).

Tableau 4 : Impacts environnementaux potentiels des systèmes laitiers CedABio

	Conv.	Bio
Exploitations (nb)	18	28
Réchauffement climatique		
Kg Eq CO ₂ Brut exploitation / ha SAU	6264	4929
Kg Eq CO ₂ atelier lait net/1000L Lait	1081	993
Eutrophisation		
Kg Eq PO ₄ exploitation / ha SAU	27	11
Kg Eq PO ₄ atelier lait/1000 L lait	3,9	2,3
Acidification		
Kg Eq SO ₂ exploitation / ha SAU	51	37
Kg Eq SO ₂ atelier lait/1000 L lait	10,4	8,9
Biodiversité		
ha biodiversité exploitation / ha SAU	1,38	1,16
ares biodiversité atelier lait/1000 L lait	40	30

La classification ascendante hiérarchique identifie 10 exploitations ayant simultanément de bons résultats à l'exploitation et sur l'atelier (tableau 5). Les écarts ne sont cependant significatifs que pour l'impact 'réchauffement climatique' et les consommations énergétiques (-15%).

Tableau 5 : Exploitations lait à faible impact positionnées par rapport à la moyenne de l'échantillon CedABio

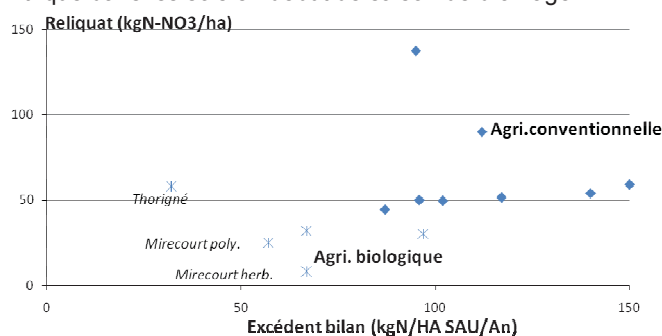
	Faible	Moyenne
Exploitations nb	10	46
SAU (ha)	81	90
% SFP/SAU	86	84
% STH/SFP	63	38
Chargement (UGB/ha SFP)	0,95	1,18
Concentrés distribués (kg/VL)	964	1042
Production lait (l/VL)	5211	5465
Compost épandu (t/UGB)	0,4	0,8
Fumure minérale (kg N /ha SFP)	6	14
Energies directes (EQF/ha)	168	213
Impact exploitation (/haSAU)		
Réchauf. Clim. brut (kg Eq CO ₂)	4336	5451
Acidification (kg Eq SO ₂)	33,9	42,4
Eutrophisation (kg Eq PO ₄)	9,9	17,4
Biodiversité (ha)	1,6	1,2
Impact de l'atelier lait (/1000L)		
Réchauf. Clim. net (kg Eq CO ₂)	877	1026
Acidification (kg Eq SO ₂)	9,3	9,5
Eutrophisation (kg Eq PO ₄)	2,4	2,9
Biodiversité (ares)	45	34

2.3. APPORTS DES SITES EXPERIMENTAUX

2.3.1. Bilan de l'azote et risque pour l'eau

Les reliquats d'azote nitrique dans les parcelles en début de saison de drainage sont un indicateur du risque potentiel de perte par lessivage au cours de l'hiver. En agriculture biologique, les niveaux de reliquats observés restent modestes, en cohérence avec la littérature (Raison et al, 2008). A Mirecourt, pour des niveaux voisins d'excédent de bilan azoté (57 et 67 kgN/ha SAU/an), les reliquats d'azote nitrique du système herbager (100% en prairie permanente) sont plus faibles (8 kg N-NO₃/ha) que le système de polyculture élevage (25 kg N-NO₃/ha). Les niveaux de reliquats les plus élevés observés en conventionnel (sur Derval 2003 à 2006) comme en AB (Thorigné 2005 à 2010), sont situés en Pays de la Loire. Sur ces sites, le faible drainage hivernal n'entraînera qu'une perte partielle du reliquat. Ainsi, à Thorigné, 60% de l'azote nitrique du reliquat début drainage est encore présent dans le sol en mars.

Graph 1 : Bilan apparent avec fixation symbiotique et azote nitrique dans les sols en début de saison de drainage.



