



HAL
open science

Amélioration des bilans environnementaux des porcs par la voie alimentaire

Morgane Magnin

► **To cite this version:**

Morgane Magnin. Amélioration des bilans environnementaux des porcs par la voie alimentaire. Sciences agricoles. 2013. dumas-00948662

HAL Id: dumas-00948662

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-00948662>

Submitted on 18 Feb 2014

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.



AGROCAMPUS OUEST
CFR Rennes
65 rue de Saint-Brieuc
CS 84215
35042 Rennes Cedex



IFIP
Siège social :
3/5 rue Lespagnol
75020 Paris

Mémoire de Fin d'Etudes

**Diplôme d'Ingénieur de l'Institut Supérieur des Sciences
Agronomiques, Agroalimentaires, Horticoles et du Paysage**

Année universitaire : 2012 – 2013
Spécialisation : Ingénierie Zootechnique

**Amélioration des bilans environnementaux des porcs par
la voie alimentaire**

Par : Morgane MAGNIN

Volet à renseigner par l'enseignant responsable de la spécialisation

Bon pour dépôt (version définitive)

Date : .../.../... Signature : Autorisation de diffusion : Oui Non

Soutenu à Rennes, le vendredi 20 septembre 2013

Devant le jury :

Sous la présidence de : Catherine DISENHAUS

Maître de stage : Didier GAUDRE

Enseignant référent : Lucile MONTAGNE

Autres membres du jury : Jean-Yves DOURMAD (Rapporteur)

*"Les analyses et les conclusions de ce travail d'étudiant n'engagent que la responsabilité
de son auteur et non celle d'AGROCAMPUS OUEST"*

Fiche de diffusion du mémoire

Aucune confidentialité ne sera prise en compte si la durée n'en est pas précisée.

Préciser les limites de la confidentialité ⁽¹⁾ :

➤ Confidentialité absolue : oui non
(ni consultation, ni prêt)

↳ Si oui 1 an 5 ans 10 ans

➤ A l'issue de la période de confidentialité **ou** si le mémoire n'est pas confidentiel, merci de renseigner les éléments suivants :

Référence bibliographique diffusable ⁽²⁾ : oui non

Résumé diffusable : oui non

Mémoire consultable sur place : oui non

Reproduction autorisée du mémoire : oui non

Prêt autorisé du mémoire : oui non

.....

Diffusion de la version numérique **du résumé** : oui non

↳ Si oui, l'auteur complète l'autorisation suivante :

Je soussignée _____ , *propriétaire des droits de reproduction dudit résumé, autorise toutes les sources bibliographiques à le signaler et le publier.*

Date :

Signature :

Rennes, le

Le maître de stage ⁽³⁾,

L'auteur,

L'enseignant référent,

(1) L'administration, les enseignants et les différents services de documentation d'AGROCAMPUS OUEST s'engagent à respecter cette confidentialité.

(2) La référence bibliographique (= Nom de l'auteur, titre du mémoire, année de soutenance, diplôme, spécialité et spécialisation) sera signalée dans les bases de données documentaires sans le résumé.

(3) Signature et cachet de l'organisme.

Remerciements

Nombreuses sont les personnes qui ont contribué à cette étude et je tiens à les remercier pour l'expérience enrichissante et pleine d'intérêt qu'elles m'ont fait vivre durant ces six mois de stage.

Je remercie grandement Mr Didier Gaudré, mon maître de stage, qui m'a apporté un encadrement précieux et qui m'a fait partager son expérience et ses compétences. Merci aussi pour sa patience, sa disponibilité, ainsi que la confiance qu'il a bien voulu m'accorder dans ce projet.

Je remercie également Sandrine Espagnol, ingénieure d'étude à l'IFIP, et Aurélie Wilfart-Monziols, ingénieure de recherche à l'INRA, pour leur aide et leurs conseils sans lesquels l'évaluation de l'impact environnemental d'un procédé et la méthode de l'Analyse de Cycle de Vie serait pour moi encore un mystère.

Je tiens aussi à remercier Mme Fabienne Gautier, Mr Arnaud Bozec, Mr Patrick Chevillon, Mr Eric Gault et Mr Alain Le Roux, membres du pôle « Viande et charcuteries » de l'IFIP, pour les jours de prélèvement en abattoir ainsi que pour leur bonne humeur durant ces journées.

Je remercie Mathieu Monziols, ingénieur d'étude à l'IFIP, pour sa bonne humeur matinale ainsi que pour la présentation du scanner présent sur la station expérimentale de Romillé.

Enfin, j'adresse tous mes remerciements aux personnes de l'IFIP et les stagiaires pour l'accueil, les services rendus, ainsi que pour la bonne ambiance créée.

Table des matières

Introduction	15
1 – Matériels et méthodes.....	3
1.1 – Matières premières retenues	3
1.2 – Sites des usines de fabrication d’aliment du bétail.....	3
1.3 – Prix des matières premières.....	4
1.4 – Choix du stade physiologique et des formules	4
1.4.1 – Contraintes d’incorporation des matières premières	4
1.4.2 – Contraintes nutritionnelles.....	5
1.4.3 – Types d’aliments formulés	5
1.5 – Impacts environnementaux étudiés	5
1.5.1 – Valeurs d’impact environnemental des matières premières	6
1.5.2 – Modalités de transport des matières premières.....	6
1.6 – Méthode de formulation	7
2 – Résultats	7
2.1 – Etat des lieux	7
2.1.1 – Changement climatique	7
2.1.3 – Occupation des sols	8
2.1.4 – Eutrophisation	8
2.3 – Réduction des potentiels d’impact des formules sur l’environnement.....	10
2.3.1 – Changement climatique	10
2.3.2 – Demande en énergie totale	10
2.3.3 – Occupation des sols	12
2.3.4 – Eutrophisation	12
2.3.5 – Acidification.....	12
2.4 – Relations entre les différents impacts environnementaux	12
2.4.1 – Réduction de l’impact changement climatique	12
2.4.2 – Réduction de la demande en énergie	13
2.4.3 – Réduction de l’occupation des sols	13
2.4.4 – Réduction de l’impact eutrophisation.....	13
2.4.5 – Réduction de l’impact acidification.....	13
3 – Discussion	13
Conclusion	19

Liste des abréviations

ACI : Potentiel d'acidification

ALL : Département de l'Allier

CC : Changement climatique

CED : Demande en énergie totale (Cumulative Energy Demand)

CO₂ : Dioxyde de carbone

EUT : Potentiel d'eutrophisation

IFIP : Institut de la Filière Porcine

MIPY : Région Midi-Pyrénées

NH₃ : Ammoniac

NOR : Région Nord

NO_x : Oxydes d'azote

SOL : Potentiel d'occupation des sols

PO₄³⁻ : Ion phosphate

PRG : Pouvoir de Réchauffement Global

REN : Ville de Rennes

RHA : Région Rhône-Alpes

SO₂ : Dioxyde de soufre

Liste des illustrations

Tableau 1 - Matières premières disponibles pour la formulation des aliments

Tableau 2 - Cheptel porcin en 2008 selon les régions françaises (Agreste, 2008)

Tableau 3 - Contraintes d'incorporation sur les matières premières imposées lors de la formulation des aliments (en kg/T d'aliment)

Tableau 4 - Valeurs nutritionnelles des aliments

Tableau 5 – Impacts environnementaux des modes de transport

Tableau 6 - Impacts des formules d'aliment complet et complémentaire sur l'impact CC selon les régions et les contextes de prix (en kg CO₂éq/tonne d'aliment)

Tableau 7 - Impacts des formules d'aliment complet et complémentaire sur l'impact CED selon les régions et les contextes de prix (en MJ/tonne d'aliment)

Tableau 8 - Impacts des formules d'aliment complet et complémentaire sur l'impact SOL selon les régions et les contextes de prix (en m²/an/tonne d'aliment)

Tableau 9 - Impacts des formules d'aliment complet et complémentaire sur l'impact EUT selon les régions et les contextes de prix (en kg PO₄³⁻éq/tonne d'aliment)

Tableau 10 - Impacts des formules d'aliment complet et complémentaire sur l'impact ACI selon les régions et les contextes de prix (en kg SO₂éq/tonne d'aliment)

Tableau 11 - Contribution du transport à l'impact des aliments sur le changement climatique selon les régions et les scénarios de transport en moyenne sur les trois années étudiées

Tableau 12 - Contribution du transport à l'impact des aliments sur la demande en énergie selon les régions et les scénarios de transport en moyenne sur les trois années étudiées

