



HAL
open science

Impacts environnementaux des aliments porcs : Etat des lieux et possibilités de réduction par le changement de la composition de l'aliment

Didier Gaudré, Aurélie Wilfart, Morgane Magnin, Daniel Planchenault,
Olivier Traineau, Sandrine Espagnol

► To cite this version:

Didier Gaudré, Aurélie Wilfart, Morgane Magnin, Daniel Planchenault, Olivier Traineau, et al.. Impacts environnementaux des aliments porcs : Etat des lieux et possibilités de réduction par le changement de la composition de l'aliment. 47èmes Journées de la Recherche Porcine, IFIP; INRA, Feb 2015, Paris, France. pp.99-104. hal-04146852

HAL Id: hal-04146852

<https://hal.inrae.fr/hal-04146852v1>

Submitted on 30 Jun 2023

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.

Impacts environnementaux des aliments porcs

Etat des lieux et possibilités de réduction par le changement de la composition de l'aliment

Didier GAUDRÉ (1), Aurélie WILFART (2), Morgane MAGNIN (2), Daniel PLANCHENAU (3), Olivier TRAINÉ (3),
Sandrine ESPAGNOL (1)

(1) IFIP, Domaine de la Motte au Vicomte, BP 35104, 35651 Le Rheu cedex, France

(2) INRA, UMR1069 SAS, 65 rue de Saint-Brieuc, 35042 Rennes, France

(3) Mixscience, Centre d'Affaires Odyssee, Z.A.C. Cicé Blossac, 35172 Bruz Cedex, France

didier.gaudre@ifip.asso.fr

Impacts environnementaux des aliments porcs – Etat des lieux et possibilités de réduction par le changement de la composition de l'aliment

Les impacts environnementaux liés au changement climatique, à la demande en énergie, à l'occupation de surfaces, à l'eutrophisation et à l'acidification, sont estimés pour des aliments destinés à des porcs en engraissement. Les modalités d'approvisionnement de cinq sites de fabrication d'aliments répartis sur le territoire national sont définies. Les formules d'aliments complets sont établies à partir de trois listes de prix de matières premières contrastées. En moyenne, une tonne d'aliment d'engraissement se traduit par des émissions de 536 kg eq. CO₂, 4,2 kg eq. PO₄³⁻ et 3,6 kg eq. SO₂, une demande cumulée en énergie de 4928 MJ et une occupation de surfaces de 1349 m².an. Le potentiel de réduction maximal atteint 12 % pour le changement climatique avec une augmentation du prix de l'aliment de 6 %, et varie de 12 à 21 % pour l'eutrophisation avec un prix augmenté de 6 à 10 %. Lorsque des contraintes sont imposées aux autres impacts environnementaux, le potentiel de réduction maximal devient de 6 % pour le changement climatique, et varie de 1 à 7 % pour l'eutrophisation. Ce travail souligne cependant l'intérêt de disposer d'une base de données consolidée des impacts environnementaux de l'ensemble des intrants alimentaires des élevages.

Environmental impacts of pig diets – Inventory and reduction opportunities by changing the diet composition

The environmental impacts associated with climate change, energy demand, land occupation, eutrophication and acidification, were estimated for pig diets. Feedstuff supply by five manufacturers located in France was assessed. Complete diets were formulated based on three contrasted raw material prices. On average, the pig diet represented, per ton, 536 kg eq. CO₂, 4.2 kg eq. PO₄³⁻ and 3.6 kg eq. SO₂ emissions, 4928 MJ of energy consumption, and 1349 m².year needed surfaces. The maximum potential reduction was 12 % for climate change and was associated with a 6 % increase in diet price, and ranged from 12 to 21 % for eutrophication with a 6 to 10 % increase in price. When other environmental impacts were limited, the maximum potential reduction was 6 % for climate change, and ranged from 1 to 7 % for eutrophication. This study clearly indicates the need for a consolidated database concerning the environmental impacts of raw materials.