L'analyse détaillée des risques intra exploitation s'avère plus délicate. Sur le site de Thorigné, la mise en relation des reliquats nitriques début drainage (5 années, 13 parcelles) avec les indicateurs de pratiques usuellement utilisés pour le conseil (apports d'azote organique, journées de pâturage, nature des couverts et des précédents...) montre des corrélations faiblement significatives : 0,3 (Rousseau, 2011). L'estimation de la fixation symbiotique pour le calcul des indicateurs parcellaires comme pour le bilan apparent de l'exploitation est la principale source d'incertitude pour les élevages biologiques du fait de la place importante des légumineuses dans l'assolement. Ainsi, les suivis analytiques des essais sur prairies à flore variée menés à Thorigné

(Coutard et al, 2010) mettent en évidence de fortes variations intra et interannuelles des taux de légumineuses (de 10 à 60% de légumineuses).

2.3.2. Emissions de gaz à effet de serre et d'ammoniac en bâtiments, et risques pour l'air (ASTER Mirecourt)

Des prélèvements d'air ambiant ont été réalisés en bâtiment et analysés lors de deux hivers successifs, au sein de deux stabulations pour vaches laitières (aire paillée-fumier vs. logettes-lisier). La méthode simplifiée INRA-ACTA (Dollé 2009, Brachet 2007) a été mise en œuvre dans ce bâtiment fermé à ventilation naturelle. 18 journées de prélèvements y ont été réalisées (120 prélèvements élémentaires) : 13 dates correspondent à des situations de plein hiver (novembre à mars) pour lesquelles le fourrage distribué a été exclusivement composé de foin (tab. 6). Dans ces conditions, les émissions journalières moyennes se sont révélées nettement plus importantes pour les vaches logées sur aire paillée (8,6kg paille/j/UGB) et alimentées avec une forte proportion de foin de luzerne que pour celles en logettes très peu paillées (0,2kg paille/j/UGB), alimentées exclusivement avec du foin de prairie permanente.

Tableau 6 : Emissions gazeuses journalières en bâtiment VL mesurées à Mirecourt (hivers 2009-10 et 2010-11)

g / UGB / jour	C-CO ₂	C-CH ₄	N-N ₂ O	N-NH ₃
Aire paillée-Fumier	8496	804	1,4	19.2
Réf Brachet 2007	9271	828	2,2	48
Logettes-Lisier	2260	237	0,4	3.7
Réf Brachet 2007	3715	382	2,9	50

On peut remarquer la concordance globalement satisfaisante des valeurs d'émissions avec celles de Brachet (2007), même si nos valeurs sont nettement plus faibles pour les émissions azotées et que, globalement, le système « logettes-lisier » apparaît très faiblement émetteur. Dans ces conditions, on peut affirmer que les deux situations décrites ressortent comme moins émettrices que les références dont nous disposons, et qu'à ce stade, le système sur lisier est moins polluant pour l'air, à l'échelle de ce maillon du système d'élevage.

3. DISCUSSION

Les bons résultats de la production biologique mis en évidence dans cette étude se retrouvent inégalement dans la bibliographie (Veysset et al, 2009, Roger et al, 2007 ; Hass et al, 2001 ; Cederberg et al, 2000). La comparaison des résultats issus de différentes études demeure cependant délicate du fait des variations des modalités de calculs retenues par les auteurs (périmètre, facteurs d'émission) et de la nature des données mobilisées. L'intégration des bénéfices de la prairie de longue durée tant pour le stockage de carbone dans les sols que pour ses bénéfices sur la qualité des eaux est récente et explique pour partie les performances obtenues dans les élevages bovins en mode biologique de cette étude. Enfin, les incertitudes sur l'adéquation des facteurs d'émission utilisés aux conditions de terrain rencontrées dans les élevages sont fortes (Payraudeau et al, 2007) et confirmées par les résultats obtenus dans les deux stations expérimentales. Les tendances relatives entre systèmes de production sont donc à retenir plus que les valeurs d'émissions en tant que telles.

