



HAL
open science

Réduire les impacts environnementaux des produits animaux avec des éco-aliments

Sandrine Espagnol, Aurore Tailleur, Sylvie Dauguet, Florence Garcia-Launay, Didier Gaudré, Léonie Dusart, Bertrand Méda, Armelle Gac, Sarah Laisse, L. Morin, et al.

► To cite this version:

Sandrine Espagnol, Aurore Tailleur, Sylvie Dauguet, Florence Garcia-Launay, Didier Gaudré, et al.. Réduire les impacts environnementaux des produits animaux avec des éco-aliments. *Innovations Agronomiques*, 2018, 63, pp.1-12. 10.15454/1.5191166836420977E12. hal-01831445

HAL Id: hal-01831445

<https://hal.science/hal-01831445v1>

Submitted on 5 Jul 2018

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.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

Réduire les impacts environnementaux des produits animaux avec des éco-aliments

Espagnol S.¹, Tailleur A.², Dauguet S.³, Garcia-Launay F.⁴, Gaudré D.¹, Dusart L.⁵, Méda B.⁶,
Gac A.⁷, Laisse S.⁷, Morin L.⁸, Dronne Y.⁸, Ponchant P.I.⁹, Wilfart A.¹⁰

¹ IFIP, La Motte au Vicompte, BP35104, F-35651 Le Rheu cedex

² ARVALIS-Institut du végétal, La Jaillière, F-44370 la Chapelle Saint Sauveur

³ Terres Inovia, 11 rue Gaspard Monge, F-33600 Pessac

⁴ UMR PEGASE INRA, Agrocampus Ouest, F-35590 Saint-Gilles

⁵ ITAVI, F-37380 Nouzilly

⁶ URA INRA, F-37380 Nouzilly

⁷ IDELE, Monvoisin, F-35652 Le Rheu cedex

⁸ FeedsimAvenir, Agrocampus Ouest, 65 rue de Saint Briec, CS84215, F-35042 Rennes cedex

⁹ ITAVI, 41 rue de Beaucemaine, F-22440 Ploufragan

¹⁰ UMR SAS INRA, Agrocampus Ouest, F-35000 Rennes

Correspondance : sandrine.espagnol@ifip.asso.fr

Résumé

L'alimentation du bétail est au cœur des problématiques environnementales des élevages. Pour les porcs et les volailles, elle explique entre 50 et 98% de leurs impacts environnementaux au portail de la ferme. Pour les bovins, leurs concentrés représentent 17% des 12.3 millions de tonnes d'aliments composés produits dans le Grand Ouest. Ainsi, cette étude évalue les bénéfices environnementaux associés à la production d'éco-aliments, c'est-à-dire d'aliments avec des impacts environnementaux réduits. Une base de données a été créée sur les impacts environnementaux de 150 intrants alimentaires du bétail calculés par Analyse de Cycle de Vie. Ces données ont été mobilisées dans une fonction multiobjectif pour formuler les aliments en prenant en compte des critères environnementaux en plus du critère prix habituel. Des bénéfices environnementaux et des coûts liés à ces éco-aliments ont été obtenus pour différentes stratégies alimentaires de porc à l'engrais, de poulet de chair, de vaches laitières et de jeunes bovins, à la tonne d'aliment et au kilogramme de produit. Une mise en œuvre à l'échelle du Grand Ouest considérant tous les aliments composés fabriqués et toutes les filières animales montre, à la tonne d'aliment moyen, une réduction possible du changement climatique de 7% pour un surcoût de 2%.

Mots-clés : aliments composés, matières premières, élevages, formulation, impacts environnementaux, Analyse du Cycle de Vie

Abstract: Reducing feeding environmental impacts with eco-feeds

Feeding is central for the environmental aspects of animal production. For pig and poultry, feeds explain between 50 and 98% of the environmental impacts of animal product at farm gate. For cattle, the concentrated feeds account for 17% of the 12.3 million tons of compound feeds produced in the West of

France. This study looked at the environmental benefit of eco-feeds which are feeds with lower environmental impacts. A database was built concerning the environmental impacts of 150 feedstuffs calculated by Life Cycle Assessment. Those data were used in a multiobjective function in order to formulate feed with environmental criteria and the usual cost criteria. The environmental benefits and the costs due to eco-feed were obtained for different feeding strategies of fattening pigs, broilers, dairy cows and young cattle at the scale of the ton of feed and the kilogram of animal product. An implementation at territory scale was also performed in the West of France by considering all the feeds and the animal productions: the results showed for instance a possible reduction of 7% for the impact climate change of the average ton of compound feed for an extra cost of 2%.

Keywords: compound feeds, feedstuffs, animal production, formulation, environmental impacts, Life Cycle Assessment

Introduction

L'alimentation du bétail est au cœur des problématiques environnementales des productions animales (Steinfeld *et al.*, 2006). En amont des élevages, elle engendre des impacts environnementaux pour la production des matières premières, avec la consommation de ressources naturelles, l'émission d'ammoniac et de gaz à effet de serre et une mobilisation de surface : 40% des terres arables sont destinées à produire les aliments du bétail dans le monde (Mottet *et al.*, 2017). De ce fait, l'alimentation est un facteur important dans l'analyse des impacts environnementaux des produits animaux évalués par Analyse de Cycle de Vie (ACV) : en production de monogastriques, les matières premières utilisées pour la production des aliments distribués aux animaux en élevage contribuent entre 50 et 98% aux impacts « changement climatique », « consommation d'énergie », « eutrophisation » et « occupation de surface » (Basset-Mens *et al.*, 2005 ; Boggia *et al.*, 2010 ; Espagnol *et al.*, 2012 ; Dourmad *et al.*, 2014 ; Leinonen *et al.*, 2012a,b ; Prudêncio da Silva *et al.*, 2014). Au regard de son importance, l'alimentation et plus particulièrement les choix de matières premières apparaissent comme un levier incontournable pour diminuer l'impact environnemental des élevages. Cette approche est complémentaire d'autres leviers environnementaux largement étudiés (Dourmad *et al.*, 2010) qui visent à ajuster au mieux l'alimentation aux besoins des animaux pour en améliorer les performances (optimiser la production, réduire les excréments en azote et phosphore par exemple) ou encore à améliorer les pratiques sur les surfaces en fourrages pour les ruminants.

