



**HAL**  
open science

## Ecoconception des aliments destinés aux porcs : analyse d'incertitude

Sandrine Espagnol, Marlène Lauer, Florence Garcia-Launay

► **To cite this version:**

Sandrine Espagnol, Marlène Lauer, Florence Garcia-Launay. Ecoconception des aliments destinés aux porcs : analyse d'incertitude. 51èmes Journées de la Recherche Porcine, Feb 2019, Paris, France. hal-02097214

**HAL Id: hal-02097214**

**<https://hal.science/hal-02097214>**

Submitted on 11 Apr 2019

**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.

# Ecoconception des aliments destinés aux porcs : analyse d'incertitude

*Sandrine ESPAGNOL (1), Marlène LAUER (1), Florence GARCIA-LAUNAY (2)*

*(1) IFIP, Institut du porc, 35651 Le Rheu, France*

*(2) UMR PEGASE INRA, 35000 Saint-Gilles, France*

*sandrine.espagnol@ifip.asso.fr*

*Avec la collaboration d'Aurélie Tailleux (Arvalis Institut du végétal) et Sylvie Dauguet (Terres Inovia)*

## **Ecoconception des aliments destinés aux porcs : analyse d'incertitude**

Réduire les impacts environnementaux des productions animales reste une priorité. Formuler des éco-aliments générant de moindres impacts environnementaux peut constituer un levier d'action. Cette formulation nécessite la connaissance des impacts des intrants alimentaires, ce que rassemble la base de données ECOALIM. Ces données d'impacts sont des valeurs moyennes à l'échelle de la France et, de ce fait, ne rendent pas compte de la grande diversité des itinéraires techniques et des contextes pédoclimatiques. Ainsi, ces valeurs moyennes nationales sont-elles suffisantes pour mettre en œuvre une écoconception des aliments du bétail ? Cette étude ambitionne d'y répondre en se basant sur une analyse d'incertitude des impacts des principales matières premières utilisées en alimentation animale (blé, maïs, orge, colza, tournesol, et leurs coproduits transformés), et des impacts des éco-aliments formulés soit à partir de données moyennes, soit à partir de données spécifiques, pour différents contextes économiques et de disponibilité en matières premières. Un échantillonnage aléatoire (N entre 500 et 1000) a été réalisé en tirant les valeurs d'impacts des matières premières dans une loi normale bornée par des valeurs minimales et maximales. Chaque jeu de données est utilisé pour comparer les impacts environnementaux et les taux d'incorporation des matières premières entre les aliments formulés à moindre coût et les éco-aliments. Pour les impacts changement climatique et consommation d'énergie, les moyennes nationales d'impacts environnementaux des matières premières s'avèrent suffisantes pour l'écoconception en permettant de réduire effectivement les impacts par rapport à la formulation à moindre coût. Les résultats sont plus variables pour les impacts consommation de phosphore et occupation des sols. De même, certaines matières premières comme le blé et le maïs requièrent des itinéraires plus précis qu'une simple situation moyenne nationale.

## **Feed eco-design for pigs: uncertainty analysis**

Reducing environmental impacts of the livestock sector remains a priority. Formulating eco-feeds with lower impacts can be used as one mechanism. Doing so requires knowledge about feedstuff impacts, such as those contained in the ECOALIM database. As this database provides average values at a national scale, it can have high uncertainty due to the large variability in production techniques and soil/climate contexts for crops. Thus, the purpose of this study was to assess the relevance of eco-designing feed based on average national values. Uncertainty analysis was performed considering the variability in impact of the main crops used for pig feeds: wheat, maize, barley, rapeseed and sunflower and their processed co-products. This was applied to formulate eco-feeds within various economic contexts and conditions of feedstuff availability. A random sample (n = 500-1000) was created by drawing environmental impact values from a normal distribution truncated by minimum and maximum values. Each dataset was used to compare impacts of the eco-feed with those of an average standard feed. The effect of incorporation rates of feedstuffs was also analysed. For the impacts "energy consumption" and "climate change", and for many feedstuffs, the use of national average data of environmental impacts appeared suitable for an eco-design implementation by feed manufacturers. Nonetheless, the ECOALIM dataset needs to be enriched with more detailed data for certain feedstuffs, such as maize and wheat, and also for certain impacts, such as "phosphorus use" and "land use".

## INTRODUCTION

La dynamique de l’affichage environnemental a conduit à l’émergence de plusieurs bases de données sur les impacts environnementaux des produits agricoles. Celles-ci sont aujourd’hui disponibles pour les acteurs économiques et notamment les filières animales. C’est le cas des données ECOALIM qui sont intégrées dans la base de données Agribalyse® et qui concernent les impacts environnementaux de 150 ingrédients de l’alimentation du bétail (Wilfart *et al.*, 2016). Pour chaque ingrédient, les impacts moyens à l’échelle française sont référencés. Cela donne-t-il aux fabricants d’aliments un outil suffisant pour aller vers l’écoconception ?