INTRODUCTION

Selon le CITEPA (2008), l'élevage en France représente près de la moitié des émissions de gaz à effet de serre (GES) de l'agriculture, soit environ 9 % des émissions nationales. Afin de lutter contre le réchauffement climatique, des engagements de réduction des émissions de GES ont été signés par plusieurs instances internationales, européennes et françaises. En France, le Grenelle de l'Environnement, réuni en 2009, s'est donné pour objectif de réduire de 75 % les émissions de GES entre 1990 et 2050. En Europe, la Commission Européenne a adopté en 2008 le paquet climat-énergie, comportant une réduction de 20 % de l'émission de GES d'ici 2020. La quantification de l'émission de GES d'un produit, d'un processus ou d'une activité s'appuie sur l'analyse du cycle de vie (ACV) définie par la norme ISO14040 (1997). Cette méthode considère toutes les étapes du cycle de vie d'un produit, depuis la production des matières premières, jusqu'à son élimination en fin de vie, en passant par les phases de production, de distribution et d'utilisation. Elle permet de mesurer la contribution du produit au changement climatique (CC) et est utilisée pour déterminer également l'effet sur d'autres impacts environnementaux, qu'ils soient globaux comme la demande en énergie (ENTOT) et l'occupation de surfaces (SOL), ou locaux comme l'eutrophisation (EU) et l'acidification (ACI).

Plusieurs études ont pu montrer que l'aliment est le principal contributeur des impacts environnementaux de la production de viande de porc. Ainsi, Basset-Mens et van der Werf (2005) évaluent cette contribution à, respectivement, 73, 74, 100, 67 et 29 % des impacts CC, ENTOT, SOL, EU et AC, dans le cas de la production porcine conventionnelle. Ce type d'évaluation nécessite de définir précisément la liste des matières premières constitutives de l'aliment, avec leur taux d'incorporation et leur provenance. Ces choix sont très dépendants des situations géographiques des usines de fabrication d'aliment, de leurs conditions d'approvisionnement et des prix de marché des matières premières. Afin d'éclairer cette variabilité de situations, notre étude propose une évaluation des impacts environnementaux CC, ENTOT, SOL, EU et ACI de l'aliment porc, dans différentes configurations de production d'aliments, représentatives de la production de porcs conventionnelle en France. Après cet état des lieux, les possibilités de réduction des impacts CC et EU sont envisagées. Les conséquences sur la composition et le prix des aliments sont étudiées et l'effet sur l'évolution des autres impacts environnementaux est observé.

1. MATERIEL ET METHODES

Les impacts ACV des matières premières constitutives des aliments destinés à des porcs en engraissement sont issus de la base de données ACV des intrants d'élevage du RMT Elevages et Environnement (synthèse bibliographique non publiée, 2012) et complétées au besoin par des calculs d'impacts environnementaux issus de la base de données de l'INRA UMR SAS. Le périmètre de l'évaluation (Figure 1) prend en compte la production des matières premières et de leurs intrants, ainsi que leur transport entre leur lieu de production et l'usine de fabrication des aliments. La fabrication de l'aliment comprenant le broyage et le mélange des matières premières, et l'éventuelle granulation des aliments, ainsi que la livraison à l'élevage et la distribution aux animaux ne sont

pas incluses dans le périmètre de l'étude. Il s'agit par conséquent d'une évaluation au stade de la formulation des aliments.

Pour les usines de fabrication d'aliments, cinq sites virtuels sont choisis en tenant compte de la répartition de la production de porcs sur le territoire national. Les sites sont ainsi implantés à Rennes pour représenter la région Bretagne (BRET), à Toulouse pour la région Midi-Pyrénées (MIPY), à Arras pour la région Nord-Pas-de-Calais (NORD), à Moulins pour la région Centre (CEN) et à Valence pour la région Rhône-Alpes (RHA). Il en résulte une diversité sur le plan des approvisionnements des sites de fabrication en fonction de l'éloignement des zones céréalières, des centres de production de coproduits de céréales, de la proximité des ports et des usines de trituration des oléagineux. Ces sites sont davantage destinés à éclairer une variabilité de situations qu'à illustrer précisément les spécificités régionales. Faute de données suffisantes accessibles, chaque matière première n'a été qualifiée que d'une seule valeur ACV pour chacun de ses impacts, auxquels ont été ajoutés ceux du transport jusqu'au site de fabrication.