Dans ce contexte, les instituts techniques animaux (IFIP, IDELE et ITAVI) et végétaux (ARVALIS et TERRES INOVIA), l'INRA et l'association Feedsim Avenir ont cherché quels pouvaient être les bénéfices environnementaux associés à la production d'éco-aliments, c'est-à-dire des aliments avec des impacts environnementaux réduits, en se focalisant sur ceux pouvant être produits par les fabricants d'aliments du bétail (hors fourrage). Les aliments composés représentent la totalité de la ration pour les granivores et une part importante du coût de production d'un porc charcutier ou d'un poulet de chair (entre 65 et 70%). En élevage herbivores, les aliments concentrés ne sont qu'une partie minoritaire de la ration et complètent du pâturage et des fourrages stockés. Cependant, leur production peut représenter un tonnage important à l'échelle d'un territoire à forte densité animale comme le Grand Ouest de la France, à savoir 17% des 12.3 millions de tonnes d'aliments fabriqués dans les usines sur une année (Morin et Dronne, 2016).

1. Méthodologies employées

Dans le projet, des évaluations environnementales sont réalisées à différents niveaux : matières premières, aliments composés et produits animaux (Figure 1).

Pour ces évaluations, la méthode d'Analyse du Cycle de Vie (ACV) est utilisée afin d'évaluer les impacts « changement climatique » (CC), « consommation d'énergie non renouvelable » (CE), « consommation de phosphore » (CP), « occupation des surfaces » (OS), « acidification » (AC) et « eutrophisation » (EU). A cette fin, pour chaque périmètre d'évaluation, des Inventaires de Cycles de Vie (ICV) sont réalisés pour évaluer tous les flux nécessaires au calcul des impacts.

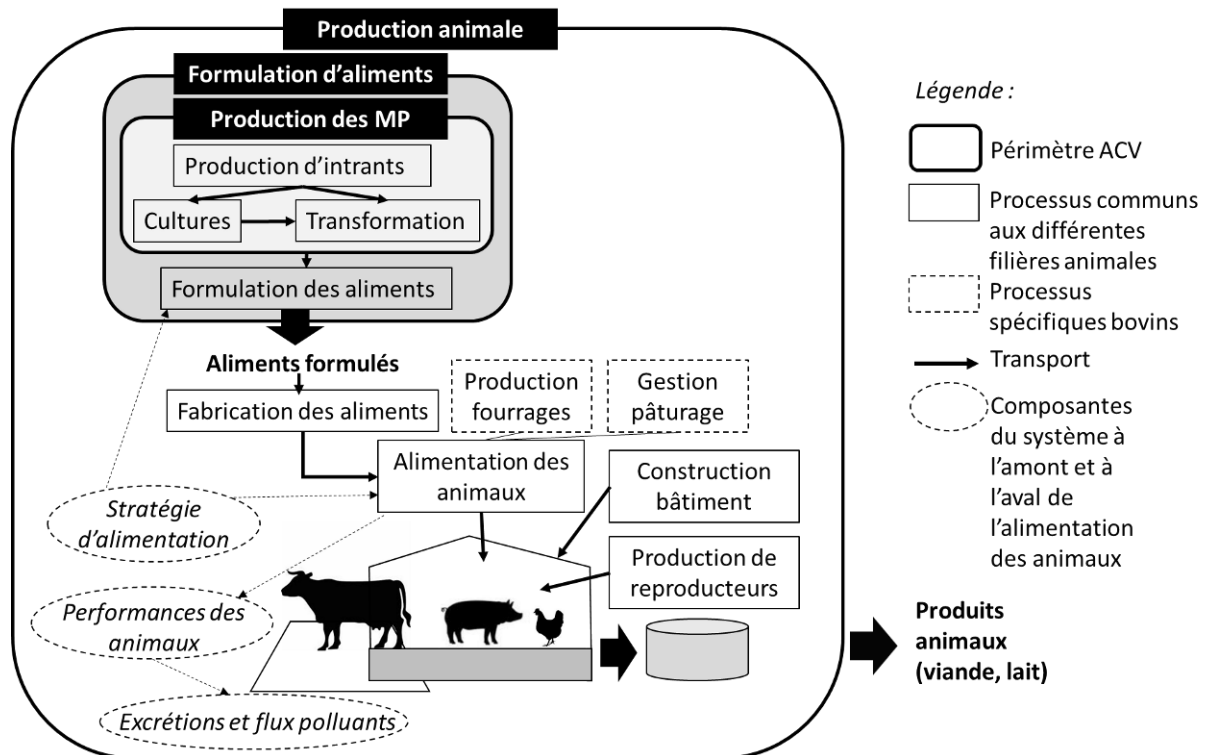


Figure 1 : Périmètres des évaluations environnementales par ACV, des kg de matières premières utilisées en alimentation animale, des tonnes d'aliments du bétail formulés, et des kg de produits animaux

1.1 Construction d'une base de données des impacts environnementaux des matières premières utilisées en alimentation animale

Pour réduire les impacts environnementaux des aliments du bétail en mobilisant des matières premières plus écologiques, il est nécessaire de disposer de données d'impacts fiables pour ces intrants alimentaires. Les bases de données d'Inventaires de Cycle de Vie (ICV) de produits agricoles disponibles, Agribalyse® (Koch et Salou, 2015) en France et Agrifootprint (Durlinger *et al.*, 2014) en Europe, ont été jugées incomplètes pour les besoins du projet : manque de matières premières, périmètre incomplet, représentativité des pratiques agricoles françaises insuffisante. Aussi, un jeu de données spécifique a été conçu pour fournir les ICV et les valeurs d'impacts de l'ensemble des matières premières utilisées en France pour l'alimentation animale (Wilfart *et al.*, 2016). Les données constitutives de la base sont des moyennes nationales, en distinguant toutefois différents itinéraires de production pour les cultures majoritaires dans les aliments (itinéraire moyen français, fertilisation organique, introduction de cultures intermédiaires pièges à nitrates (CIPAN) dans la rotation, introduction de légumineuses), différents processus de transformation (ex : décorticage faible, décorticage fort pour des tourteaux) et différents lieux d'approvisionnement en matières premières (sortie champ pour les fabricants d'aliments à la ferme, sortie des organismes de stockage, sortie des usines de transformation et port français pour les matières premières importées).

Les ICV se rapportent à la période 2008-2012. Pour les cultures françaises, la méthodologie employée se base sur celle d'Agribalyse® (Koch et Salou, 2015), moyennant deux ajustements méthodologiques consistant à répartir différemment les apports d'engrais phosphatés et le lessivage de nitrate entre les cultures de la rotation culturale (fertilisation phosphatée en fonction des exportations et besoins des cultures, et lessivage à part égale entre les cultures). Pour les cultures étrangères, une simplification a été réalisée avec un inventaire des ressources selon Prudencio da Silva *et al* (2010) et Boissy *et al* (2011).