Les données ECOALIM leur donnent en effet la possibilité de formuler des éco-aliments avec de moindres impacts environnementaux. Garcia-Launay *et al.* (2018) ont proposé une méthode de formulation multiobjectif (MO) destinée à optimiser simultanément la réduction de quatre impacts environnementaux (changement climatique, consommation en phosphore, consommation d’énergie non renouvelable et occupation des sols) et la minimisation du coût. Une mise en œuvre appliquée aux aliments d’engraissement porcins a conduit à remplacer partiellement certains ingrédients des formules par des intrants plus écologiques (Garcia-Launay *et al.*, 2018): les proportions de céréales et de tourteaux diminuent, alors que celles des coproduits de blé et des graines protéagineuses augmentent.

Ainsi, lors d’une mise en concurrence de matières premières sur des aspects environnementaux, les valeurs individuelles des impacts des matières premières et leur positionnement relatif sont les éléments déterminants de substitutions entre matières premières. Or, les données actuelles d’impacts sont des moyennes nationales qui masquent une grande diversité d’itinéraires de production et de conditions pédoclimatiques en France. Dans ce contexte, l’objectif de cette étude est de considérer l’effet de l’incertitude liée à cette variabilité des impacts environnementaux des principales matières premières produites en France sur la formulation des éco-aliments.

## 1. MATERIEL ET METHODES

### 1.1. Formulation des aliments

Nous nous sommes intéressés à la formulation d’aliments pour des porcs à l’engrais en considérant une alimentation biphasée avec un plafonnement à 2,5 kg d’aliment par porc et par jour. Ceci revient à alimenter les porcs charcutiers en deux phases successives, avec respectivement un aliment croissance et un aliment finition. Les deux aliments ont été formulés avec une teneur en énergie nette de 9,5 MJ/kg et un rapport Lysine digestible sur énergie nette de 0,86 et 0,76 g/MJ respectivement pour les aliments croissance et finition. Deux types d’aliments ont été formulés : des aliments standards et des éco-aliments. Les aliments standards résultent d’une formulation « classique » à moindre coût ; les éco-aliments d’une formulation multiobjectif (MO) suivant la méthode de Garcia-Launay *et al.* (2018).

La formulation des aliments a été réalisée pour : (1) deux scénarios de disponibilité des matières premières (MP) qui conduisent à moduler les contraintes maximales sur les taux d’incorporation des MP ; (2) quatre scénarios économiques.

### 1.1.1. Formulation multiobjectif

La fonction à minimiser intègre un index « coût » avec un poids  $\alpha$  et un index environnemental avec un poids  $(1-\alpha)$ . L’index environnemental inclut lui-même quatre impacts environnementaux pondérés: le changement climatique (CC – pondération 40%), la consommation d’énergie non renouvelable (CE – 20%), la consommation de phosphore (CP – 20%) et l’occupation des sols (OS – 20%). Ces derniers ont été choisis pour leur caractère global et parce qu’ils sont fortement déterminés par le poste alimentation. Le coût et les impacts de l’aliment standard formulé à moindre coût servent de références en dénominateur dans la fonction MO.

$$\text{Fonction MO} = (1 - \alpha) \times \frac{\text{Prix}}{\text{Prix}_{ref}} + \alpha \times \left( \frac{2}{5} \times \frac{\text{CC}}{\text{CC}_{ref}} + \frac{1}{5} \times \frac{\text{OS}}{\text{OS}_{ref}} + \frac{1}{5} \times \frac{\text{CP}}{\text{CP}_{ref}} + \frac{1}{5} \times \frac{\text{CE}}{\text{CE}_{ref}} \right)$$

Avec  $\alpha \in [0; 1]$

La formulation minimise cette fonction en imposant une limite maximale à la variation des impacts, à 105% de leur valeur pour l’aliment standard. Cette contrainte s’applique aux impacts intégrés dans la fonction MO et aux impacts acidification (AC) et eutrophisation (EU). La fonction MO et les contraintes de formulation visent à éviter les transferts de pollution entre impacts. Pour appliquer la formulation MO et calculer les impacts environnementaux des aliments standards et des éco-aliments, les impacts environnementaux des intrants alimentaires issus d’ECOALIM (Wilfart *et al.*, 2016) ont été utilisés.