Il est important de préciser que les bonnes performances des fermes AB de cette étude sur les flux d'azote, de phosphore et carbone ne dégradent pas d'autres volets environnementaux. Ainsi, les traitements phytosanitaires et pharmaceutiques sont moindres en AB (Moussel, 2011). La durabilité du système est également maintenue grâce aux bonnes performances économiques : les rapports d'excédent

brut hors main-d'œuvre sur produit sont supérieurs à 40% pour toutes les catégories (bio/conv, lait/viande) de l'échantillon CedABio (Pavie et al, 2011).

CONCLUSION

L'étude a permis de montrer qu'à dimensions d'exploitations similaires, une moindre intensification du système fourrager, permettant d'allouer davantage de place aux prairies et d'augmenter l'autonomie (moins d'aliments et de fumures minérales achetées), réduit plusieurs impacts de l'élevage sur le milieu, notamment l'eutrophisation par l'hectare de SAU. Le réchauffement climatique n'est pas affecté par cette moindre productivité puisque les émissions nettes de gaz à effet de serre de ces exploitations (stockage de carbone déduit des émissions), sont au plus équivalentes ramenées à l'unité produite (lait ou viande). Les bons résultats obtenus par les systèmes AB sont également atteints par certaines exploitations en conventionnel ayant fortement réduit leurs intrants.

Les résultats du projet CedABio ont été acquis par l'ensemble des partenaires suivants : Institut de l'Elevage, Chambres d'agriculture (CA44, CA49, CA72, CA53, CA85, CA14, CA50, CA88, CA15, CA42, CA43, CA12, CA56, CA22, CA29, CA35, CA61, CRAB), ITAB, ACTA RMT DevAB, FNAB, GAB44, Pôle Scientifique Agriculture Biologique Massif Central, INRA, VetAgro Sup, Ferme expérimentale de Thorigné d'Anjou .

Arrouays, D., Balesdent, J., Germon, J.C., Javet, P.A., Soussana, J.F., Stengel, P., 2002. Rapport d'expertise scientifique collective. INRA, 332p.

Beguín, E., Bonnet, J., Dollé, J.B., Charroin, T, Ferrand, M., 2008. Renc. Rech. Ruminants, 15, 217-220.

Bougarel, F., 2011. Mémoire de fin d'étude Vet Agro Sup.

Brachet, A., 2007. MFE ESITPA, 107p + annexes

Cederberg, C., Mattsson, B., 2000. Journal of cleaner production, 8, 49-60.

Coquil, X., Blouet, A., Fiorelli, J.L., Bazard, C., Trommschlagel, J.M., 2009. Prod. Anim., 22, 221-234.

Coutard, JP, 2009. Ferme exp. de Thorigné, Chambre d'agriculture Maine-et-Loire, 24p

Dollé, J.B., 2009. Collection résultats. CR 000933108.

Gac, A., Manneville, V., Raison, C, Charroin, T, Ferrand, M., 2010. Renc. Rech. Ruminants, 17, 335-342.

EMEP-CORINAIR., 2002. Atmospheric Emission Inventory Guidebook, European Environment Agency

GES'TIM, 2010. Guide méthodologique pour l'estimation des impacts des activités agricoles sur l'effet de serre, Institut de l'Elevage, 157p.

GIEC, 2006. Simon Eggleston et al (Editor), Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre. IGES, Japon.

Haas, G., Wetterich, F., Köpke, U., 2001. Agric Ecosyst Environ, 83, 43-53.

Moussel, E., 2011. Alter Agri, 107, 8-10.

Raison, C., Pflimlin, A., Le Gall, A., Chambaut, H., 2008. Fourrages 193.

Pavie, J., Moussel, E., Chambaut, H., Leroyer, J., 2011. Rapport final du projet CedABio, à paraître dec 2011.

Roger, F., Van Der Werf, H., Kanyarushoki, C, 2007. Renc. Rech. Ruminants, 14, 33-36.

Rousseau, G., 2011. Bénéfices enviro. des syst. Bio. Rapport Sup agro Montpellier Institut de l'Elevage, 44p.

Skiba, U., Fowler, D., Smith, K.A., 1997. Nutr Cycl Agroecosyst, 52, 225-248.

Payraudeau, S., Van der Werf, H.M.G, Vertès, F., 2007. Agric. Syst., 94, 416-430.

Simon, J.C, Le Corre, L, 1992. Fourrages, 129, 79-94.

Veysset, P., Bébin, D., 2009. Renc. Rech. Ruminants, 16, 242.