Tableau 13 - Contribution du transport à l'impact des aliments sur l'eutrophisation selon les régions et les scénarios de transport en moyenne sur les trois années étudiées

Tableau 14 - Contribution du transport à l'impact des aliments sur l'acidification selon les régions et les scénarios de transport en moyenne sur les trois années étudiées

Tableau 15 - Contribution du transport à l'impact des aliments sur l'occupation des sols selon les régions et les scénarios de transport en moyenne sur les trois années étudiées

Tableau 16 – Impact CC de l'aliment complet : réduction maximale obtenue par région et effet sur le prix

Tableau 17 - Impact CC de l'aliment complémentaire : réduction maximale obtenue par région et effet sur le prix

Tableau 18 - Impact CED de l'aliment complet : réduction maximale obtenue par région et effet sur le prix

Tableau 19 - Impact CED de l'aliment complémentaire : réduction maximale obtenue par région et effet sur le prix

Tableau 20 - Impact SOL de l'aliment complet : réduction maximale obtenue par région et effet sur le prix

Tableau 21 - Impact SOL de l'aliment complémentaire : réduction maximale obtenue par région et effet sur le prix

Tableau 22 - Impact EUT de l'aliment complet : réduction maximale obtenue par région et effet sur le prix

Tableau 23 - Impact EUT de l'aliment complémentaire : réduction maximale obtenue par région et effet sur le prix

Tableau 24 - Impact ACI de l'aliment complet : réduction maximale obtenue par région et effet sur le prix

Tableau 25 - Impact ACI de l'aliment complémentaire : réduction maximale obtenue par région et effet sur le prix

Tableau 26 – Réduction CC : effets sur les impacts CED, EUT, ACI et SOL

Tableau 27 - Réduction CED : effets sur les impacts CC, EUT, ACI et SOL

Tableau 28 – Réduction SOL : effets sur les impacts CC, CED, EUT, ACI

Tableau 29 - Réduction EUT : effets sur les impacts CC, CED, ACI et SOL

Tableau 30 - Réduction ACI : effets sur les impacts CC, CED, EUT et SOL

Figure 1 - Evolution de l'impact des formules d'aliment complet sur l'impact CC (scénario « Route »).

Figure 2 - Evolution de l'impact des formules d'aliment complémentaire sur l'impact CC (scénario « Route »)

Figure 3 - Evolution de l'impact des formules d'aliment complet sur l'impact CED (scénario « Route »)

Figure 4 - Evolution de l'impact des formules d'aliment complémentaire sur l'impact CED (scénario « Route »)

Figure 5 - Evolution de l'impact des formules d'aliment complet sur l'impact SOL (scénario « Route »)

Figure 6 - Evolution de l'impact des formules d'aliment complémentaire sur l'impact SOL (scénario « Route »)

Figure 7 - Evolution de l'impact des formules d'aliment complet sur l'impact EUT (scénario « Route »)

Figure 8 - Evolution de l'impact des formules d'aliment complémentaire sur l'impact EUT (scénario « Route »).

Figure 9 - Evolution de l'impact des formules d'aliment complet sur l'impact ACI (scénario « Route »)

Figure 10 - Evolution de l'impact des formules d'aliment complémentaire sur l'impact ACI (scénario « Route »)

Introduction

Le secteur agricole, notamment l'élevage, est aujourd'hui tenu pour responsable de nombreux dommages environnementaux. La concentration des activités agricoles et l'augmentation de la taille des exploitations causent en effet des dégradations de la qualité des eaux, de l'air et des sols (Basset-Mens et van der Werf, 2005). Le CITEPA indique par exemple que l'agriculture est responsable de 19% des émissions mondiales de Gaz à Effet de Serre (GES), l'élevage représentant 46% des émissions d'origine agricole (Espagnol et al., 2009).

Afin de réduire l'impact des productions animales sur l'environnement, l'évaluation de l'impact environnemental à l'échelle de l'élevage est nécessaire. Plusieurs méthodes d'évaluation existent dont la méthode de l'Analyse de Cycle de Vie (ACV). Selon l'ADEME, l'ACV est une méthode d'évaluation des impacts environnementaux d'un produit, d'un service ou d'un procédé. Elle considère toutes les étapes du cycle de vie, depuis l'extraction des matières premières jusqu'à l'élimination en fin de vie, en passant par les phases de distribution et d'utilisation. L'évaluation de l'impact environnemental par la méthode de l'ACV permet de prendre en compte différents impacts environnementaux globaux notamment le changement climatique, la demande en énergie, l'occupation des sols ainsi que des impacts régionaux comme l'eutrophisation et l'acidification par exemple.

Grâce à cette méthode, des études ont pu montrer que la production d'aliment était l'un des contributeurs majeurs des impacts environnementaux de la production porcine (Nguyen et al., 2012 ; Espagnol et al., 2012 ; Eriksson et al., 2005 ; Basset-Mens et van der Werf, 2005). En effet, la production d'aliment contribuerait selon les références, par kilogramme de viande de porc produite, de 47 à 85% de l'impact changement climatique, de 57 à 97% de l'impact eutrophisation, de 64 à 96% de la demande en énergie totale, de 69 à 100% de l'occupation des sols et de 28 à 38% de l'impact acidification (Basset-Mens et van der Werf, 2005 ; Pelletier, 2008 ; Eriksson et al., 2005 ; Cederberg et al., 2009 cité par Eriksson et al., 2005 ; Boggia et al., 2010 cité par Eriksson et al., 2005 ; Espagnol et al., 2012 ; Blonk et al., 1997 cité par van der Werf, 2005 ; Carlsson-Kanyama, 1998, cité par van der Werf, 2005).

Le travail effectué dans le cadre de ce stage consiste à évaluer les impacts environnements de la production d'aliment dans différents contextes et de mesurer dans quelles proportions et quelles conditions de prix, il serait possible de les diminuer. Sur cette question ont été abordés dans la bibliographie l'intérêt par exemple de la production locale de céréales, c'est-à-dire à proximité de l'élevage consommateur des aliments, ou d'étudier les possibilités de substitution au tourteau de soja brésilien, en ayant recours aux protéagineux, aux tourteaux d'oléagineux produits sur le territoire national, ainsi qu'aux acides aminés de synthèse. Van der Werf et al. (2005) ont montré que l'utilisation de matières premières produites localement entraîne une baisse des impacts « Changement climatique », « Acidification » et « Demande en énergie ». Néanmoins, le problème peut apparaître plus complexe. Ainsi, Rigolot et al. (2009) indiquent qu'une matière première produite localement peut induire par la même occasion la hausse d'autres impacts (cas de l'eutrophisation notamment).

La réduction des impacts de la production d'aliment, si elle est possible, peut dépendre de plusieurs critères. En effet, les contextes d'approvisionnement des usines, avec notamment l'éloignement des ports, peuvent influencer la contribution du transport aux différents impacts. Si tel est le cas la baisse de l'impact environnemental de la fabrication de l'aliment dépend alors des régions de production. Ensuite, les années, au cours desquelles les prix des matières premières varient, influencent la composition des formules et ainsi les impacts

environnementaux de ces dernières (Nguyen et al., 2012). Enfin, en élevage porcin plusieurs types d'aliments peuvent être distribués. L'aliment livré peut être complet ou constituer un complémentaire de céréales produites sur l'exploitation (cas notamment du maïs grain humide). Ces deux types d'aliments ne sont pas composés des mêmes matières premières et ont sans doute des impacts environnementaux différents ; aucune évaluation n'ayant été faite sur ce point jusqu'à présent.

Si à l'heure actuelle des études ont montré que la réduction de l'impact environnemental de la production porcine par la voie alimentaire était possible (van der Werf et al., 2005 ; Mosnier et al., 2011 ; Espagnol et al., 2012 ; Garcia-Launay et al., 2013), aucune étude n'a, à notre connaissance, envisagé de le faire par le biais de la formulation des aliments.

C'est pourquoi l'IFIP, en partenariat avec d'autres organismes, a décidé de mener ce projet dont le but est notamment d'optimiser les formules des aliments sous contrainte environnementale afin d'améliorer les bilans environnementaux des produits animaux. Le travail réalisé au cours de ce stage constitue une phase préparatoire à ce programme. Ainsi l'objet de la présente étude est 1) de réaliser un état des lieux de l'impact environnemental au vu des pratiques actuelles en termes de composition des aliments porcs à l'engrais et des sources d'approvisionnement dans différents contextes de prix pour cinq impacts environnementaux, à savoir le changement climatique, la demande en énergie totale, l'occupation des sols, l'eutrophisation et l'acidification, 2) d'identifier la contribution du transport à chacun des impacts considérés, 3) de déterminer les diminutions possibles de chacun des impacts sans dégradation de la valeur nutritionnelle des aliments et 4) étudier les relations entre ces impacts.