### 1.1.2. Contextes économiques et de disponibilité en matières premières

Deux contextes de disponibilité en MP ont été considérés pour établir les taux d’incorporation maximaux des matières premières : un contexte actuel avec une disponibilité limitée pour certaines matières premières LIM et un contexte plus prospectif avec une disponibilité accrue LIM+. Ils ont été établis par expertise en considérant une disponibilité accrue et présumée réaliste des céréales (triticale 300g/kg, avoine 150 g/kg, sorgho 200g/kg) et de certaines MP telles que le pois (100g/kg LIM vs. 300 g/kg LIM+), la féverole (30 g/kg LIM vs. 100 g/kg LIM+) ou encore des coproduits (100 g/kg LIM vs. 200 g/kg en LIM+ pour la plupart des coproduits du blé et du maïs). La liste des MP disponibles dans les scénarios LIM et LIM+ est la même.

Pour chaque contexte de disponibilité en MP, quatre contextes économiques de formulation ont été mobilisés pour les aliments standards et les éco-aliments afin de couvrir une gamme de situations contrastées ; ils correspondent aux prix de marchés des matières premières de Septembre 2011, Juin 2012, Août 2013 et Février 2014. Ces 4 périodes ont été choisies car elles déterminent des ratios de prix différents pour le blé tendre, le maïs grain et le tourteau de soja.

### 1.2. Analyse d’incertitude

Une analyse d’incertitude a été conduite en suivant l’approche de Payraudeau *et al.* (2007). Cette analyse est destinée à estimer le degré de fiabilité des résultats, en l’occurrence des éco-aliments obtenus. L’analyse permet de tenir compte de l’incertitude des données d’entrée pour estimer l’incertitude des impacts calculés par ACV. Ces données ici considérées sont celles des impacts des MP. L’analyse conduite a cherché à répondre à deux questions :

- La réduction d'impacts obtenue par la formulation d'éco-aliments reste-t-elle effective si la variabilité des impacts des MP est prise en compte ? (Figure 1 - volet 1 de l'analyse)
- Que deviennent les éco-aliments si on considère la variabilité des impacts des MP lors de l'étape de formulation MO ? L'obtention d'éco-aliments est-elle toujours possible ? Quelle est l'incidence sur l'incorporation des MP ? (Figure 1 - volet 2)

1.2.1. Variabilité des impacts environnementaux des MP

La variabilité des impacts environnementaux (moyenne, écart-type, valeur minimale, valeur maximale) a été considérée pour 12 MP ECOALIM : le blé tendre, le maïs, l'orge, le colza, le tournesol, le pois, le son et le remoulage de blé, les tourteaux et les huiles de colza et de tournesol.

Pour les cinq cultures non transformées, les données ont été fournies par ARVALIS Institut du végétal et TERRES INOVIA à partir de cas-types régionaux couvrant différents itinéraires de production et différents contextes pédoclimatiques. La variabilité nationale a été construite en utilisant une pondération entre régions selon leur représentativité pour la MP considérée. Nous avons réattribué ces dispersions aux valeurs moyennes d'impacts de la base de données ECOALIM et ainsi obtenu une variance des impacts pour les données ECOALIM de ces cinq cultures à l'étape « sortie champ ». La variabilité des impacts à l'étape « sortie organisme stockage » a été obtenue en considérant les impacts additionnels de cette étape. Pour les MP transformées issues des précédentes cultures, nous avons utilisé les clés de répartition entre coproduits (masse et prix pour l'allocation économique utilisée dans ECOALIM). Enfin, n'ayant pas de donnée sur la variabilité des impacts du pois, nous avons considéré un coefficient de variation forfaitaire de 10 % puis de 20 % (et en approximant les

valeurs minimale et maximale à  $\pm 3$  écart-types) pour en appréhender l'impact sur les résultats de nos tests.

Pour les autres matières premières ECOALIM, les valeurs moyennes d'impacts ont été conservées pendant l'analyse d'incertitude.

1.2.2. Volet 1

Dans ce volet, les valeurs moyennes des impacts environnementaux des matières premières ont été utilisées pour formuler les éco-aliments. Ensuite les impacts environnementaux des aliments standards et des éco-aliments ont été calculés pour 1000 tirages aléatoires de valeurs d'impacts des 12 MP sous R suivant une loi normale, bornée aux valeurs minimales et maximales. A l'issue des 1000 simulations, le taux de recouvrement entre les distributions des impacts des aliments standard et des éco-aliments a été calculé. Il correspond à la probabilité de l'hypothèse  $H_0$  : valeur d'impact de l'éco-aliment  $\geq$  valeur d'impact de l'aliment standard.