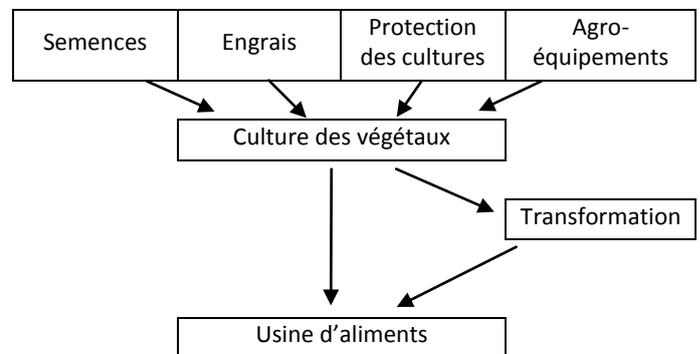


Figure 1 - Périmètre de l'étude

Le transport des matières premières jusqu'aux sites de fabrication est réalisé par camion. L'effet du transport par train est étudié dans le cas de BRET, à partir d'un scénario associant au transport par camion, un transport par train depuis la région Centre de la France (330 km) pour 65 % des besoins en blé et en orge, et depuis la région Ile de France (370 km) pour 60 % des besoins en son et en remoulage de blé. Pour chaque site, trois listes de prix des matières premières, correspondant aux moyennes observées en 2005, 2008 et 2012 sont établies (Tableau 1). Les prix des matières premières les plus élevés sont constatés en 2012, l'année 2008 étant sur ce plan intermédiaire entre les années 2005 et 2012. Ainsi, en prenant pour références les prix du blé et du tourteau de soja, on observe respectivement en 2005, 2008 et 2012, que le prix du blé est de 106, 198 et 231 €/t, et que le prix du tourteau de soja est de 225, 343 et 450 €/t. Des aliments croissance et finition complets sont formulés pour les cinq sites et les trois années. Des aliments complémentaires de 50 % de maïs grain humide (MGH) sont également formulés dans le cas du site BRET. Tous les aliments sont basés sur une concentration énergétique minimale de 9,5 MJ d'énergie nette (EN) par kg et un ratio lysine digestible par unité d'EN pour les phases de croissance et de finition, respectivement, de 0,84 et 0,70 g/MJ. Les caractéristiques nutritionnelles des matières premières proviennent des tables INRA-AFZ (2004). Ce travail permet de réaliser dans un premier temps un état des lieux des impacts environnementaux de formules d'aliments destinés à des porcs en engraissement. A partir de ces situations de références, les aliments sont formulés de façon à diminuer alternativement l'impact de niveau global (CC) et celui de

niveau local (EU), en conservant les mêmes contraintes de formulation pour les nutriments et les matières premières. La réduction maximale de l'impact considéré est recherchée, jusqu'à être dans l'impossibilité de proposer une formule. L'évolution du prix des aliments est notée, ainsi que celle des autres impacts environnementaux. Les relations entre valeurs des impacts environnementaux obtenues et composition des

formules sont décrites. Pour toutes ces évaluations, les aliments sont calculés selon le principe de la formulation à moindre coût. Pour expliquer les résultats à suivre, des valeurs d'impacts de matières premières sont indiquées dans le texte : elles ne tiennent pas compte de leur transport depuis le champ, l'unité de trituration, de transformation des céréales ou le port, jusqu'à l'usine de fabrication.

Tableau 1 - Distances d'approvisionnement (km), limites d'incorporation (%) et prix des matières premières (€/t) par site¹

Matières premières ²	Distances d'approvisionnement, km					Limite maximale d'incorporation, %	Prix, €/t		
	BRET	NORD	MIPY	CEN	RHA		2005	2008	2012
Blé	252	250	342	250	339	50	106	198	231
Orge	252	250	342	250	339	50	113	176	227
Son	262	208	508	280	439	12/15 ⁵	77	137	167
Remoulage	262	208	508	280	439	15	99	169	196
Maïs	372	250	250	250	250	50	114	179	226
Maïs grain humide ³	0	0	0	0	0	50	114	179	226
Sorgho	nd	nd	250	nd	nd	50	116	177	220
Triticale	140	250	448	250	295	5	108	195	235
Drèches de blé	344	183	835	460	641	10	nd	nd	295
Drèches de maïs	675	975	220	680	645	10	nd	nd	314
Pulpes de betteraves	505	175	630	200	500	7	128	221	213
Tourteau de soja	140	125	246	543	695	?	225	343	450
Tourteau de colza	167	229	246	360	459	15/17 ⁵	141	221	285
Tourteau de tournesol	235	125	330	210	238	10/15 ⁵	131	199	232
Pois	253	250	363	271	358	5	132	243	294
Féverole	307	250	410	305	588	10	155	nd	nd
Graine de colza	464	250	548	250	278	5	219	422	499
Graine de tournesol	330	515	410	290	565	5	249	475	500
Huile ⁴	265	125	247	443	688	0,3 ⁶	487	951	1046

¹ nd : non disponible. BRET : Bretagne, NORD : Nord-Pas-de-Calais, MIPY : Midi-Pyrénées, CEN : Centre, RHA : Rhône-Alpes.