Les inventaires sont construits à partir de statistiques agricoles françaises pour les cultures moyennes françaises, de cas-types représentatifs de différents systèmes de production issus de la fermothèque d'Arvalis-Institut du végétal pour les cultures avec différents itinéraires de production et de la bibliographie pour les cultures étrangères. Les données de transformation des produits agricoles (processus de pressage, d'extrusion, de décorticage...) proviennent de communications personnelles d'expert en process, sauf pour les huiles et tourteaux d'oléagineux industriels et les vitamines (adaptés au contexte français), ainsi que celles concernant les matières premières étrangères qui sont issues des données ecoinvent® (ecoinvent v3.1). Les inventaires des produits industriels sont issus de publications pour les acides aminés, de données industrielles confidentielles pour les minéraux, de l'Association Développement Institut de la Viande (ADIV) pour les coproduits d'origine animale et de l'IDELE pour la poudre de lactosérum.

1.2 Mise en œuvre d'une formulation multiobjectif pour produire des éco-aliments

La méthode habituelle de formulation des aliments (MinPrix) ne considère pas les impacts environnementaux. Elle incorpore les matières premières pour respecter des minimums/maximums d'apports nutritionnels en minimisant le prix au moyen d'un modèle de programmation linéaire. Etant donné que l'optimum économique ne correspond pas nécessairement à l'optimum environnemental (Morel *et al.*, 2012 ; Pomar *et al.*, 2007), la formulation d'aliments à moindres impacts ou éco-aliments nécessite une approche alternative à la formulation à moindre coût. Plusieurs méthodes sont appliquées dans le projet, avec une formulation sous contraintes environnementales, une formulation à moindre impact environnemental et une formulation multiobjectif (Garcia-Launay *et al.*, 2017 ; Dusart *et al.*, 2017) présentée en Figure 2.

La formulation multiobjectif s'appuie sur une fonction à minimiser qui intègre un critère « prix » avec un paramètre α et quatre critères environnementaux avec un poids global $1-\alpha$: il s'agit des impacts CC, CE, CP et OS. Ces derniers ont été choisis car ils sont globaux et largement expliqués à l'échelle des produits animaux par le poste alimentation. Le coût et les impacts de l'aliment formulé à moindre coût servent de références en dénominateur dans la fonction multiobjectif. La formulation multiobjectif considère comme contraintes supplémentaires un maximum de 105% de la valeur de référence pour chaque impact environnemental. De cette façon, les impacts acidification (AC) et eutrophisation (EU), non pris en compte dans la fonction, sont intégrés aux calculs de formulation. Cette fonction et ces contraintes visent à éviter les transferts de pollution entre impacts. Sa mise en œuvre recherche un compromis avec une réduction maximale des impacts environnementaux et une augmentation de prix minimale : la solution est considérée pour un α optimal au-delà duquel la réduction marginale des impacts environnementaux est inférieure à l'augmentation marginale de prix.

Les différentes méthodes de formulation avec prise en compte des critères environnementaux sont mises en œuvre en considérant 4 contextes économiques contrastés (septembre 2011, juin 2012, août 2013 et février 2014), ainsi que deux contextes de disponibilité en matières premières : actuelle (LIM), avec des matières premières plus ou moins disponibles, et élargie (NLIM). L'exercice est conduit indépendamment pour les différentes productions animales porcine, poulet de chair, vache laitière et bovin viande, et conjointement à l'échelle du Grand Ouest en considérant l'ensemble des aliments composés fabriqués dans les usines (hors poissons et chiens et chats).

A l'échelle territoriale seule la disponibilité actuelle en matières premières est considérée. Les aliments composés sont pour l'essentiel des aliments complets pour porcins et volailles mais aussi des aliments complémentaires pour porcs (achetés par les éleveurs pour compléter leurs céréales autoconsommées) et pour bovins (aliments de type VL18, VL40, JB27 respectivement à 18%, 40% et 27% de matières azotées totales). La formulation des aliments est réalisée avec un modèle de Feedsim Avenir (Morin et Dronne, 2016) permettant de calculer les flux optimaux des matières premières utilisées en alimentation animale, entre des zones de disponibilités et des zones de demande. Ce modèle prend en compte différentes usines de fabrication d'aliments sur le territoire, les tonnages fabriqués de chaque type d'aliments composés, ainsi que les contraintes nutritionnelles de chaque type d'aliments composés et les contraintes minimum et maximum d'incorporation de certaines matières premières ou certains groupes de matières premières. Le modèle prend en compte également le réseau de routes et de voies ferroviaires pour le transport des matières premières.