1.2.3. Volet 2

Dans ce volet, l'incertitude des valeurs d'impacts des MP est utilisée dans la formulation MO. Nous avons réalisé 500 tirages aléatoires sous R de valeurs d'impacts environnementaux des MP. Nous avons utilisé ces valeurs pour calculer les impacts de l'aliment standard, et lors de la formulation MO pour trouver les éco-aliments. Pour chaque tirage, nous avons comparé les éco-aliments aux aliments standards afin de mesurer la réduction d'impacts. En synthèse la distribution des différences entre impact de l'aliment standard et impact de l'éco-aliment a été représentée (Figure 1). Dans un deuxième temps, la variabilité des taux d'incorporation de chaque MP a été relevée au sein des éco-aliments et en comparaison avec les aliments standards.

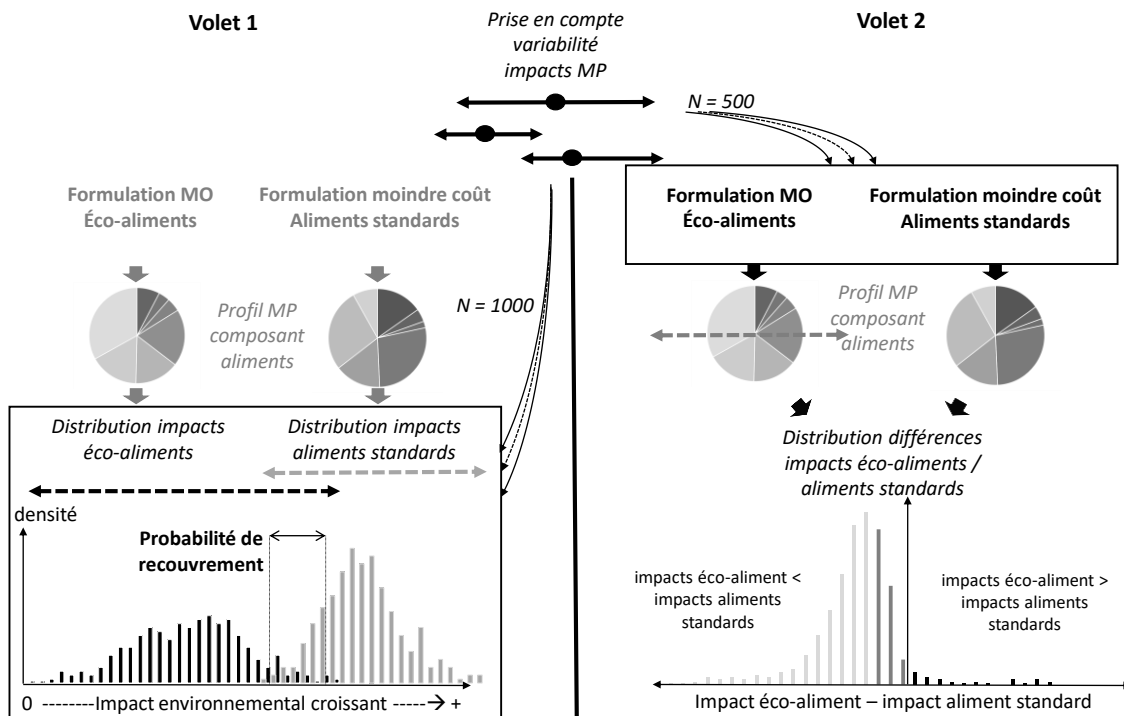


Figure 1 – Plan d'expérimentation conduit pour l'analyse d'incertitude

## 2. RESULTATS

### 2.1. Variabilité des impacts des MP

La variabilité des impacts environnementaux des 12 MP retenues est présentée dans le tableau 1. Les coefficients de

variation sont plus importants pour les impacts AC, EU et OS, en moyenne de respectivement 32%, 32% et 16%, en comparaison de ceux des impacts CP, CE et CC qui sont respectivement de 11%, 7% et 10%. Ceci témoigne de la grande variabilité des pratiques de fertilisation et des rendements obtenus, selon la région de France considérée.

**Tableau 1** – Impacts environnementaux de 12 MP utilisées en alimentation porcine rendues usine Grand Ouest - moyenne (e.t.)