² Distance arbitrairement fixée à 500 km pour : carbonate, phosphate, sel, complément oligo-vitamines, acides aminés et phytase.

³ Uniquement pour les aliments complémentaires, le maïs étant ramené à 87 % de matière sèche.

⁴ Composée à parts égales d'huiles de soja et de colza.

⁵ Taux dans les aliments croissance/finition.

⁶ Taux minimal par tonne d'aliment complet et complémentaire fabriquée.

2. ETAT DES LIEUX

Les impacts environnementaux présentés dans le Tableau 2 correspondent aux moyennes des années 2005, 2008 et 2012. En moyenne, la production d'une tonne d'aliment d'engraissement avant fabrication représente des émissions de 536 kg eq. CO₂, 4,2 kg eq. PO₄³⁻ et 3,6 kg eq. SO₂, une demande cumulée en énergie de 4928 MJ et une occupation de surfaces de 1349 m².an.

Compte tenu du fait que le MGH est produit et valorisé sur l'exploitation et qu'il constitue **habituellement** 50 % de la ration, les impacts CC, ENTOT, SOL et ACI sont réduits, respectivement, de 13, 5, 13 et de 39 % avec l'aliment complémentaire de MGH sur le site BRET. L'impact EU est augmenté de 8 % en aliment complémentaire en raison de la fertilisation organique à partir de lisier de porcs retenue pour l'itinéraire technique de production du MGH. Les impacts estimés du MGH par rapport aux céréales telles que le blé ou le maïs expliquent ces écarts : par rapport au blé, le MGH permet de diminuer les impacts CC, ENTOT, SOL et ACI,

respectivement, de 35, 10, 21 et 79 %, mais il dégrade l'impact EU de 24 %. L'impact CC pour une tonne d'aliment complémentaire diminue entre 2005 et 2012, en raison d'une forte réduction de la part de tourteau de soja dans les aliments (de 9,8 à 0,9 %), remplacé par les tourteaux de colza et de tournesol et par les acides aminés de synthèse. Pour les aliments complets, cet impact est stable car le taux d'incorporation du tourteau de soja est nettement inférieur à celui des aliments complémentaires (3 % en 2005 et 0,2 % en 2012).

L'impact ENTOT augmente en 2012 en régions RHA, NORD et CEN (5696 MJ/t en moyenne dans ces trois régions) en raison de l'apparition de drèches de blé dans les formules, dont la valeur ENTOT est quatre à cinq fois supérieure à celle du blé et du tourteau de colza. A l'inverse, l'impact SOL est moindre lorsque cette matière première est présente (respectivement pour les drèches de blé, le blé et le tourteau de colza : 102, 1439 et 1209 m².an/t). On observe une diminution globale de 12 % de l'impact SOL entre 2005 et 2012, qui n'est pas liée uniquement aux drèches ; la part des acides aminés est en augmentation sur cette période, tandis que le taux

d'incorporation des protéagineux recule, et que celui du maïs progresse ; l'impact SOL du maïs (1239 m².an/t) est plus faible que celui du blé (1439 m².an/t) en raison d'un meilleur rendement à l'hectare.

L'impact EU diminue de l'ordre de 5 % entre 2005 et 2008, en raison de la suppression de l'incorporation de protéagineux (taux moyen d'incorporation de 6 % en 2005 pour l'ensemble féverole et pois, avec un impact EU de 9 kg eq. PO₄³⁻/t). Une baisse supplémentaire est observée entre 2008 et 2012 (-3 %), liée à l'introduction des drèches de blé (impact EU de 0,5 kg eq. PO₄³⁻/t) dans les régions NORD, CEN et RHA. L'impact ACI diminue de 11 % entre 2005 et 2012 (l'année 2008 étant intermédiaire). Cette évolution est liée au remplacement du tourteau de soja par les acides aminés ainsi que les tourteaux de colza et de tournesol dont les impacts ACI sont plus faibles (respectivement pour les tourteaux de soja, colza et tournesol : 5,7, 3,6 et 1,7 kg eq. SO₂/t). A ceci s'ajoute la substitution du blé par le maïs, ce dernier ayant un impact ACI réduit par rapport au blé (respectivement 2,9 et 4,4 kg eq. SO₂/t).