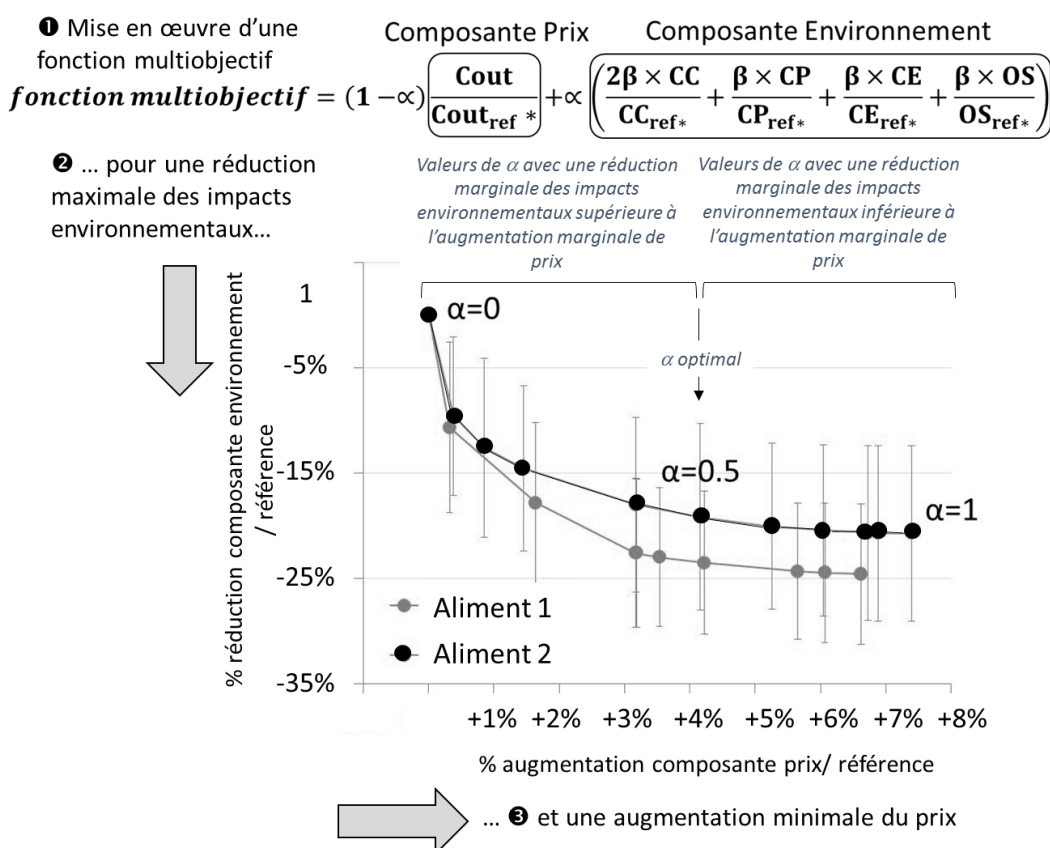


Figure 2 : Fonction multiobjectif pour formuler des éco-aliments

1.3 Formulation d'éco-aliments pour différentes filières animales

Les éco-aliments sont mis en œuvre dans différentes stratégies d'alimentation d'élevage pour mesurer le gain environnemental final à l'échelle des produits animaux (Tableau 1).

En porc, l'élevage considéré est un élevage de porc conventionnel naisseur-engraisseur de 260 truies basé en Bretagne. Les animaux sont logés sur caillebotis intégral avec stockage des lisiers sous les porcs pendant leur présence, puis évacuation et stockage en fosse extérieure non couverte avant épandage. L'élevage de poulet de chair en production standard est basé en Pays de la Loire et dispose de deux bâtiments de 1300 m² avec une densité de mise en place de 23,4 animaux/m². Les poulets sont logés sur paille broyée. Deux élevages laitiers sont considérés (Inosys-Réseaux d'élevage, 2015 ; Réseaux d'élevage 2009) : le premier basé en Pays de la Loire (PDL) est composé de 60 vaches

laitières produisant 8500 litres par vache et par an, le deuxième situé dans le Pas de Calais (PDC) avec 62 vaches laitières produisant 8600 litres par vache et par an. Enfin, un élevage d'engraissement de bovins basé en Champagne (Réseaux d'élevage, 2010) est retenu, vendant 355 jeunes bovins de 420 kg de poids carcasse en moyenne.

Tableau 1 : Stratégies alimentaires des élevages dans lesquels les éco-aliments sont formulés

	Elevage porcin	Elevage de poulet de chair	Elevage laitier	Elevage bovin viande
Aliments formulés en éco-aliment	Aliments engraissements : 100% ration des porcs à l'engrais.	Aliments démarrage, croissance et finition : 100% ration des poulets	Aliments concentrés composés : 4% ration pour élevage PDL et 17% pour élevage PDC	Aliments concentrés composés : 19% de la ration
Stratégies alimentaires pour lesquelles des éco-aliments ont été formulés	Biphase rationné Biphase ad libitum avec réduction des teneurs en énergie des aliments Multiphase rationné en individuel avec réduction de la teneur en MAT du régime	3 phases : démarrage, croissance et finition 3 phases avec augmentation de la teneur en acides aminés et réduction du contenu énergétique	Elevage PDL : 185g concentrés / l lait avec VL18 ¹ et MP en l'état (tourteau soja, tourteau colza, céréales) Elevage PDC : 177 g concentrés / l lait avec VL18 ¹ , VL40 ² et pulpes betterave	680 g de concentrés avec JB27 ³ , coproduits et céréales en l'état.

¹ : VL18 = Aliment de production pour vache laitière (18% MAT) ; ² : VL40 = Correcteur azoté pour vache laitière (40-42% MAT) ; ³ : JB27 = Aliment complet pour jeunes bovins (27% MAT)

2. Impacts environnementaux des intrants alimentaires du bétail

Les données de la base de données Ecoalim sont au nombre de 150 et concernent 58 matières premières différentes et 27 valeurs de déclinaisons pour des itinéraires techniques culturels variés (ITK) et différents processus de transformation. Les données comprennent également dix matières premières étrangères transformées dans leur pays d'origine (rendues port France) ou transformées en France (sortie usine de production).

Les impacts « changement climatique » et « occupation de surface » sont donnés en exemple en Figure 3. Les impacts des cultures en sortie d'organisme stockeur présentent une relative homogénéité entre céréales, respectivement entre 360 et 517 kg eq CO₂/t pour l'impact CC et entre 1.23 et 2.12 m².an/t pour l'impact OS. Des différences plus importantes sont relevées pour les oléoprotéagineux du fait de leur plus faible rendement, ce qui se traduit par un impact CC pour les oléagineux et OS plus élevé. En revanche, les légumineuses comme le pois et la féverole présentent des impacts « changement climatique » réduits par rapport aux autres cultures. Cela vient de leur capacité à fixer l'azote de l'air, ce qui réduit de façon importante le recours à la fertilisation minérale et les émissions de N₂O associées. Pour les coproduits issus de la transformation des cultures, les impacts de la matière première entrante sont répartis entre les coproduits en fonction de leurs valeurs économiques. Les impacts supplémentaires liés à la transformation (consommation d'énergie, émissions) s'ajoutent au pool d'impacts à répartir. Pour le cas du blé, les valeurs d'impact des drêches sont environ dix fois supérieures à celle du son de blé. En effet, les drêches sont issues de processus de production de bioéthanol, et le son de blé est issu du processus de production de farine de blé. Ces deux processus n'ont pas les mêmes complexités technologiques, ce qui explique les différences entre valeurs d'impact. Pour les graines oléoprotéagineuses, les impacts de l'huile de colza sont toujours nettement supérieurs à ceux du tourteau de colza, ce qui est cohérent car la répartition des impacts est réalisée selon une allocation économique. Les impacts du tourteau de tournesol ukrainien sont toujours supérieurs aux valeurs du tourteau de tournesol français, principalement en raison d'un rendement au champ inférieur d'environ 30 % à celui du tournesol français.