MP	CP (kg P/t)	CE (MJ/t)	CC (kg CO <sub>2</sub> -eq /t)	AC (molc H+eq/t)	EU (kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq/t)	OS (m <sup>2</sup> .an/t)
Blé	2,751 (0,248)	4021 (509)	497 (79)	10,9 (5,9)	4,0 (1,8)	1336 (298)
Orge	2,843 (0,372)	3893 (325)	461 (42)	9,8 (4,6)	4,0 (1,6)	1484 (282)
Mais	2,773 (0,154)	5775 (576)	540 (32)	13,9 (3,9)	4,0 (1,0)	1228 (298)
Pois	2,800 (0,600)	2605 (429)	210 (37)	2,7 (0,5)	4,0 (0,8)	2319 (463)
Graine de colza	0,012 (0,002)	4003 (257)	811 (102)	19,2 (8,6)	7,3 (2,2)	3111 (463)
Graine de tournesol	5,065 (0,975)	5052 (71)	592 (17)	11,0 (0,1)	9,2 (2,3)	4756 (231)
Remoulage de blé	0,603 (0,055)	1103 (112)	111 (17)	2,4 (1,3)	0,9 (0,4)	293 (65)
Son de blé	0,476 (0,043)	929 (88)	91 (14)	2,0 (1,0)	0,7 (0,3)	231 (52)
Huile de colza	0,318 (0,003)	10469 (444)	1628 (177)	36,1 (14,8)	13,6 (3,9)	5749 (802)
Huile de tournesol	9,567 (1,78)	12676 (130)	1236 (32)	20,7 (0,2)	17,0 (4,3)	8714 (423)
Tourteau de colza	0,067 (0,001)	2190 (100)	342 (40)	7,6 (3,3)	2,9 (0,9)	1211 (180)
Tourteau de tournesol	1,829 (0,341)	2436 (25)	237 (6)	4,0 (0,1)	3,2 (0,8)	1666 (81)

### 2.2. Résultats du volet 1 de l'analyse d'incertitude

Les résultats du volet 1 sont présentés dans le tableau 2 avec les taux de recouvrement moyens (et leur écart type) au sein des différents tirages et simulations associées.

Pour l'aliment croissance, il n'y a pas de recouvrement entre les valeurs d'impacts de l'aliment standard et celles de l'éco-aliment pour les impacts CE et CC. Il en est de même pour l'aliment croissance en contexte LIM+ avec en plus l'impact CP. En revanche, les taux de recouvrement pour les impacts AC, EU et OS sont très majoritairement supérieurs à 50%. Pour l'aliment finition, les taux de recouvrement restent faibles pour les impacts CE et CC (<20%) et sont également supérieurs à 50% pour les autres impacts.

Les importants taux de recouvrement des impacts AC et EU montrent qu'il n'y a pas pour ces impacts de différence significative entre les aliments standards et les éco-aliments. Ceci s'explique par le fait que ces impacts ne sont pas intégrés dans la fonction MO. Ils sont uniquement utilisés dans les contraintes de formulation. Pour l'impact OS, les taux de recouvrement élevés soulignent le fait qu'il est difficile de réduire cet impact conjointement aux autres impacts car il varie dans le sens opposé. En effet, les ingrédients alimentaires avec de faibles impacts, notamment CE et CC, ont des rendements plus faibles à l'hectare.

Au global, les résultats du volet 1 indiquent des taux de recouvrement relativement bas pour les impacts CE et CC inclus dans la fonction MO (majoritairement < 20%).

**Tableau 2** – Moyennes (e.t.) des probabilités de vérifier l'hypothèse H0 : impact de l'éco-aliment ≥ impact de l'aliment standard (%) obtenues avec les tirages du volet 1 pour les impacts environnementaux des aliments croissance et finition et pour les deux contextes de disponibilité en MP (LIM et LIM+) – en gras : probabilité < 20% ; \* probabilité > 50%

Aliment	Contexte	4 impacts de la fonction MO				AC	EU
		CP	CE	CC	OS		
Croissance	LIM	29 (25)	<b>0 (0)</b>	<b>0 (0)</b>	65* (28)	92* (6)	77* (11)
Croissance	LIM+	<b>0 (0)</b>	<b>0 (0)</b>	<b>0 (0)</b>	47 (38)	78* (19)	55* (15)
Finition	LIM	83* (18)	<b>14 (17)</b>	<b>18 (22)</b>	59* (36)	90* (3)	76* (15)
Finition	LIM+	<b>20 (27)</b>	<b>0 (0)</b>	<b>6 (12)</b>	53* (46)	87* (15)	77* (10)

**Tableau 3** – Pourcentages des simulations du volet 2 pour lesquelles les impacts des éco-aliments sont inférieurs d'au moins 5% à ceux des aliments standards (partie gauche de « / ») ou au contraire pour lesquelles les impacts des éco-aliments sont supérieurs à ceux des aliments standards (partie droite de « / ») pour les impacts environnementaux des aliments croissance et finition et pour les deux contextes de disponibilité en MP (LIM et LIM+)