Tableau 2 - Impacts environnementaux des aliments complets et complémentaires de 50 % de maïs grain humide (moyenne par région, des années 2005, 2008 et 2012, exprimée par tonne d'aliment)

Site	CC, kg eq. CO ₂	ENTOT, MJ	SOL, m ² .an	EU, kg eq. PO ₄ ³⁻	ACI, kg eq. SO ₂
Complet¹					
CEN	537	4893	1346	4,1	3,7
MIPY	534	4886	1328	4,3	3,4
NORD	535	4910	1361	4,1	3,7
BRET	531	4549	1407	4,2	3,8
RHA	545	5404	1304	4,2	3,5
Moyenne	536	4928	1349	4,2	3,6
Complémentaire 50 % MGH^{1,2}	464	4325	1223	4,5	2,3

¹ Impacts environnementaux pour un aliment au stade de la formulation comprenant 35 % d'aliment croissance et 65 % d'aliment finition. BRET : Bretagne, NORD : Nord-Pas-de-Calais, MIPY : Midi-Pyrénées, CEN : Centre, RHA : Rhône-Alpes.

² Impacts environnementaux d'une tonne d'aliment reconstitué en Bretagne.

La part du transport des matières premières jusqu'à l'usine de fabrication est étudiée à partir de la composition moyenne des aliments complets du site BRET. Le transport par camion depuis le champ, l'usine de fabrication ou le port, représente, respectivement, 9, 18, 0, 1 et 6 % des impacts CC, ENTOT, SOL, EU et ACI. L'utilisation du train selon le scénario décrit précédemment combinant transports par train et par camion sur le territoire français permet de réduire la part du transport pour chacun des impacts CC, ENTOT et ACI de 43 %.

Les acides aminés de synthèse représentent en moyenne pour les aliments complets des cinq sites et des trois années, respectivement, 3, 13, 1, 1 et 2 % des impacts CC, ENTOT, SOL, EU et ACI. Compte tenu de son taux d'incorporation, la lysine de synthèse équivaut à plus de 70 % des impacts de l'ensemble des acides aminés des formules.

Ces résultats montrent que les écarts mesurés entre sites et contextes économiques sont très dépendants des valeurs ACV

des matières premières mobilisées et de leur positionnement relatif. Une comparaison de nos résultats avec d'autres travaux précédents montre des convergences de valeurs en ce qui concerne les impacts CC et EU, mais également des divergences pour les autres impacts.

Ainsi van der Werf *et al.* (2005) obtiennent par tonne d'aliment d'engrais livrée à l'élevage (incluant par conséquent fabrication et livraison) des émissions de 514 kg eq. CO₂, 4,4 kg eq. PO₄³⁻ et 4,5 kg eq. SO₂, une demande cumulée en énergie de 3440 MJ et une occupation de surface de 1675 m².an. De même, Mosnier *et al.* (2011) chiffrent, des émissions de 529 kg eq. CO₂, 4,5 kg eq. PO₄³⁻ et 4,1 kg eq. SO₂, une demande cumulée en énergie de 4450 MJ et une occupation de surface de 1530 m².an par tonne d'aliment d'engrais de type biphase Corpen (au stade de la sortie de l'usine de fabrication). Ces écarts peuvent s'expliquer par des différences de valeurs d'impact attribuées aux matières premières dans chaque étude. Pour l'impact ENTOT, les valeurs affectées aux céréales sont de l'ordre de 2000 MJ/t dans l'étude de van der Werf *et al.* (2005), alors que nous avons retenu des valeurs supérieures : respectivement pour le blé et le maïs 2921 et 3621 MJ/t. Une meilleure prise en compte des différentes sources d'énergie et des processus industriels expliquent ces différences. Pour l'impact ACI, le maïs produit en Bretagne dans l'étude de Mosnier *et al.* (2011) présente un impact ACI de 5,2 kg eq. SO₂/t alors que nos valeurs sont, respectivement, de 2,6 et 1,0 kg eq. SO₂/t pour le maïs et le MGH. Van der Werf *et al.* (2005) considèrent le lisier comme principal fertilisant des cultures de céréales, les impacts ACI sont dans ce cas supérieurs à 5,0 kg eq. SO₂/t. La composition des aliments en lien avec les différents contextes de prix peut également être à l'origine des différences constatées. Dans l'étude de van der Werf *et al.* (2005) le taux d'incorporation du pois, qui est cinq fois supérieur à nos évaluations, explique l'augmentation de l'impact SOL, sachant que cette matière première présente un impact SOL supérieur à celui des céréales et des tourteaux : 1209, 1439 et 2559 m².an/t respectivement pour le tourteau de colza, le blé et le pois. Le taux d'incorporation des coproduits de céréales dont les impacts ACI et SOL sont réduits (599 m².an et 1,9 kg eq. SO₂/t de son de blé) contribuent aussi à expliquer ces différences entre publications ; ces matières premières ne sont pas prises en compte dans l'étude de van der Werf *et al.* (2005).