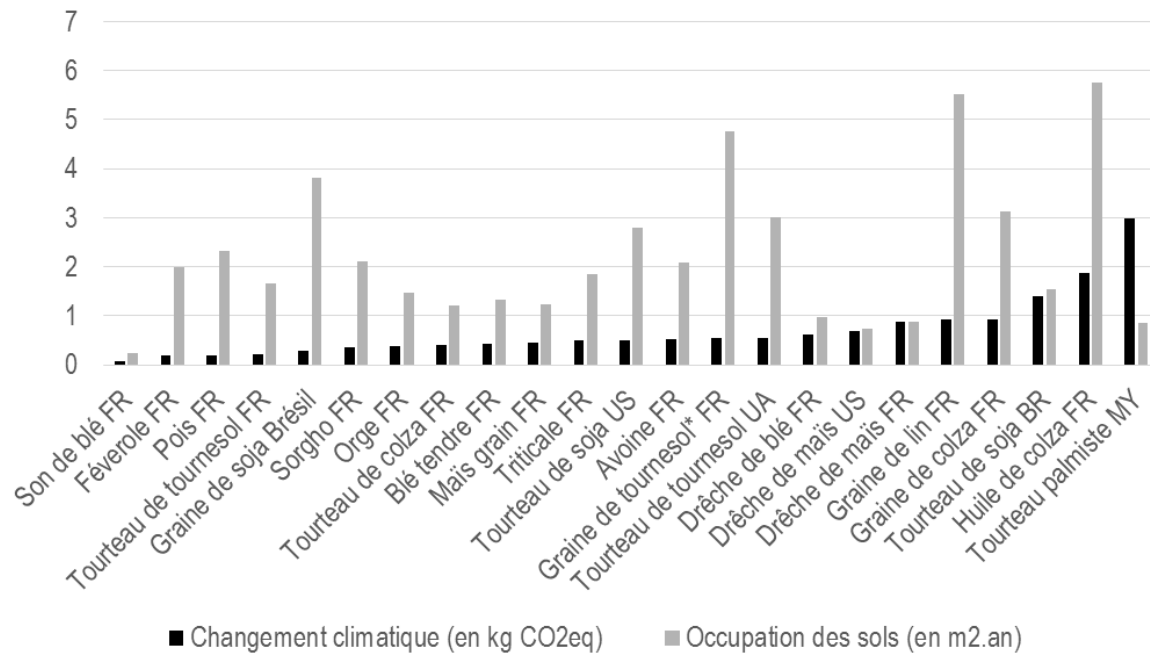


Figure 3 : Valeurs des impacts changement climatique et occupation des terres pour les principales matières exprimées pour 1 kg de matière première. BR : Brésil, FR : France, MY : Malaisie, UA : Ukraine, US : Etats Unis. Les matières première FR sont « sortie usine de production », les matières premières étrangères sont « sortie port français ». * Graine de tournesol non décortiquée.

3. Potentiels de réduction des impacts environnementaux avec les éco-aliments

Seuls les résultats de la production d'éco-aliments avec la formulation multiobjectif pour l'alpha optimal, en comparaison avec la formulation à moindre coût, sont présentés. En effet, l'optimisation environnementale de la formulation des aliments composés du bétail, impact par impact, montre des potentiels de réduction importants à la tonne d'aliment (jusqu'à 40% pour les aliments porc, 37% pour les aliments poulet de chair et respectivement 35%, 42% et 62% pour les aliments concentrés bovins VL40, VL18 et JB27, tout impact confondu), mais aussi des transferts de pollution entre impacts avec des augmentations pouvant dépasser les 100% et des augmentations de coûts supérieures à 5%. Par ailleurs, les relations entre impacts diffèrent d'un aliment à l'autre et entre productions. La mise en œuvre de la fonction multiobjectif permet d'obtenir des réductions d'impacts environnementaux des aliments du bétail, en limitant les transferts de pollution (Tableau 2).

Dans le contexte LIM, les éco-aliments pour le porc arrivent à réduire l'ensemble des impacts environnementaux, jusqu'à plus de 20% pour l'aliment biphase avec réductions des teneurs en énergie. Pour les éco-aliments pour volailles et bovins, certains impacts peuvent être à l'inverse augmentés : c'est le cas de l'occupation des sols pour les éco-aliments avicoles (impact pourtant dans l'équation multiobjectif mais très lié à l'utilisation de tourteau de soja importé) et de l'acidification pour les éco-aliments bovins (impact non intégré dans la fonction multiobjectif). Lorsque l'évaluation est ensuite menée à l'échelle des produits animaux, les bénéfices environnementaux obtenus à la tonne d'aliment sont systématiquement dilués. En effet, d'autres sources d'impacts environnementaux hors alimentation sont comptabilisées dans les impacts du produit d'élevage. Cette dilution des bénéfices est plus importante en production bovine car les aliments composés ne représentent qu'une faible proportion de la ration des bovins et *a fortiori*, des impacts du lait et de la viande. Leurs effets pour améliorer le bilan environnemental des produits d'élevage sont donc peu importants. Les meilleures améliorations sont obtenues pour l'impact CE d'un des cas-types laitiers, avec une réduction de 10%. Une meilleure valorisation du bénéfice des éco-aliments à l'échelle du produit s'observe pour la production de poulet

de chair en raison de l'importante part des aliments dans les impacts du produit final (80% de l'impact CC à titre d'exemple). Les réductions les plus importantes sont obtenues pour DP, EN et CC, entre 10 et 15%. Pour la stratégie 3-phases-AA+-EG-, les réductions d'impacts à l'échelle du produit sont équivalentes, voire supérieure à celles obtenues à la tonne d'aliment. Ce résultat est dû à une amélioration des performances des animaux (indice de consommation de 1,65 vs 1,73 avec la stratégie de référence). Le cas du porc est intermédiaire. L'utilisation des éco-aliments conduit à une réduction d'impacts dans presque tous les scénarios sauf pour la stratégie biphasé EG- pour les impacts AC et CC. Ces résultats sont liés à la dégradation des performances techniques (indice de consommation en engraissement de 2,86 vs 2,72 avec la stratégie de référence biphasé) : les porcs consomment plus d'aliments pour le même gain de poids.