Tableau 1 - Matières premières disponibles pour la formulation des aliments

Céréales	Coproduits de céréales	Tourteaux	Oléo-protéagineux	Huiles	Acides Aminés	Autres
Blé	Son de blé	Soja	Pois	Huile de soja	Lysine	Mélasses de canne
Maïs	Remoulage de blé	Colza	Féverole	Huile de colza	Thréonine	Pulpes de betterave
Maïs grain humide	Gluten feed de blé	Tournesol	Graine de tournesol		Méthionine	Phytase
Sorgho	Drèches de blé		Graine de colza		Tryptophane	Sel
Orge	Drèches de maïs					Phosphates bicalcique et monocalcique
Triticale						Carbonate de calcium

Tableau 2 - Cheptel porcin en 2008 selon les régions françaises (Agreste, 2008)

Région	Effectif porcin
Bretagne	8 338 000
Pays de la Loire	1 713 000
Basse-Normandie	561 000
Nord Pas de Calais	524 000
Midi-Pyrénées	477 000
Aquitaine	467 000
Poitou-Charentes	376 000
Centre	375 000
Rhône-Alpes	346 000
Auvergne	288 000
Champagne-Ardenne	188 000
Bourgogne	187 000
Picardie	181 000
Haute-Normandie	157 000
Limousin	147 000
Franche-Comté	120 000
Lorraine	113 000
Alsace	93 000
Corse	59 000
Provence-Alpes Côte d'Azur	56 000
Languedoc-Roussillon	33 000
Ile de France	7 000

1 – Matériels et méthodes

Cette étude s'intéresse aux cinq impacts environnementaux suivants : le changement climatique, l'eutrophisation, l'acidification, la demande en énergie totale et l'occupation des sols. Les aliments ont été formulés à partir des matières premières nécessaires à la fabrication d'un aliment porc pour lesquelles des valeurs d'impacts environnementaux ont pu être calculées. Cinq sites de fabrication d'aliment répartis sur le territoire national et tenant compte de la localisation de la production porcine actuelle ont été retenus. Les régions retenues sont la Bretagne (usine située à proximité de Rennes), Midi-Pyrénées (Toulouse), Nord-Pas-de-Calais, Rhône-Alpes et Auvergne (département de l'Allier). Pour réaliser l'état des lieux des impacts environnementaux des formules d'aliment porc charcutier, trois années de prix ont été prises en comptes (2005, 2008 et 2012). Des prix régionaux correspondant aux 5 sites de fabrication ont été relevés pour chacune de ces trois années. Enfin l'étude porte sur deux cas d'aliment porc : un aliment complet et un aliment complémentaire de 50% de maïs grain humide produit par l'exploitation agricole.

1.1 – Matières premières retenues

La liste de matières premières retenues est présentée dans le tableau 1. Outre les céréales principales (blé, maïs et orge), des céréales secondaires (en termes de volumes de production) comme le sorgho et le triticale sont intégrées à l'étude. Le maïs est proposé sous les formes sèche et humide (ensilage de maïs humide), cette dernière étant très utilisée dans les élevages de porcs équipés de machine à soupe. Parmi l'ensemble des coproduits du blé et du maïs, ceux de la meunerie (son et remoulage de blé), de l'amidonnerie (gluten feed de blé) et des biocarburants (drêches de maïs et de blé) sont inclus dans l'étude. L'apport en protéines des aliments est assuré par les trois tourteaux principaux ainsi que des protéagineux: tourteaux de colza, de soja et de tournesol non décortiqué ou semi-décortiqué, pois et féverole. Les sources de matières grasses sont représentées par les graines de colza et de tournesol, ainsi que par les huiles végétales. Dans le cas des huiles il a été décidé de formuler les aliments avec une huile moyenne composée pour moitié d'huile de colza et pour l'autre moitié d'huile de soja afin de se rapprocher des pratiques actuelles (utilisation soit de l'huile de soja soit de l'huile de colza selon les prix et les usines d'aliment, les deux situations se rencontrant régulièrement). Le prémix est considéré comme composé de 50% de carbonate de calcium.

1.2 – Sites des usines de fabrication d'aliment du bétail

Les régions Bretagne, Midi-Pyrénées et Nord-Pas-de-Calais ont été choisies car elles sont représentatives de la production, l'Ouest, le Sud-ouest et le Nord de la France regroupant près de 80% de la production porcine française (tableau 2). L'usine de l'Allier a été retenue afin d'étudier une usine proche des plaines de céréales. Enfin la région Rhône-Alpes a été choisie pour pouvoir couvrir l'ensemble du territoire français.

L'approvisionnement en matières premières pour chacune des usines a fait l'objet d'une estimation conjointe avec des professionnels de l'alimentation animale. Cet approvisionnement est présenté en annexe 1. La proximité des sources d'approvisionnement varie selon les usines et les matières premières.

Tableau 3 - Contraintes d'incorporation sur les matières premières imposées lors de la formulation des aliments (en kg/T d'aliment).

	Complet		Complémentaire	
	Minimum	Maximum	Minimum	Maximum
Blé		500		500
Maïs		500	500	500
Orge		500		500
Sorgho		50		50
Triticale		50		50
Son de blé tendre		120 (CR) / 150 (FIN)		120 (CR) / 150 (FIN)
Remoulage de blé tendre		150		150
Gluten feed de blé		150		150
Drèches de blé		100		100
Drèches de maïs		100		100
Fèverole blanche		50		50
Pois		100 (2005 et 2008) /		100 (2005 et 2008) /
Graine de colza		30		30
Graine de tournesol		40		40
Tourteau de colza		150 (CR) / 170 (FIN)		150 (CR) / 170 (FIN)
Tourteau de soja				
Tourteau de tournesol		100 (CR) / 150 (FIN)		100 (CR) / 150 (FIN)
Tourteau de tournesol		100 (CR) / 150 (FIN)		100 (CR) / 150 (FIN)
Pulpe de betterave				
Huile Végétale	3	5	1,5	2
Carbonate de calcium				
Phosphate bicalcique				
Sel	4	4	4	4
Prémix	5	5	5	5
Lysine				
Méthionine				
Thréonine				
Tryptophane				
Phytase microbienne		0,2		0,2

Par exemple le blé utilisé par l'usine de Rennes provient à 35% d'un approvisionnement local et à 65% de la région Centre. Par contre, le blé utilisé par l'usine du Nord-Pas-de-Calais provient à 100% d'un approvisionnement local. Un approvisionnement local est défini par une distance maximale entre le lieu de production de la matière première (champ ou usine de transformation) et l'usine de fabrication d'aliment. Afin de tenir compte des particularités d'approvisionnement de chaque région, cette distance maximale est fixée à 100 km dans le cas de Rennes, alors que et pour les autres usines cette distance est de 250 km.

1.3 – Prix des matières premières

Pour chaque matière première, des prix de marché régionaux ont été relevés à partir du journal La Dépêche. Pour les matières premières ne disposant pas de prix rendu dans une région considérée, un coût du transport nécessaire à l'acheminement des matières premières jusqu'à l'usine de fabrication d'aliment a été ajouté. Ce prix de transport a été estimé à partir des distances entre lieux de production des matières premières et les sites de fabrication des aliments. Le détail des prix de chaque matière première est présenté en annexe 2.

Les années retenues pour cette étude se différencient par des prix de blé, de maïs et de tourteau de soja bas en 2005 et élevés en 2012, l'année 2008 présentant une situation intermédiaire.

1.4 – Choix du stade physiologique et des formules

Les aliments formulés dans cette étude sont des aliments destinés à des porcs charcutiers. Des formules pour porcs en croissance (de 25 à 65 kg de poids vif) et en finition (de 65 à 115 kg de poids vif) ont été calculées. Les compositions des aliments présentés ci-dessous tiennent compte d'une répartition entre ces deux aliments pour l'engraissement des porcs ; respectivement 35% d'aliment croissance et 65% d'aliment finition.