Cette comparaison à la bibliographie souligne à nouveau la sensibilité des résultats aux données ACV mobilisées. La prise en compte de l'environnement en alimentation animale nécessitera de constituer une base de données consolidées de l'ensemble des intrants alimentaires des élevages.

3. REDUCTION DES IMPACTS

3.1. Changement Climatique

Le potentiel de réduction maximale de l'impact de la fabrication d'aliment complet au CC est en moyenne de 12 % (Tableau 3) et s'accompagne d'une augmentation du prix de ces derniers de 6 %. Le potentiel de réduction est légèrement plus important en 2005 et 2008 qu'en 2012, en raison de la réduction de l'incorporation de tourteau de soja au cours de cette période et de la disponibilité d'un protéagineux supplémentaire, la féverole, en 2005. L'impact CC des protéagineux est de 332 et 252 kg eq. CO₂/t respectivement pour le pois et la féverole, tandis que celui du tourteau de soja

est de 1418 kg eq. CO₂/t. Quel que soit le site, le potentiel de réduction de l'impact CC est similaire. En 2012, les sites de BRET et MIPY affichent cependant une réduction de l'impact CC moins importante, mais leurs niveaux initiaux sont plus faibles que ceux des autres régions en raison de la quasi-absence de drèches de blé. En moyenne, la valeur minimale d'impact CC obtenue est de 474 kg eq. CO₂ par tonne d'aliment. Le remplacement du blé par le maïs, dont l'impact CC est plus faible (respectivement, 502 et 462 kg eq. CO₂/t) explique cette diminution pour les trois années et les cinq sites. En 2005 et 2008, le remplacement du tourteau de soja par ceux de colza et tournesol permet de compléter cette diminution (412 et 272 kg eq. CO₂/t, respectivement pour les tourteaux de colza et de tournesol). Il faut ajouter également le recours aux protéagineux dont l'impact CC est réduit (332 et 252 kg eq. CO₂/t, respectivement pour le pois et la féverole).

La réduction de l'impact CC a des conséquences variables sur les autres impacts. De façon générale, l'impact EU est augmenté de 16 % et l'impact ACI diminué de 19 %. L'augmentation de l'impact EU s'explique essentiellement par le recours aux protéagineux (pois et féverole) dont les valeurs d'impact EU sont élevées. La réduction de l'impact ACI s'explique par le remplacement du blé par le maïs dont la valeur d'impact est plus faible (respectivement 4,2 et 2,6 kg eq. SO₂/t), et par celui du tourteau de soja par ceux de colza et de tournesol (respectivement 5,7, 3,6 et 1,7 kg eq. SO₂/t).

Tableau 3 - Réduction de l'impact sur le changement climatique des aliments complets des années 2005, 2008 et 2012 (moyenne des cinq sites) et conséquences sur les autres impacts¹

Année	CC, kg eq. CO ₂	ENTOT, MJ	SOL, m ² .an	EU, kg eq. PO ₄ ³⁻	ACI, kg eq. SO ₂
2005	464	4594	1457	4,92	2,78
2008	479	4657	1439	4,76	2,96
2012	479	4662	1437	4,76	2,96
Moyenne	474	4638	1445	4,81	2,90

¹ Impacts environnementaux pour un aliment au stade de la formulation comprenant 35 % d'aliment croissance et 65 % d'aliment finition.