Au final, trois critères expliquent l'évolution du bénéfice des éco-aliments entre la tonne d'aliment et les kg de produits animaux (Méda *et al.*, 2017). Le premier est la contribution des aliments composés dans les impacts du produit en situation initiale (de 2% à 51% pour les herbivores, et de 34% à 98% pour les granivores). Ce critère est le seul qui intervient pour les produits bovins. La dilution est différente entre impacts : elle est plus importante pour l'impact acidification (contribution importante des émissions en ammoniac lors de la gestion des effluents) que pour l'impact consommation d'énergie non renouvelable et occupation des terres, plus directement lié à la production des aliments. Pour le porc et le poulet de chair, deux autres critères interviennent et peuvent aussi influencer le critère précédent : l'indice de consommation des animaux qui reflète l'efficacité globale du système et influence le niveau d'excrétion et les émissions gazeuses associées, et la teneur en protéines des aliments qui a une incidence sur l'excrétion azotée des animaux et les pertes sous forme d'ammoniac lors de la gestion des effluents (impact AC). Si les bénéfices finaux des éco-aliments pour les filières porcine et bovine peuvent paraître décevants à l'échelle produit, ils ne sont toutefois pas négligeables. En effet, en élevage bovin, les leviers d'action sont nombreux et leurs effets individuels pour diminuer les bilans environnementaux sont relativement faibles : réduction de 1 à 9% de l'empreinte carbone ; tandis que la combinaison d'un ou plusieurs leviers se traduit ainsi par un potentiel de réduction de l'empreinte carbone des produits lait et viande comprise entre 5 et 20% (Dollé *et al.*, 2015). De même en porc, Espagnol *et al.* (2013) montrent que les bonnes pratiques individuelles permettent des réductions d'impacts modérés à l'échelle du produit mais des combinaisons de bonnes pratiques peuvent aboutir à des réductions entre 30 et 44%. Dans le contexte NLIM, le potentiel de réduction des impacts à la tonne d'aliment et à l'échelle du produit est plus important. Ceci souligne la contrainte de la disponibilité en matières premières qui seraient d'intérêt pour les éco-aliments mais qui ne sont pas suffisamment disponibles dans le contexte actuel. Ces résultats questionnent l'affectation des matières premières à faibles impacts pour les différentes filières de production animale présentes sur un territoire donné.

Il est essentiel de souligner que ces réductions des impacts environnementaux sont possibles moyennant des augmentations importantes des coûts « matière » des aliments, une variation en pourcentage de 1 % par exemple signifiant en valeur une augmentation de plusieurs millions d'euros à l'échelle d'un territoire, d'une filière ou d'une entreprise.

Evolution impacts ³ et prix / références : formulation MinPrix des scénarios alimentaires figurés en gras		Echelle de la tonne d'aliment							Echelle du kg de produit						
		CP	CE	CC	OS	AC	EU	Prix	CP	CE	CC	OS	AC	EU	
LIM / filière	porc	aliment engraissement ¹	-8%	-14%	-14%	-13%	-8%	-12%	1%	-4%	-7%	-9%	-2%	-6%	
		Biphase EG-Multiphase IND	-13%	-22%	-23%	-15%	-24%	-19%	-2%	0%	-5%	-2%	4%	0%	
	poulet de chair	aliment moyen ²	-1%	-5%	-8%	-12%	-5%	-5%	2%	0%	-2%	-3%	-4%	-3%	
		3 phases	-14%	-17%	-13%	4%	0%	-6%	3%	-13%	-13%	4%	0%	-4%	
NLIM/fil	bovin lait ⁴	3 phases AA+ EG-VL40	-6%	-15%	-8%	5%	-6%	-8%	8%	-10%	-13%	0%	1%	-5%	
		VL18	-7%	-23%	-12%	0%	5%	10%	4%	-0.5%	-1/-9%	0%	0%	0/-0.5%	
	bovin viande ⁴	JB27	-12%	-21%	-11%	-7%	5%	-5%	1%	-5%	-5%	0%	0%	0%	
		Biphase	-20%	-11%	-11%	-14%	-8%	-13%	2%	-1%	-5%	0%	0%	-1.5%	
LIM Grand ouest	porc	aliment engraissement ¹	-23%	-21%	-30%	-11%	-28%	-21%	2%	-13%	-10%	-8%	-8%	-11%	
		Biphase EG-Multiphase IND	-30%	-31%	-41%	-11%	-50%	-29%	-1%	-10%	-7%	0%	-2%	-5%	
	poulet de chair	3 phases [*]	-13%	-10%	-21%	-11%	-23%	-15%	3%	-7%	-5%	-8%	-10%	-9%	
		3 phases AA+ EG-VL40	-10%	-25%	-21%	5%	-17%	-12%	1%	-10%	-19%	-17%	4%	-7%	
LIM	bovin lait ⁴	VL18	-11%	-19%	-16%	9%	-14%	-8%	7%	-14%	-18%	4%	-2%	-5%	
		JB27	-7%	-23%	-12%	0%	5%	-10%	3%	-1/-5%	-2/-10%	-0.5%	0%	0/-2%	
	bovin viande ⁴	Tous les aliments	-28%	-36%	-29%	-27%	-16%	-24%	-2%	-2%	-4%	-1%	0%	-1%	
		Aliments porcs	-29%	-26%	-23%	-32%	-19%	-29%	0%	-2%	-4%	-0.5%	0%	-1%	
LIM	Aliments poulet de chair	Aliments poules ponduses	-9%	-9%	-7%	2%	-5%	-1%	2%	-2%	-4%	-0.5%	0%	-1%	
		Aliments bovins	-1%	-6%	-5%	-5%	-5%	-5%	2%	2%	-1%	0%	0%	-1%	
	Aliments bovins	Aliments bovins	-12%	-10%	-8%	10%	-8%	10%							
		Aliments bovins	-15%	-15%	-9%	23%	-9%	23%							
		Aliments bovins	-16%	-10%	-8%	-5%	-5%								
		Aliments bovins	>0%	>0%	>0%	Entre 0 et -5%	Entre -5 et -10%	Entre -5 et -10%	Entre -5 et -10%	Entre -5 et -10%	Entre -10 et -20%	Entre -10 et -20%	Entre -10 et -20%	<-20%	

Légende couleurs en fonction différences/référence : 1: aliment moyen engraissement 40% croissance et 60% finition ; 2: aliment moyen avec 6% démarrage, 20% croissance et 74% finition ; 3: CC – changement climatique, CE – consommations d'énergie non renouvelable, CP : consommation de phosphore ; OS : acidification, EU : eutrophisation ; 4 : à l'échelle produit, les bovins sont alimentés aussi avec des fourrages et du pâturage.