1.4.1 – Contraintes d'incorporation des matières premières

Afin d'être cohérent avec les pratiques d'une usine de fabrication d'aliment, des contraintes d'incorporation sur les matières premières ont été imposées lors de la formulation des aliments (tableau 3). L'incorporation du blé, du maïs et de l'orge est limitée à 50%. Celle des tourteaux varie selon le stade physiologique et la nature du tourteau : les tourteaux de colza et de tournesol sont limités à 150 kg/T et 100 kg/T dans l'aliment croissance et à 170 kg/T et 150 kg/T dans l'aliment finition respectivement. L'incorporation du tourteau de soja n'est pas plafonnée. Le son de blé est limité à 120 kg/T et 150 kg/T dans les aliments croissance et finition respectivement. L'incorporation du pois dépend des années : en 2005 et 2008 il était suffisamment disponible pour l'alimentation animale pour être incorporé à hauteur de 100 kg/T alors qu'en 2012 sa disponibilité a diminué et son incorporation a été limitée à 30 kg/T.

Certaines matières premières n'ont pas été prises en compte lors de la formulation des aliments dans certains cas ; cela est indiqué dans les tableaux récapitulants les prix des ingrédients pour les trois années (annexe 2). Ces particularités ont été établies « à dire d'experts ». Ainsi, le sorgho n'est disponible que pour la région Midi-Pyrénées. Les drêches de blé et de maïs sont mises à disposition seulement pour l'année 2012. En ce qui concerne la féverole elle n'a été prise en compte qu'en 2005.

Tableau 4 - Valeurs nutritionnelles des aliments

	Croissance	Finition
Matières azotées totales (g/kg)	150	135
Lysine digestible (g/kg)	8,00	6,65
Energie Nette (kcal)	2270	2270
Lysine dig./Energie Nette (g)	0,84	0,70
Méthionine dig./Lysine dig. (%)	28	28
Thréonine dig./Lysine dig. (%)	60	60
Tryptophane dig./Lysine dig. (%)	18	18
Calcium (g/kg)	6,5	6,5
Phosphore total (g/kg)	4,8	4,4
Phosphore digestible (g/kg)	2,2	1,8

Un minimum d'incorporation de 3 kg/T d'aliment complet ou de 1,5 kg/T d'aliment complémentaire pour l'huile végétale a été imposé afin de limiter la freinte des usines et améliorer le rendement général de la production des aliments.

1.4.2 – Contraintes nutritionnelles

Les valeurs nutritionnelles des aliments formulés sont présentées dans le tableau 4. Les aliments croissance et finition sont formulés pour un niveau d'énergie de 2270 kcal d'énergie nette par kilogramme d'aliment et une teneur en matières azotées totales minimales de 150 et 135 g/kg respectivement. Le ratio lysine digestible/énergie nette de 0,84 g/MJ EN pour l'aliment croissance et de 0,70 pour l'aliment finition.

1.4.3 – Types d'aliments formulés

La formulation a été réalisée sur la base d'aliments complets et d'aliments complémentaires. Ces derniers mélangés à la même quantité de maïs grain humide (ramené à 87% de matière sèche) permettent de constituer un aliment complet pour porc charcutier sur la base des mêmes valeurs nutritionnelles que l'aliment complet.

1.5 – Impacts environnementaux étudiés

L'impact « changement climatique », ici exprimé en kilogramme de dioxyde de carbone (CO₂) équivalent par tonne d'aliment porc charcutier, est lié aux émissions de gaz à effet de serre (CO₂, méthane, oxyde d'azote) dans l'air. Il est mesuré grâce au Potentiel ou Pouvoir de Réchauffement Global (PRG) lié à la production d'un produit. Le PRG est selon l'Insee un indicateur qui « vise à regrouper sous une seule valeur l'effet additionné de toutes les substances contribuant à l'accroissement de l'effet de serre ». Dans cette étude on utilise le PRG sur 100 ans, noté PRG 100, c'est à dire que les pouvoirs de réchauffement des gaz pris en compte sont calculés sur une période de cent ans.

La demande en énergie mesure la quantité d'énergie nécessaire à la vie d'un produit, de sa fabrication à sa destruction. Il est possible de quantifier deux types d'énergie : la demande en énergie fossile ou la demande en énergie totale. La première ne prend en compte que les énergies non renouvelables tandis que la seconde prend en compte les énergies fossiles et les énergies renouvelables c'est à dire l'énergie solaire ou éolienne par exemple.

L'occupation des sols évalue la perte de terre en tant que ressource : lorsque les surfaces sont consacrées aux cultures elles sont alors occupées et indisponibles, au moins de façon temporaire.

Le potentiel d'eutrophisation concerne les impacts potentiels d'émissions excessives de macro-nutriments dans l'environnement, notamment les nitrates et les phosphates. Ces émissions sont responsables de la dégradation des milieux aquatiques en raison d'un développement excessif d'algues. Cet impact est exprimé en kilogramme d'ion phosphate (PO₄³⁻) équivalent par tonne d'aliment porc charcutier.

L'impact lié à l'acidification, exprimé en kilogramme de dioxyde de soufre (SO₂) par tonne d'aliment porc charcutier, permet de caractériser la quantité de substances rejetées dans l'atmosphère qui contribuent aux phénomènes d'acidification des milieux (dioxyde de soufre (SO₂), oxydes d'azote (NO_x) et ammoniac (NH₃) principalement).

Pour chaque impact, l'indicateur est déterminé en multipliant les ressources agrégées utilisées et les émissions de chaque substance agglomérées par un facteur de caractérisation pour chaque catégorie d'impact auquel il est susceptible de contribuer. Les données utilisées pour les matières premières sont extraites de publications ou issues de communications

Tableau 5 – Impacts environnementaux des modes de transport

	Changement climatique (kg CO ₂ éq/km)	Demande en énergie (MJ éq/km)	Eutrophisation (kg PO ₄ ³⁻ éq/km)	Acidification (kg SO ₂ éq/km)	Occupation des sols (m ² /an/km)
Route	0,18519	3,04134	0,00023	0,00089	0,00271
Train	0,03951	0,75073	0,00010	0,00021	0,00187

personnelles. Pour ce travail, il a été veillé à l'homogénéité des méthodes et des références utilisées pour le calcul des impacts environnementaux. Les méthodes de calcul pour les différents impacts sont détaillées en annexe 3. Les valeurs d'impact liées aux aliments porc charcutier sont exprimées pour une tonne d'aliment.

1.5.1 – Valeurs d'impact environnemental des matières premières

Pour la plupart de ces matières premières les valeurs d'impact choisies sont des valeurs moyennes nationales, « sortie champ » ou « sortie usine » dans le cas des tourteaux, des coproduits et des ingrédients à faible taux d'incorporation. Ces valeurs d'impacts sont présentées en annexe 4. La majorité des données sont issues des publications de van der Werf et al. (2005), Mosnier et al. (2011) et Nguyen et al. (2012) ainsi que des données proposées par le RMT « Elevages et environnement ». Le maïs grain humide dispose de ses propres valeurs d'impacts environnementaux différentes de celles du maïs sec. Il s'agit de valeurs moyennes nationales et le maïs grain humide est produit de la même manière quelle que soit la région considérée (maïs non irrigué, fertilisation organique et pas de séchage par définition). Les valeurs d'impact du tourteau de soja tiennent compte de la déforestation en considérant que deux tiers en sont issus. En ce qui concerne le tourteau de tournesol, il n'y a pas eu de distinction entre le tourteau de tournesol non décortiqué et le tourteau de tournesol semi décortiqué puisque les données ne sont disponibles que pour le tourteau de tournesol moyen français, c'est à dire pour le tourteau de tournesol non décortiqué. Pour les coproduits les données ont été calculées à partir d'une allocation massico-économique. Les valeurs d'impact de l'huile végétale correspondent à une moyenne entre l'huile de colza et l'huile de soja. Les impacts environnementaux du prémix correspondent à 50% des impacts du carbonate de calcium. Les valeurs d'impact attribuées aux matières premières d'origine belge sont les mêmes que celles des matières premières françaises. D'après les hypothèses sur les approvisionnements en matières premières (annexe 1) cela concerne 35% des drêches de blé, 100% du tourteau de soja et 100% de l'huile végétale disponibles pour l'usine de la région Nord ainsi que 50% de l'huile végétale et 50% du tourteau de soja disponibles pour les usines de l'Allier et de Rhône-Alpes.