Aliment	Contexte	4 impacts de la fonction MO				AC	EU
		CP	CE	CC	OS		
Croissance	LIM	<b>97 / 1</b>	<b>100 / 0</b>	<b>100 / 0</b>	89 / 4	67 / 24	72 / 18
Coissance	LIM+	<b>100 / 0</b>	<b>100 / 0</b>	<b>100 / 0</b>	<b>95 / 1</b>	77 / 21	87 / 8
Finition	LIM	86 / 4	<b>99 / 0</b>	<b>100 / 0</b>	<b>96 / 1</b>	76 / 20	84 / 12
Finition	LIM+	<b>94 / 1</b>	<b>96 / 0</b>	<b>94 / 0</b>	83 / 5	70 / 27	77 / 15

### 2.3. Résultats du volet 2 de l'analyse d'incertitude

#### 2.3.1. Obtention d'éco-aliments

Le tableau 3 présente les différences d'impacts entre éco-aliments et aliments standard obtenues pour chacune des

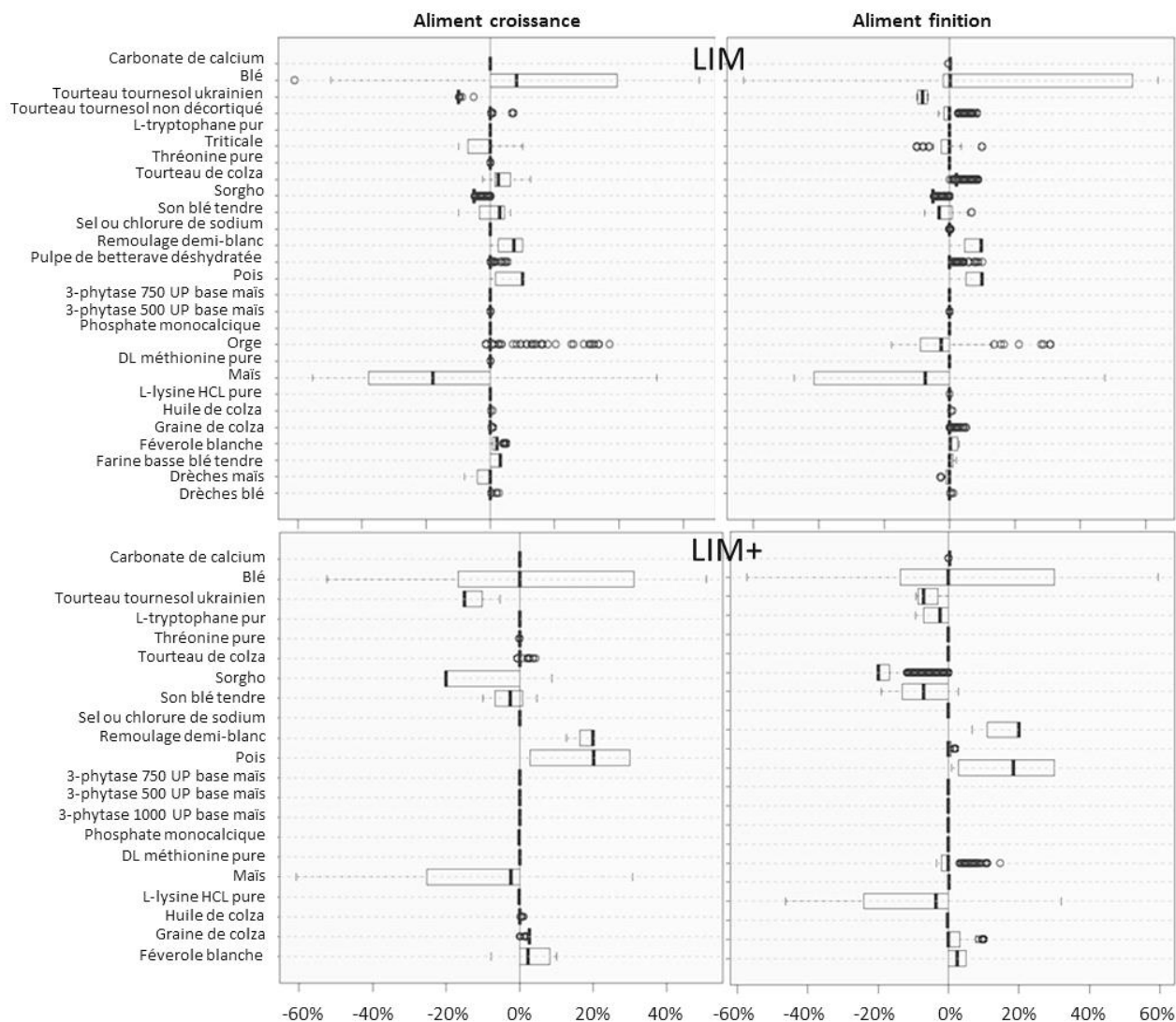
simulations des N tirages, en répartissant les résultats dans trois catégories : les différences inférieures à -5%, inférieures à 0% (dans ces deux premiers cas de figure les impacts de l'éco-aliment sont inférieurs à ceux de l'aliment standard), et les différences supérieures à 0%. Dans ce dernier cas, les impacts