Tableau 2 : Incidence des éco-aliments formulés avec la fonction multiobjectif (avec α optimal) sur les impacts et le prix des aliments (/t) et sur les impacts des produits animaux (/kg de viande ou /l de lait) en comparaison des situations de référence (formulation d'aliments MinPrix) – approche par filière animale et pour le Grand Ouest

4. Demande en matières premières des éco-aliments et mise en œuvre territoriale

La prise en compte de critères environnementaux dans la formulation des aliments du bétail engendre un attrait pour certaines matières premières et la mise à l'écart d'autres. D'une manière générale, les céréales diminuent et une part du maïs est remplacée par du blé/triticales, les coproduits du blé augmentent, ainsi que les protéagineux (pois et féverole), les huiles et les graines oléagineuses en porc et en poulet de chair. Ces tendances sont exacerbées dans le contexte NLIM vs LIM. Pour les aliments du poulet de chair et les concentrés bovins, le tourteau de soja brésilien issu de zones déforestées voit son taux d'incorporation diminuer au profit d'autres sources de protéines comme le tourteau de colza et de tournesol. Cette substitution permet de réduire l'impact CC mais peut augmenter les impacts OS, AC et EU. Si du soja est habituellement utilisé dans les aliments porc, cela n'a pas été le cas dans le contexte de l'étude. Cette matière première n'a pas été intégrée dans les aliments standard du porc (MinPrix) ni les éco-aliments en raison des contextes économiques étudiés qui ont rendu plus intéressantes d'autres sources de protéines (tourteau de colza notamment).

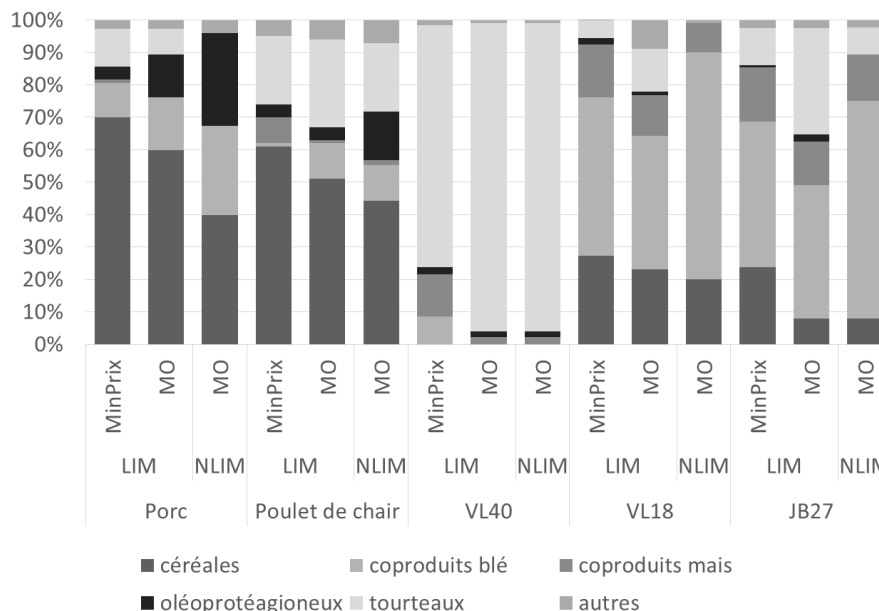


Figure 4 : Composition des aliments standards et des éco-aliments en contexte LIM et NLIM pour les différentes productions animales.

A l'échelle du Grand Ouest, 12,3 Mt d'aliments composés sont fabriqués chaque année avec environ 38% pour les porcs, 32% pour la volaille de chair, 11% pour la volaille de ponte et 17% pour les bovins (Morin et Dronne, 2016). La mise en œuvre de la formulation multiobjectif pour tous les aliments souligne les nombreuses interactions entre catégories d'aliments composés et régions liées à la concurrence sur certains approvisionnements. Les différents impacts peuvent être réduits, sauf l'indicateur OS qui augmente. Les trois types d'aliments composés (porcs, volailles et bovins) ont des comportements différents en termes de hausse de prix, d'évolution des indicateurs environnementaux et de substitutions entre matières premières. Les limites de disponibilités globales de matières premières pour l'approvisionnement de l'ensemble des aliments composés induisent de profondes compétitions sur le choix et l'origine des matières premières entre formules d'aliments composés, entre usines et entre régions.

Conclusion

Le projet fournit des outils pour permettre l'éco-conception des aliments du bétail. Il a produit et rendu accessibles les données d'impacts des matières premières utilisées dans les aliments composés, ainsi qu'une méthodologie de formulation multiobjectif qui permet de gérer simultanément plusieurs impacts environnementaux et le prix pour éviter les transferts de pollution. Les efficacités à l'échelle des produits animaux sont mesurées et montrent des réductions d'impacts supérieures à 10% en poulets de chair, autour de 5-10% en porc et pour moins de 5% en bovin. Cette nouvelle bonne pratique devra être complémentaire d'autres bonnes pratiques (Guingand *et al.*, 2010) pour aboutir à des réductions plus importantes à l'échelle du produit. Des éléments de conseil devront être mis à disposition des fabricants d'aliments pour leur permettre de connaître l'objectif de réduction nécessaire à l'échelle de l'aliment pour satisfaire un objectif fixé à l'échelle du produit.

L'utilisation des différentes hypothèses de disponibilité en MP (NLIM, LIM et Grand-Ouest) souligne l'importante compétition entre les aliments, les filières et les territoires pour accéder aux MP à faibles impacts. Certaines sont disponibles en quantités limitées, ce qui laisse à penser qu'une mise en place des éco-aliments à court terme s'apparentera à la création de marchés de niche, créant un transfert de pollution pour d'autres marchés. La véritable éco-conception se situe donc davantage dans le changement de pratiques avec l'augmentation de la production de MP « intéressantes » et l'amélioration des itinéraires de production des MP. Toute mise en œuvre doit donc se raisonner à l'échelle de la filière allant du producteur des matières premières jusqu'au produit rendu aux consommateurs.