1.5.2 – Modalités de transport des matières premières

Deux scénarios pour le transport des matières premières du champ ou de l'usine de transformation à l'usine d'aliment sont étudiés afin d'une part de connaître la contribution du transport aux impacts environnementaux de l'aliment et d'autre part de comparer le transport par route ou par train. Dans le premier scénario toutes les matières premières sont acheminées en camion à l'usine d'aliment alors que dans le second scénario, les céréales et les issues de meunerie (son et remoulage de blé) non locales sont transportées en train tandis que toutes les autres matières premières sont acheminées en camion à l'usine d'aliment. Nous avons considéré que la réalité des modalités d'approvisionnement d'une usine devait se situer entre ces deux scénarios extrêmes. Les distances en kilomètres entre le site de production et l'usine d'aliment sont estimées d'après Google Maps. Ces distances sont indiquées en annexe 1. Aucun transport n'est affecté pour les ingrédients à faible taux d'incorporation. Le type de camion considéré est d'une capacité de transport de 16 à 32 tonnes. Lors d'un transport en train les kilomètres associés sont les mêmes kilomètres que pour un transport en camion. Les valeurs d'impacts utilisés pour les deux modes de transport sont présentées dans le tableau 5.

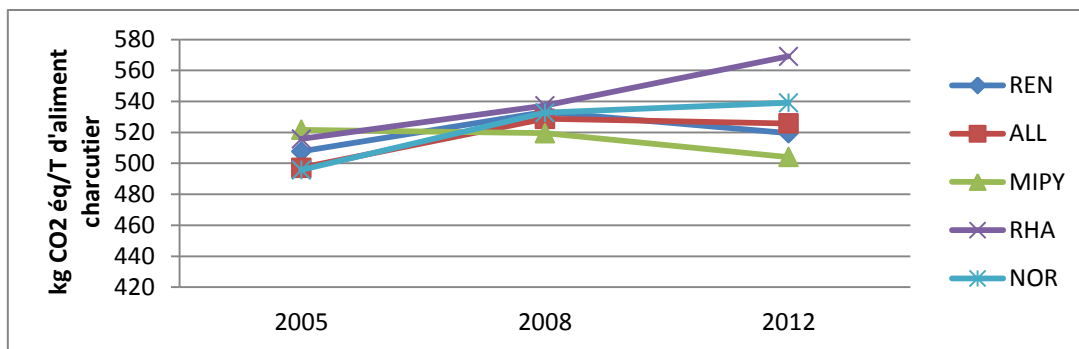


Figure 1 - Evolution de l'impact des formules d'aliment complet sur l'impact CC (scénario « Route »).

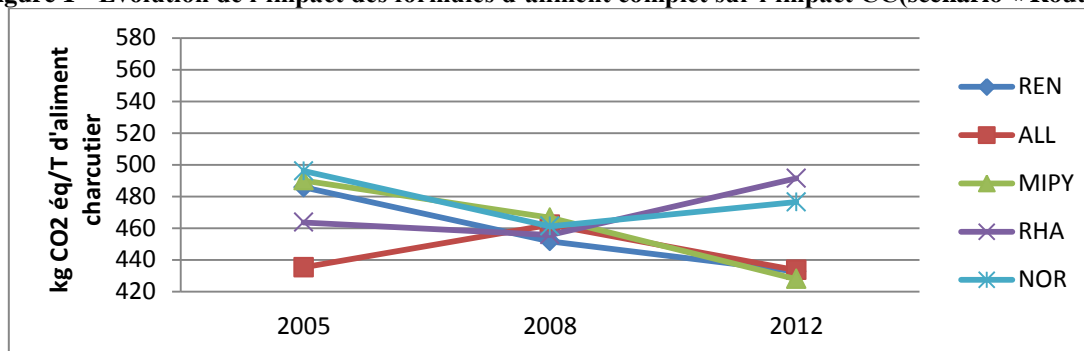


Figure 2 - Evolution de l'impact des formules d'aliment complémentaire sur l'impact CC (scénario « Route »).

Tableau 6 - Impacts des formules d'aliment complet et complémentaire sur l'impact CC selon les régions et les contextes de prix (en kg CO₂eq/tonne d'aliment).

	Complet		Complémentaire	
	Valeur	Evolution	Valeur	Evolution
Rennes 2005	508		486	
Rennes 2008	533	26	452	-34
Rennes 2012	519	-14	433	-19
<i>Rennes 2005-2012</i>	<i>520</i>	<i>12</i>	<i>457</i>	<i>-53</i>
Midi-Pyr. 2005	522		490	
Midi-Pyr. 2008	519	-2	467	-24
Midi-Pyr. 2012	504	-15	428	-39
<i>Midi-Pyr. 2005-2012</i>	<i>515</i>	<i>-18</i>	<i>462</i>	<i>-62</i>
Rh.-Alpes 2005	516		464	
Rh.-Alpes 2008	537	22	456	-8
Rh.-Alpes 2012	569	32	491	36
<i>Rh.-Alpes 2005-2012</i>	<i>541</i>	<i>53</i>	<i>470</i>	<i>28</i>
Allier 2005	497		435	
Allier 2008	529	32	462	27
Allier 2012	526	-3	434	-29
<i>Allier 2005-2012</i>	<i>517</i>	<i>29</i>	<i>444</i>	<i>-2</i>
Nord 2005	496		496	
Nord 2008	533	37	461	-35
Nord 2012	539	6	477	15
<i>Nord 2005-2012</i>	<i>523</i>	<i>43</i>	<i>478</i>	<i>-20</i>
<i>Moyenne 2005</i>	<i>508</i>		<i>474</i>	
<i>Moyenne 2008</i>	<i>530</i>	<i>23</i>	<i>459</i>	<i>-15</i>
<i>Moyenne 2012</i>	<i>532</i>	<i>1</i>	<i>452</i>	<i>-7</i>
<i>Moyenne 2005-2012</i>	<i>523</i>	<i>24</i>	<i>462</i>	<i>-22</i>

1.6 – Méthode de formulation

Toutes les formules sont calculées sur la base de la méthode de formulation à moindre prix et du logiciel PORFAL. Un premier état des lieux est réalisé à partir des formules calculées selon les différents contextes de régions, d'années et d'aliments. Puis, afin d'étudier les possibilités de réduction des impacts environnementaux, ces derniers sont réduits pas à pas à partir de leurs valeurs initiales calculées préalablement. Pour ces calculs, seule est prise en compte l'année 2012 et les valeurs d'impacts obtenues avec le transport du scénario « Route et Train ». La réduction des impacts est ensuite entreprise jusqu'à l'obtention de formules incohérentes d'un point de vue nutritionnel. Les conséquences de cette réduction d'impact sont examinées sur le plan du prix et de la composition des formules, en maintenant constantes les limites d'incorporation des matières premières. Ces calculs permettent d'établir les liens éventuels entre les différents impacts étudiés. Cette dernière étape n'a été effectuée uniquement dans le cas de l'aliment complet. Toutes les formules sont présentées dans les annexes 5 à 16.

2 – Résultats

2.1 – Etat des lieux

Dans cette partie seul le scénario « Route » sera analysé, le scénario « Route et train » sera étudié dans le paragraphe de la contribution du transport. Les figures 1 à 10 indiquent les évolutions des impacts environnementaux au cours des années pour les différentes régions.

2.1.1 – Changement climatique

Les impacts moyens CC d'un aliment complet et d'un aliment complémentaire sont respectivement, de 523 et de 462 kg CO₂ éq./T (tableau 6). A l'exception de la région NOR en 2005, l'impact CC d'un aliment complémentaire est toujours inférieur à celui d'un aliment complet. L'écart est de 7 % en moyenne en 2005 et est plus élevé (-13 et -15 % respectivement) en 2008 et 2012. On distingue des différences selon les régions notamment en 2012 pour l'aliment complet et en 2005 et 2012 pour l'aliment complémentaire. Ainsi en 2012, les régions RHA et MIPY présentent les impacts environnementaux les plus extrêmes observés tant en aliment complet (+7 et -5 % respectivement par rapport à la moyenne des 5 régions) qu'en aliment complémentaire (+9 et -5 % respectivement). En aliment complet, on note une progression générale de l'impact de 6 % entre 2005 et 2008 pour toutes les régions à l'exception de la région MIPY. Entre 2008 et 2012, les évolutions sont alors divergentes selon les régions, avec une augmentation de l'impact pour la région RHA (+6 %), une baisse pour les régions REN et MIPY (-3 %) et des valeurs stables pour NOR et ALL. En aliment complémentaire, les impacts en 2008 sont très homogènes quelle que soit la région. Des différences apparaissent en 2005 et 2012. En 2005, les régions NOR, REN et MIPY présentent les impacts CC les plus élevés (491 kg CO₂ éq./T en moyenne), tandis que la région ALL présente l'impact le plus faible (435 kg CO₂ éq./T), la région RHA étant intermédiaire (464 kg CO₂ éq./T). En 2012, deux groupes de régions se distinguent ; les régions NOR et RHA présentent les impacts CC les plus élevés (477 et 491 kg CO₂ éq./T respectivement) alors que les régions REN, MIPY et ALL présentent les impacts les plus faibles (de 428 à 434 kg CO₂ éq./T).