des éco-aliments sont supérieurs aux impacts des aliments standards : la formulation d'éco-aliments n'a pas été possible. Ainsi, les résultats montrent que l'obtention d'éco-aliments a été possible dans la majorité des simulations et avec des différences d'impacts avec les aliments standards supérieures à 5%. La probabilité d'y parvenir est le plus souvent supérieure à 90%, excepté pour quelques cas dans lesquels elle est comprise entre 83% et 90%: impacts CP et OS de quelques aliments. Le gain environnemental pour les impacts AC et EU est plus limité avec plus de 10 % des valeurs d'impacts de l'éco-aliment supérieures à celles de l'aliment standard (ces impacts ne sont pas pris en compte dans la formulation MO, il est donc normal que le gain environnemental soit limité).

Néanmoins, l'augmentation ne dépasse pas 5 % puisqu'il s'agit d'une des contraintes de la formulation MO.

### 2.3.2. Incidences sur les MP

La prise en compte de la variabilité des impacts des MP modifie les taux d'incorporation des MP des éco-aliments et les MP sélectionnées, entre les simulations du volet 2 (Figure 2). Par contre, la composition de l'aliment standard, étant uniquement déterminée par les prix des MP et leurs valeurs nutritionnelles, ne varie ici qu'avec le contexte économique étudié. Dans tous les cas, les caractéristiques nutritionnelles des aliments sont peu différentes entre les aliments standards et les éco-aliments, et entre les simulations.



**Figure 2** – Différences de taux d'incorporation entre les aliments standards et les éco-aliments (volet 2) – Quand la valeur se situe sur le trait vertical central, l'incorporation est la même pour l'aliment standard et l'éco-aliment. Quand la valeur se situe à gauche, l'incorporation diminue dans l'éco-aliment par rapport à l'aliment standard, et vice-versa à droite du graphe.

Les modifications sont assez stables pour des matières premières comme le colza, le remoulage de blé, le pois et la féverole avec des incorporations qui sont majoritairement augmentées dans les formules des éco-aliments, comparées à celles des aliments standards. Pour les autres ingrédients comme la pulpe de betterave, cette augmentation, non systématique, est spécifique de l'aliment de finition et reste peu fréquente (<5%). A l'inverse, d'autres ingrédients sont principalement réduits dans les éco-aliments : c'est le cas du tourteau de tournesol ukrainien, du triticale et des coproduits du maïs.

Pour le blé et le maïs, les taux d'incorporation peuvent être augmentés ou diminués selon la simulation et dans de grandes proportions (+/- 60%). Le prix moyen du blé et ses impacts environnementaux modérés (ECOALIM) lui donnent un léger avantage par rapport au maïs. Pour autant, dans un contexte économique où la différence de prix entre le blé et le maïs est plus faible, voire avec un prix du blé supérieur à celui du maïs (cf juin 2012 et février 2014), la variabilité des valeurs d'impacts a une influence forte sur celle des taux d'incorporation de ces deux matières premières, du fait du compromis prix / impacts qui s'opère dans la formulation MO.

### 3. DISCUSSION

Cette analyse d'incertitude permet de mieux cerner la qualité de la décision que nous prenons en utilisant des données environnementales dans les processus d'écoconception.

L'analyse présentée a des atouts et des limites. L'un des atouts est d'examiner la réduction de l'impact au niveau du régime alimentaire, comme le suggèrent Leinonen *et al.* (2013) : cela permet de considérer toutes les substitutions, notamment lorsque les impacts des MP changent (variabilité prise en compte dans l'étude). Un autre atout est d'avoir considéré différents contextes économiques: cela est estimé pertinent par Pomar *et al.* (2007) car les coûts relatifs des matières premières changent considérablement dans le temps et cela a de fortes incidences sur la formulation. Une limite de notre étude est que nous avons décidé d'appliquer une distribution normale à la gamme des valeurs d'impact pour les aliments pour animaux, sans avoir les données qui permettent de le vérifier. C'est une hypothèse qui affecte les résultats, comme indiqué par Leinonen *et al.* (2013).