Références bibliographiques

- Basset-Mens C., van der Werf H., 2005. Scenario-based environmental assessment of farming systems: the case of pig production in France. *Agr. Ecosyst. Environ.*, 105, 127-144.
- Boggia A, Paolotti L, Castellini C., 2010. Environmental impact evaluation of conventional, organic and organic-plus poultry production systems using life cycle assessment. *World's Poultry Science Journal*, 66, 95-114.
- Boissy J., Aubin J., Drissi A., van der Werf H.M.G., Bell G.J., Kaushik S.J., 2011. Environmental impacts of plant-based salmonid diets at feed and farm scales. *Aquaculture*, 321, 61-70.
- Dollé J.-B., Moreau S., Brocas C., Gac A., Raynal J., Duclos A., 2015. Elevage de ruminants et changement climatique. Institut de l'Elevage, Collection L'essentiel. 24 p.
- Dourmad J., Ryschawy J., Trousson T., Bonneau M., Gonzalez J., Houwers H., Hviid M., Zimmer C., Nguyen T., Morgensen L., 2014. Evaluating environmental impacts of contrasting pig farming systems with life cycle assessment. *Animal*, 8, 2027-2037.
- Dourmad J.-Y., Bouvarel I., Gac A., 2010. Les stratégies d'alimentation des animaux au sein de l'exploitation et du territoire et leurs incidences environnementales. In: (Eds.), Elevages et environnement, Quae, Educargi Editions, Paris, p. 65-118.
- Durlinger B, Tyszler M, Scholten J, Broekema R, Blonk H., 2014. Agri-footprint ; a life cycle inventory database covering food and feed production and processing. In: Schenck R, Huizen D, editors. Proceedings of the 9th International Conference on Life Cycle Assessment in the Agri-Food Sector; San Francisco, USA.2014. p. 310-317.
- Dusart L., Garcia-Launay F., Wilfart A. Méda B. Bouvarel I. Espagnol S., 2017. La formulation multiobjectif : une méthode originale et efficace pour formuler des aliments écologiques et économiques. *Journées de la recherche avicole et palmipèdes à foie gras*, 12, 366-370.
- Espagnol S., Rugani A., Baratte C., Roguet C., Marcon M., Tailleur A., Rigolot C., Dourmad J.-Y., 2012. Référentiel environnemental et socio-économique des systèmes d'élevage porcin conventionnels français. *Journées de la recherche porcine*, 44, 109-114.
- Espagnol S., Rugani A., Baratte C., Roguet C., Marcon M., Tailleur A., Ramonet Y., Paboeuf F., Giteau J.-L., Rigolot C., Dourmad J.-Y., 2013. Référentiel environnemental et socio-économique de

- systèmes d'élevage porcin conventionnels français - Base pour le pilotage d'une amélioration environnementale. *Innovations Agronomiques* 30 (2013), 75-85
- Garcia-Launay F., Wilfart A., Dusart L., Nzally C., Gaudré D., Laisse-Redoux S., Espagnol S., 2017. Une formulation multiobjectifs pour réduire les impacts environnementaux des aliments pour porcs charcutiers. *Journées de la recherche porcine*, 49, 239-244.
- Guingand N., Aubert C., Dollé J-B., 2010. Guide des bonnes pratiques environnementales d'élevage. *RMT élevages et environnement*, 303 p.
- Inosys - Réseaux d'élevage, 2015. Les systèmes bovins laitiers en Nord-Pas-de-Calais-Picardie Repères technico-économiques et actualisation des cas-types en conjoncture 2014. Mai 2015. Ed Institut de l'Élevage, Paris, France. 40 p.
- Koch P., Salou T., 2015. AGRIBALYSE(R): Methodological report Version 1.2. Angers. ADEME
- Leinonen I., Williams A.G., Wiseman J., Guy J., Kyriazakis I., 2012a. Predicting the environmental impacts of chicken systems in the United Kingdom through a life cycle assessment: Broiler production systems. *Poultry Science*, 91, 8-25.
- Leinonen I., Williams A.G., Wiseman J., Guy J., Kyriazakis I., 2012b. Predicting the environmental impacts of chicken systems in the United Kingdom through a life cycle assessment: Egg production systems. *Poultry Science*, 91, 26-40.
- Meda B., Dusart L. Ponchant P., Garcia-Launay F., Espagnol S., Wilfart A., Bouvarel I., 2017. Formulation multiobjectif avec des critères environnementaux et économiques : l'optimum est-il le même aux échelles de l'aliment et du produit final ? *Journées de la recherche avicole et palmipède à foie gras*, 12.
- Morel P.C.H., Sirisatien D., Wood G.R., 2012. Effect of pig type, costs and prices, and dietary restraints on dietary nutrient specification for maximum profitability in grower-finisher pig herds: A theoretical approach. *Livestock Science*, 148, 255-267.
- Morin et Dronne, 2016. Approche territoriale de la durabilité de l'approvisionnement en matières premières de la Nutrition Animale dans le Grand-ouest, et en particulier en Bretagne : Etat des lieux et simulations. 87p.
- Mottet A., de Haan C., Falcucci A/, Tempio G/, Opio C., Gerber P., 2017. Livestock: on our plates or eating at our table ? A new analysis of the feed/food debate. *Global food security*, 14, 1-8.
- Pomar C., Dubeau F., Letourneau-Montminy M.P., Boucher C., Julien P.O., 2007. Reducing phosphorus concentration in pig diets by adding an environmental objective to the traditional feed formulation algorithm. *Livestock Science*, 111, 16-27.
- Prudêncio da Silva V., van der Werf H.M.G, Spies A., Soares S.R., 2010. Variability in environmental impacts of Brazilian soybean according to crop production and transport scenarios. *J Environ Management*, 91, 1831-1839.
- Prudêncio da Silva V., van der Werf H.M.G., Soares S.R., Corson M.S., 2014. Environmental impacts of French and Brazilian broiler chicken production scenarios: An LCA approach. *J Environ Manag.*, 133, 222-231.
- Réseaux d'Élevage, 2009. Cas type 2b Lait spécialisé silo fermé en potentiel moyen. Octobre 2009. Ed Institut de l'Élevage, Paris, France. 6 p.
- Réseaux d'élevage, 2010. Cas type CCI + JB, Cultures et jeunes bovins sur 200 ha, en Champagne, Engraisseur de jeunes bovins dans un système céréales et cultures industrielles. Juillet 2010. Ed Institut de l'Élevage, Paris, France. 6 p.
- Steinfeld H., Gerber P., Wassenaar T., Castel V., Rosales M., Haan C.D., 2006. *Livestock's long shadow: environmental issues and options*. 390 p. FAO.
- Wilfart A., Espagnol S., Dauguet S., Tailleur A., Gac A., Garcia-Launay F., 2016. ECOALIM: a dataset of environmental impacts of feed ingredients used in French animal production. *Plos One*, 17p. DOI:10.1371/journal.pone.0167343.