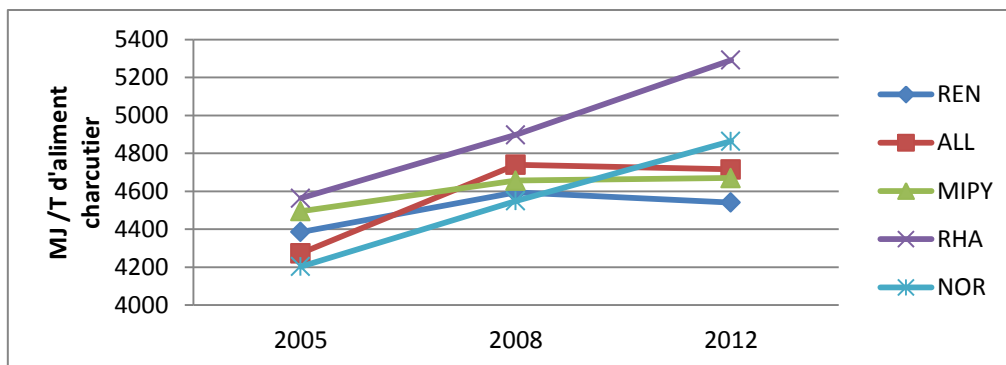


Figure 3 - Evolution de l'impact des formules d'aliment complet sur l'impact CED (scénario « Route »).

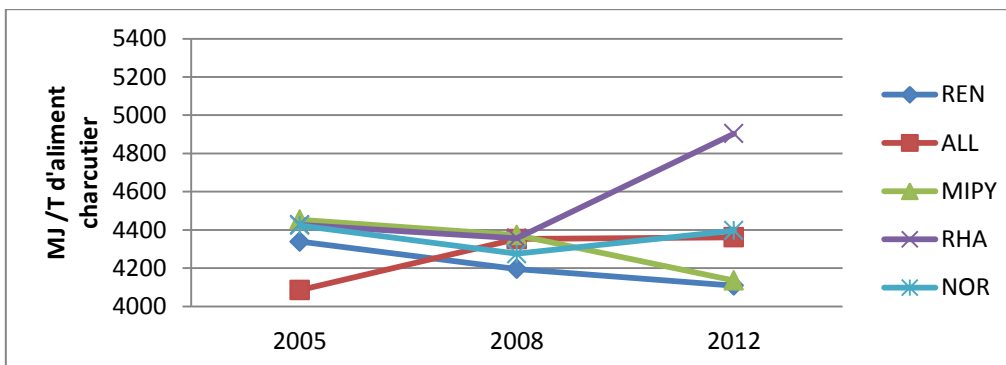


Figure 4 - Evolution de l'impact des formules d'aliment complémentaire sur l'impact CED (scénario « Route »).

Tableau 7 - Impacts des formules d'aliment complet et complémentaire sur l'impact CED selon les régions et les contextes de prix (en MJ/tonne d'aliment).

	Complet		Complémentaire	
	Valeur	Evolution	Valeur	Evolution
Rennes 2005	4386		4339	
Rennes 2008	4594	208	4195	-144
Rennes 2012	4541	-53	4109	-87
<i>Rennes 2005-2012</i>	<i>4507</i>	<i>155</i>	<i>4215</i>	<i>-230</i>
Midi-Pyr. 2005	4495		4454	
Midi-Pyr. 2008	4656	161	4373	-81
Midi-Pyr. 2012	4670	14	4135	-238
<i>Midi-Pyr. 2005-2012</i>	<i>4607</i>	<i>175</i>	<i>4321</i>	<i>-318</i>
Rh.-Alpes 2005	4564		4427	
Rh.-Alpes 2008	4898	334	4356	-71
Rh.-Alpes 2012	5291	394	4904	548
<i>Rh.-Alpes 2005-2012</i>	<i>4918</i>	<i>728</i>	<i>4562</i>	<i>477</i>
Allier 2005	4274		4085	
Allier 2008	4740	466	4353	267
Allier 2012	4716	-24	4361	9
<i>Allier 2005-2012</i>	<i>4577</i>	<i>442</i>	<i>4267</i>	<i>276</i>
Nord 2005	4204		4424	
Nord 2008	4549	346	4275	-148
Nord 2012	4864	315	4397	122
<i>Nord 2005-2012</i>	<i>4539</i>	<i>660</i>	<i>4365</i>	<i>-27</i>
<i>Moyenne 2005</i>	<i>4385</i>		<i>4346</i>	
<i>Moyenne 2008</i>	<i>4687</i>	303	<i>4311</i>	-35
<i>Moyenne 2012</i>	<i>4817</i>	129	<i>4381</i>	71
<i>Moyenne 2005-2012</i>	<i>4630</i>	<i>432</i>	<i>4346</i>	<i>36</i>

2.1.2 – Demande en énergie totale

Les impacts CED moyens d'un aliment complet et d'un aliment complémentaire sont respectivement, de 4630 et de 4346MJ/T (tableau 7). A l'exception de la région NOR en 2005, l'impact CED d'un aliment complémentaire est toujours inférieur à celui d'un aliment complet. L'écart entre ces deux aliments est plus élevé en 2008 et 2012 (-8 et -9 % respectivement) et nettement plus réduit en 2005 (-0,9 %). La région REN présente l'impact CED le plus faible quel que soit le type d'aliment (-3 à -4 %), tandis que la région RHA présente l'impact le plus élevé notamment en 2012 (+13 à +15 %). Dans le cas de l'aliment complémentaire, l'impact CED est peu variable quelles que soient les années et les régions considérées, à l'exception de la région RHA en 2012 déjà signalé. Dans le cas de l'aliment complet, on observe une augmentation de l'impact moyen entre 2005 et 2008 de 7 % puis une stabilisation entre 2008 et 2012 mais qui ne concerne que les régions REN, MIPY et ALL. Les régions NOR et RHA continuent de progresser pour leur impact CED entre ces deux années (+7 et +8 % respectivement).

2.1.3 – Occupation des sols

Les impacts moyens SOL d'un aliment complet et d'un aliment complémentaire sont respectivement, de 1367 et de 1212m²/an/T (tableau 8). L'écart moyen entre ces deux aliments est de 16 % en 2005, puis de 9 et de 8 % en 2008 et 2012 respectivement. En aliment complémentaire, l'impact SOL apparaît relativement stable quelle que l'année considérée. De légères modifications de l'impact SOL apparaissent selon les régions au cours des trois années étudiées. En aliment complet, l'impact SOL diminue en moyenne de 7 % entre 2005 et 2008, puis se stabilise entre 2008 et 2012 à l'exception de la région RHA (-8 %).

2.1.4 – Eutrophisation

Les impacts moyens EUT d'un aliment complet et d'un aliment complémentaire sont respectivement, de 4,22 et 4,47 kg PO₄³⁻éq./T (tableau 9). Quelles que soient la région et l'année considérée, l'aliment complet présente toujours un impact EUT moins élevé que l'aliment complémentaire. Dans le cas de l'aliment complémentaire, l'impact EUT apparaît relativement stable pour toutes les estimations effectuées à l'exception de la région RHA en 2005. Dans le cas de l'aliment complet, on observe une diminution (-5 %) de l'impact EUT entre 2005 et 2008 générale aux cinq régions. En 2012, les impacts EUT par région sont plus dispersés ; un écart de 0,56 kg PO₄³⁻éq./T est ainsi constaté entre les régions NOR et MIPY.

2.1.5 – Acidification

Les impacts moyens ACI d'un aliment complet et d'un aliment complémentaire sont respectivement, de 3,60 et de 2,35 kg SO₂éq./T (tableau 10). L'impact ACI est systématiquement plus élevé dans le cas de l'aliment complet quelles que soient l'année et la région considérées. Dans le cas de l'aliment complémentaire, l'impact ACI est peu variable au cours des années. Dans le cas de l'aliment complet, les impacts ACI sont de plus en plus hétérogènes avec les années : l'écart maximal augmente ainsi de 0,19 kg SO₂éq./T en 2005, 0,70kg SO₂éq./T en 2012. Dans ce cas, les régions NOR, REN et ALL présentent des impacts ACI plus élevés de 15 % par rapport aux impacts ACI des régions RHA et MIPY.