L'impact ENTOT est en général peu affecté par la diminution de l'impact CC, à l'exception des sites CEN, NORD et RHA, en 2012. Cette évolution s'explique par la proportion notable de drèches de blé dans les formules initiales, dont les impacts CC et ENTOT sont élevés (791 kg eq. CO₂/t et 16173 MJ/t). Par conséquent, l'exclusion des drèches de blé des formules conduit à de fortes réductions de l'impact ENTOT (en moyenne -20 % pour les trois sites). Pour tous les sites en 2005 et le site BRET en 2008 et 2012, l'impact SOL est peu affecté (< 3 %) par la réduction de l'impact CC. En moyenne, pour les sites CEN, NORD, MIPY et RHA, l'impact SOL est augmenté de 10 % en 2008 et 2012. L'exclusion des drèches de blé précédemment évoquée, dont l'impact SOL est limité (101 m².an/t), permet d'expliquer en partie cette évolution. Mais le recours aux protéagineux et aux tourteaux et graines de tournesol dont les impacts SOL sont parmi les plus élevés des matières premières disponibles (respectivement 2559, 1649, 3041 m².an/t) contribuent également à ces augmentations.

Le potentiel de réduction de l'impact CC est plus limité lorsque des maxima (correspondants aux valeurs obtenues lors de l'état des lieux) sont imposés à tous les autres impacts ; il est

par exemple réduit de moitié environ dans le cas de BRET en aliment complet (-5 et -9 %, respectivement selon les deux méthodes), tandis que le prix des aliments augmente en moyenne de 3 %. Sur le plan de la composition des aliments et par rapport à la méthode employée précédemment (pas de contraintes sur ENTOT, SOL, EU et ACI), il est observé une réduction des taux d'incorporations de maïs, de pois et de tourteau de tournesol, au bénéfice du tourteau de colza, des pulpes de betteraves, des acides aminés et du remoulage.

3.2. Eutrophisation

Le potentiel de réduction de l'impact EU varie selon les années ; respectivement en 2005, 2008 et 2012 : -16, -12 et -21 %. La disponibilité de drèches de blé et de maïs, uniquement en 2012, explique la réduction supplémentaire de l'impact EU observée au cours de cette année (3,16 kg eq. PO₄³⁻/t) par rapport aux années 2005 et 2008 (3,64 kg eq. PO₄³⁻/t). Cependant, les fortes valeurs d'impact CC et ENTOT de ces deux matières premières contribuent à l'augmentation forte des impacts des aliments dans ce cas ; +42 et +18 %, respectivement pour les impacts ENTOT et CC en 2012. En 2005 et 2008, les drèches n'étant pas disponibles, ces impacts augmentent également lorsque l'on cherche à réduire l'impact EU, mais de façon plus limitée ; respectivement pour les impacts CC et ENTOT : +5 et +13 % en 2005, +2 et +5 % en 2008. La réduction supplémentaire de l'impact EU observée en 2005, par rapport à 2008, s'explique par la présence de féverole cette année-là, matière première dont l'impact EU est élevé. Mais au final l'impact EU minimal ne diffère pas entre ces deux années. L'impact SOL est réduit en moyenne de 9 % tandis que l'impact ACI est soit peu modifié (+ 2 % en moyenne en 2005 par exemple), soit augmenté de plus de 10, voire de 20 %, en 2008 et 2012. L'effet sur le prix des aliments de la réduction de l'impact EU est de 6 % en 2012 et 2005, et de 10 % en 2008.

Tableau 4 - Réduction de l'impact eutrophisation des aliments complets des années 2005, 2008 et 2012 (moyenne des cinq sites) et conséquences sur les autres impacts¹

Année	CC, kg eq. CO ₂	ENTOT, MJ	SOL, m ² /an	EU, kg eq. PO ₄ ³⁻	ACI, kg eq. SO ₂
2005	557	5133	1277	3,64	3,91
2008	557	5126	1277	3,64	3,92
2012	621	7432	1128	3,16	3,74
Moyenne	578	5897	1228	3,48	3,86

¹ Impacts environnementaux pour un aliment au stade de la formulation comprenant 35 % d'aliment croissance et 65 % d'aliment finition.

L'évolution de la composition de l'aliment est marquée par la suppression des protéagineux et l'apparition de pulpes de betteraves au taux de 6 à 7 %. Les coproduits de céréales (meunerie et drèches) sont également favorisés. En conséquence, les matières premières concentrées en énergie ou en protéines voient leur taux d'incorporation augmenter. Il en est ainsi pour le tourteau de soja et les acides aminés de synthèse qui remplacent les tourteaux de colza et de tournesol, ainsi que de la graine de tournesol. L'incorporation des pulpes de betteraves contribue notamment à l'augmentation de l'impact ENTOT (7800 MJ/t).