L'incidence de la variabilité des impacts des MP sur le résultat de la formulation MO (volet 2), notamment par les substitutions entre MP engendrées, suggère, pour certaines MP comme le blé et le maïs, de disposer de données d'impacts plus détaillées que la moyenne nationale. Cela a déjà été montré par Nguyen *et al.*, (2012) qui ont formulé des éco-aliments pour poulets de chair avec des contraintes sur l'impact eutrophisation. Ils ont testé la mobilisation de données d'impact du maïs avec une moyenne nationale et avec des données régionalisées et leurs résultats en ont été modifiés. Ils concluent que l'utilisation pour la formulation de données d'impacts régionalisées permet des réductions d'impacts environnementaux additionnelles à des coûts moindres.

Des données régionales pourraient effectivement sembler opportunes (elles captent de fait une partie de la variabilité des impacts) et opérationnelles (les fabricants d'aliments étant en mesure de tracer la provenance des MP qu'ils achètent). A contrario, la prise en compte de cette diversité régionale des conditions de production de céréales et d'oléagineux met en concurrence les régions les unes par rapport aux autres, indépendamment de la nécessité de valoriser la production de

l'ensemble des régions (la mise en exergue d'un différentiel environnemental est alors peu utile). Les acteurs des filières végétales proposent plutôt de distinguer les itinéraires de production, ce qui a l'avantage de relier des bénéfices environnementaux espérés à des variables d'action. De fait, Dauguet *et al.* (2016) ont produit dans la base de données ECOALIM (Wilfart *et al.*, 2016) des déclinaisons pour divers itinéraires techniques (fertilisation organique, rotation avec légumineuses, rotation avec cultures intermédiaires pièges à nitrates,...).

Cette approche est par contre peu utilisable à court terme par les fabricants d'aliments car ils ne disposent pas d'information sur les itinéraires de production de leurs approvisionnements et un même lot d'une matière première peut avoir différentes origines impliquant plusieurs itinéraires techniques. Une telle mise en œuvre nécessiterait la mise en place d'une traçabilité. Elle présenterait l'intérêt de permettre un progrès de filière, à l'échelle des producteurs de matières premières, à celle des fabricants d'aliments et à celle de l'élevage (Espagnol *et al.*, 2018).

### CONCLUSION

Dans la majorité des cas et pour de nombreuses matières premières, les données moyennes nationales d'impacts environnementaux sont suffisantes pour que les fabricants d'aliments mettent en œuvre une écoconception réellement efficace. Pour autant, des données plus détaillées sont utiles pour le maïs et le blé. L'analyse d'incertitude a permis d'identifier des choix d'ingrédients robustes pour réduire les impacts environnementaux des aliments (protéagineux comme le pois et les coproduits du blé). Les résultats sont également assez stables concernant des matières premières dont l'incorporation doit être limitée dans les aliments (tourteau de tournesol ukrainien). Pour d'autres intrants comme le blé et le maïs qui ont des taux d'incorporation élevés dans les aliments, différents processus de production doivent être accessibles dans la base de données afin de remplacer la moyenne nationale. A défaut, la substitution observée entre les ingrédients en passant d'une formulation à moindre coût vers une formulation MO n'est pas toujours efficace, selon l'origine géographique des matières premières.

### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Dauguet S., Tailleur A., Willmann S., Laustriat M., Wilfart A., Espagnol S., 2016. LCA results of French cereal and oilseed feedstuffs with effect of different agricultural practices. In 10th International Conference on Life Cycle Assessment of Food 2016, LCA Food 2016. Dublin, Ireland.
- Espagnol S., Gaudré D., Wilfart A., Dauguet S., Tailleur A., Garcia-Launay F., 2018. Incidences environnementales de stratégies d'alimentation innovantes en élevages porcins. Journées Rech. Porcine, 50, 31-36.
- Garcia-Launay, F., Wilfart, A., Dusart, L., Nzally, C., Gaudré, D., Dronne, Y., Espagnol, S., 2018. Multiobjective formulation is an effective method to reduce environmental impacts of livestock feeds. Brit. J. Nutr., accepté. <http://dx.doi.org/10.1017/S0007114518002672>
- Leinonen I., Williams A.G., Waller A.H., Kyriazakis I., 2013. Comparing the environmental impacts of alternative protein crops in poultry diets: The consequences of uncertainty. Agr. Syst., 121, 33-42.
- Nguyen T.T.H., Bouvarel I., Ponchant P., Van der Werf H.M.G., 2012. Using environmental constraints to formulate low-impact poultry feeds. J. Clean. Prod., 28, 215-224.
- Payraudeau S., Van der Werf H.M.G., Vertès F., 2007. Analysis of the uncertainty associated with the estimation of nitrogen losses from farming systems. Agr. Syst., 94(2), 416-430.
- 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. Livest. Sci., 111, 16-27.
- 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.