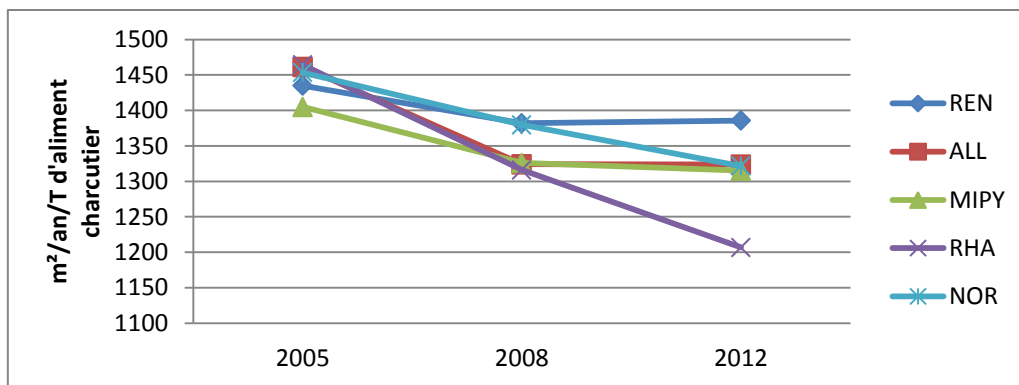


Figure 5 - Evolution de l'impact des formules d'aliment complet sur l'impact SOL (scénario « Route »).

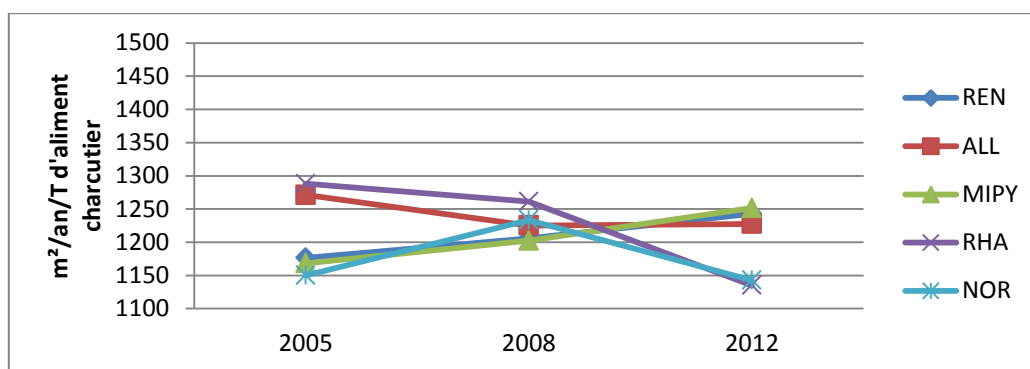


Figure 6 - Evolution de l'impact des formules d'aliment complémentaire sur l'impact SOL (scénario « Route »).

Tableau 8 - Impacts des formules d'aliment complet et complémentaire sur l'impact SOL selon les régions et les contextes de prix (en m²/an/tonne d'aliment).

	Complet		Complémentaire	
	Valeur	Evolution	Valeur	Evolution
Rennes 2005	1435		1176	
Rennes 2008	1382	-53	1206	29
Rennes 2012	1386	4	1243	37
<i>Rennes 2005-2012</i>	<i>1401</i>	<i>-49</i>	<i>1208</i>	<i>66</i>
Midi-Pyr. 2005	1405		1168	
Midi-Pyr. 2008	1326	-79	1202	34
Midi-Pyr. 2012	1315	-11	1252	49
<i>Midi-Pyr. 2005-2012</i>	<i>1349</i>	<i>-90</i>	<i>1207</i>	<i>83</i>
Rh.-Alpes 2005	1464		1288	
Rh.-Alpes 2008	1316	-148	1261	-27
Rh.-Alpes 2012	1207	-109	1135	-126
<i>Rh.-Alpes 2005-2012</i>	<i>1329</i>	<i>-257</i>	<i>1228</i>	<i>-153</i>
Allier 2005	1461		1271	
Allier 2008	1324	-137	1225	-46
Allier 2012	1324	-1	1228	2
<i>Allier 2005-2012</i>	<i>1370</i>	<i>-138</i>	<i>1241</i>	<i>-43</i>
Nord 2005	1453		1150	
Nord 2008	1380	-74	1233	84
Nord 2012	1322	-58	1143	-91
<i>Nord 2005-2012</i>	<i>1385</i>	<i>-132</i>	<i>1175</i>	<i>-7</i>
<i>Moyenne 2005</i>	<i>1444</i>		<i>1211</i>	
<i>Moyenne 2008</i>	<i>1345</i>	<i>-98</i>	<i>1225</i>	<i>15</i>
<i>Moyenne 2012</i>	<i>1311</i>	<i>-35</i>	<i>1200</i>	<i>-25</i>
<i>Moyenne 2005-2012</i>	<i>1367</i>	<i>-133</i>	<i>1212</i>	<i>-11</i>

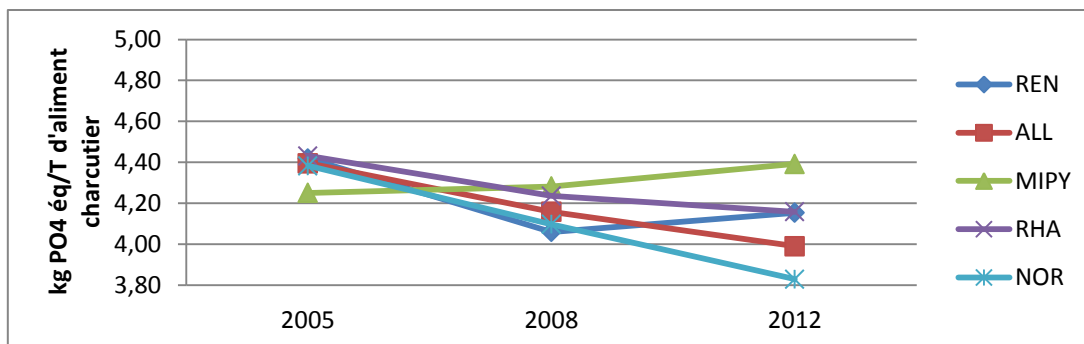


Figure 7 - Evolution de l'impact des formules d'aliment complet sur l'impact EUT (scénario « Route »).

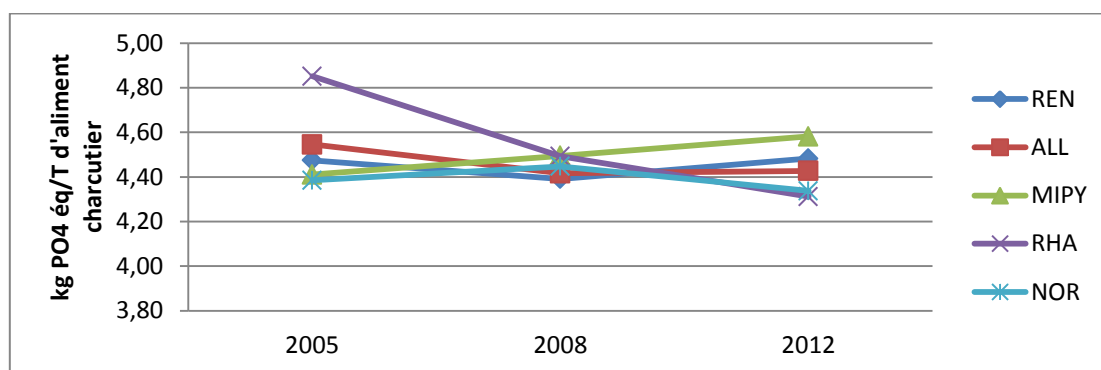


Figure 8 - Evolution de l'impact des formules d'aliment complémentaire sur l'impact EUT (scénario « Route »).