L'augmentation de l'impact ACI plusieurs fois constatée est expliquée par le remplacement du maïs par le blé. La

diminution de l'impact SOL est à relier à l'incorporation de drèches et de pulpes dont les impacts sont réduits : respectivement pour les pulpes de betteraves et les drèches de blé : 41 et 101 m².an/t.

De même que pour l'impact CC, le potentiel de réduction de l'impact EU est limité lorsque des contraintes sont appliquées aux autres impacts ; il est par exemple réduit de 17 % à 4 % dans le cas de BRET en aliment complet. Ce potentiel varie selon l'année (-7, -3 et -1 %, respectivement en 2005, 2008 et 2012) en relation avec la disponibilité des protéagineux. En moyenne, le coût de l'aliment n'augmente que de 1 % (site de BRET).

CONCLUSION

Les résultats des impacts des aliments pour porcs charcutiers de l'état des lieux pour les différents sites et les trois contextes économiques soulignent l'incidence des zones d'implantation des usines de fabrication d'aliment avec leurs distances d'approvisionnement et  types de matières premières mobilisées.

La variabilité identifiée peut être prolongée lorsque les résultats sont comparés à la bibliographie : des convergences et divergences sont relevées. Toute étude sur les impacts environnementaux de l'alimentation animale s'avère très dépendante des valeurs ACV des matières premières utilisées pour lesquelles aucune base de données homogène et complète n'existe encore. La prise en compte opérationnelle des aspects environnementaux par les fabricants d'aliments nécessite une meilleure homogénéisation des valeurs ACV. Le potentiel de réduction maximal de l'impact CC est peu variable selon les conditions étudiées et atteint une valeur

moyenne de 12 %. La réduction de l'impact CC s'accompagne d'une augmentation du prix de l'aliment de 6 % et de conséquences variables pour les autres impacts. L'impact ACI est diminué par des substitutions entre maïs et blé, d'une part, entre tourteaux de soja, de colza et de tournesol, d'autre part, alors que les impacts EU et SOL sont augmentés en raison de l'incorporation accrue de protéagineux. Lorsque l'augmentation des impacts ENTOT, SOL, EU et ACI n'est pas permise, l'impact CC ne peut plus alors être diminué que de 6 %.

Le potentiel de réduction de l'impact EU varie de 12 à 21 % selon les années, en fonction de la disponibilité de drèches et de la présence de protéagineux dans les formules initiales. La réduction de l'impact EU s'accompagne d'une augmentation du prix de l'aliment de 6 à 10 % et entraîne également celles des impacts CC et ENTOT. Dans ce cas, les protéagineux sont supprimés des formules, tandis que les drèches de maïs et de blé et les pulpes de betteraves sont incorporées. Ces dernières permettent une réduction de l'impact SOL mais contribuent à augmenter l'impact ENTOT. De plus, la présence de ces matières premières favorise le recours aux sources concentrées de protéines comme le tourteau de soja. Le potentiel de réduction maximal de l'impact EU est fortement diminué (de 1 à 7 %) lorsque l'augmentation des impacts CC, ENTOT, SOL et ACI n'est pas permise.

Cette étude permet de donner une première indication quant à l'évolution du coût des aliments en cas de prise en compte des impacts environnementaux liés à la production et l'utilisation des matières premières pour la fabrication d'aliments composés, et souligne la difficulté potentielle de réduire tous les impacts simultanément.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Basset-Mens C., van der Werf H.M.G., 2005. Scenario-based environmental assessment of farming systems: the case of pig production in France. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 105, 127-144.
- CITEPA, 2008. Inventaire des émissions de polluants atmosphériques en France – Séries sectorielles et analyses étendues. Rapport d'inventaire National, 247 p.
- Mosnier E., van der Werf H.M.G., Boissy J., Dourmad J.-Y., 2011. Evaluation of the environmental implications of the incorporation of feed-use amino acids in the manufacturing of pig and broiler feeds using Life Cycle Assessment. *Animal*, 5, 1972-1983.
- Tables INRA-AFZ, 2004. Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage. (Ed) Sauvart D., Perez J.-M, Tran G., INRA éditions, 2^{ème} édition, 301 pp.
- van der Werf H.M.G., Petit J., Sanders J., 2005. The environmental impacts of the production of concentrated feed : the case of pig feed in Bretagne. *Agric. Syst.*, 83, 153-177.