Tableau 9 - Impacts des formules d'aliment complet et complémentaire sur l'impact EUT selon les régions et les contextes de prix (en kg PO₄³⁻ég/tonne d'aliment)

	Complet		Complémentaire	
	Valeur	Evolution	Valeur	Evolution
Rennes 2005	4,42		4,47	
Rennes 2008	4,06	-0,36	4,39	-0,08
Rennes 2012	4,15	0,09	4,48	0,09
<i>Rennes 2005-2012</i>	<i>4,21</i>	<i>-0,26</i>	<i>4,45</i>	<i>0,01</i>
Midi-Pyr. 2005	4,25		4,41	
Midi-Pyr. 2008	4,28	0,03	4,49	0,08
Midi-Pyr. 2012	4,39	0,11	4,58	0,09
<i>Midi-Pyr. 2005-2012</i>	<i>4,31</i>	<i>0,14</i>	<i>4,50</i>	<i>0,17</i>
Rh.-Alpes 2005	4,43		4,85	
Rh.-Alpes 2008	4,24	-0,20	4,49	-0,36
Rh.-Alpes 2012	4,16	-0,08	4,31	-0,18
<i>Rh.-Alpes 2005-2012</i>	<i>4,27</i>	<i>-0,27</i>	<i>4,55</i>	<i>-0,54</i>
Allier 2005	4,40		4,55	
Allier 2008	4,16	-0,24	4,42	-0,13
Allier 2012	3,99	-0,17	4,43	0,01
<i>Allier 2005-2012</i>	<i>4,18</i>	<i>-0,41</i>	<i>4,46</i>	<i>-0,12</i>
Nord 2005	4,38		4,39	
Nord 2008	4,10	-0,28	4,45	0,06
Nord 2012	3,83	-0,27	4,34	-0,11
<i>Nord 2005-2012</i>	<i>4,10</i>	<i>-0,55</i>	<i>4,39</i>	<i>-0,05</i>
<i>Moyenne 2005</i>	<i>4,38</i>		<i>4,53</i>	
<i>Moyenne 2008</i>	<i>4,17</i>	<i>-0,21</i>	<i>4,45</i>	<i>-0,09</i>
<i>Moyenne 2012</i>	<i>4,10</i>	<i>-0,06</i>	<i>4,43</i>	<i>-0,02</i>
<i>Moyenne 2005-2012</i>	<i>4,22</i>	<i>-0,27</i>	<i>4,47</i>	<i>-0,11</i>

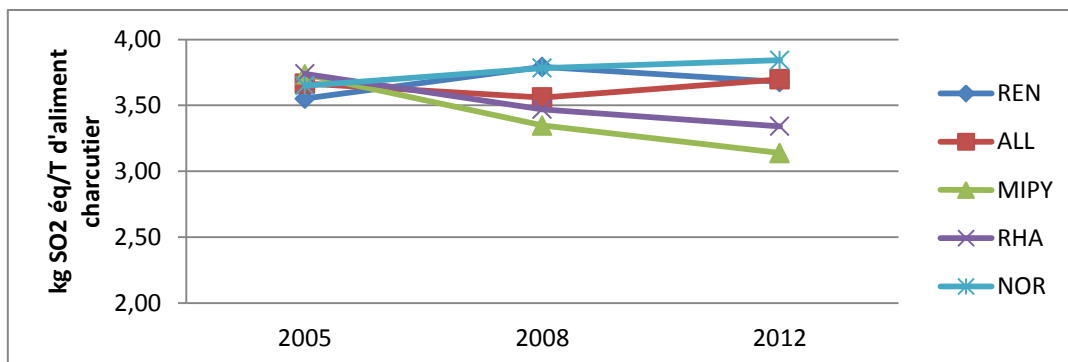


Figure 9 - Evolution de l'impact des formules d'aliment complet sur l'impact ACI (scénario « Route »).

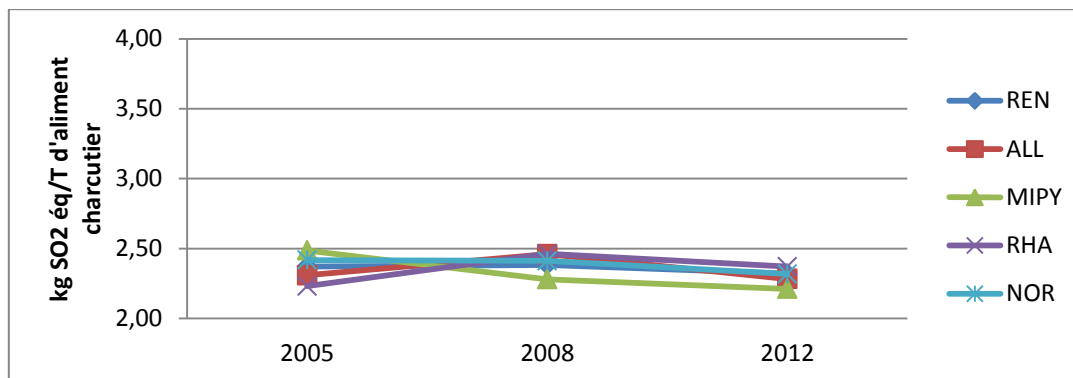


Figure 10 - Evolution de l'impact des formules d'aliment complémentaire sur l'impact ACI (scénario « Route »).

Tableau 10 - Impacts des formules d'aliment complet et complémentaire sur l'impact ACI selon les régions et les contextes de prix (en kg SO₂ éq/tonne d'aliment).

	Complet		Complémentaire	
	Valeur	Evolution	Valeur	Evolution
Rennes 2005	3,55		2,37	
Rennes 2008	3,79	0,24	2,38	0,01
Rennes 2012	3,68	-0,11	2,32	-0,06
<i>Rennes 2005-2012</i>	<i>3,67</i>	<i>0,13</i>	<i>2,36</i>	<i>-0,05</i>
Midi-Pyr. 2005	3,74		2,49	
Midi-Pyr. 2008	3,35	-0,39	2,28	-0,21
Midi-Pyr. 2012	3,14	-0,21	2,21	-0,07
<i>Midi-Pyr. 2005-2012</i>	<i>3,41</i>	<i>-0,60</i>	<i>2,33</i>	<i>-0,27</i>
Rh.-Alpes 2005	3,74		2,23	
Rh.-Alpes 2008	3,47	-0,27	2,46	0,23
Rh.-Alpes 2012	3,34	-0,13	2,37	-0,09
<i>Rh.-Alpes 2005-2012</i>	<i>3,52</i>	<i>-0,40</i>	<i>2,35</i>	<i>0,14</i>
Allier 2005	3,67		2,31	
Allier 2008	3,56	-0,11	2,46	0,15
Allier 2012	3,70	0,14	2,28	-0,18
<i>Allier 2005-2012</i>	<i>3,64</i>	<i>0,03</i>	<i>2,35</i>	<i>-0,03</i>
Nord 2005	3,65		2,42	
Nord 2008	3,78	0,13	2,41	-0,01
Nord 2012	3,84	0,06	2,32	-0,09
<i>Nord 2005-2012</i>	<i>3,76</i>	<i>0,19</i>	<i>2,38</i>	<i>-0,10</i>
<i>Moyenne 2005</i>	<i>3,67</i>		<i>2,36</i>	
<i>Moyenne 2008</i>	<i>3,59</i>	-0,08	<i>2,40</i>	0,04
<i>Moyenne 2012</i>	<i>3,54</i>	-0,05	<i>2,30</i>	-0,10
<i>Moyenne 2005-2012</i>	<i>3,60</i>	<i>-0,13</i>	<i>2,35</i>	<i>-0,06</i>

2.2 – Contribution du transport

La contribution du transport aux impacts environnementaux varie selon l'impact considéré (tableaux 11 à 15). Ainsi il peut être considéré comme négligeable pour l'impact SOL, car ne représentant jamais plus de 0,1 % de ce dernier. D'autre part, le transport a un impact très réduit sur l'impact EUT ; il est en moyenne de 1,4 % toutes données confondues. Enfin, il est nettement plus élevé en ce qui concerne les impacts ACI, et surtout CC et CED et représentent respectivement 6, 9 et 17 %. La région REN se distingue des autres régions pour la différence entre les deux scénarios étudiés : route pour toutes les matières premières et train pour les céréales et issues de céréales d'origine non locales ; le train permettant de réduire l'impact lié au transport. Dans les régions ALL et NOR, les impacts CC, CED et EUT calculés dans les deux scénarios sont très proches ; les différences étant inférieures à 1 %. Ces écarts sont plus importants dans le cas des régions MIPY et RHA mais n'excèdent pas 3 %. C'est seulement pour la région REN que l'écart entre les deux scénarios est vraiment différent, puisque les impacts ACI, CC et CED, varient à l'avantage du scénario « Route+ Train » respectivement, de 2,9 à 6,5 %, de 4,1 à 9,5 % et de 8,6 à 18,0 %.

2.3 – Réduction des potentiels d'impact des formules sur l'environnement

La composition des formules obtenues pour cette étape est présentée en annexes 7 à 16. Les tableaux 16 à 25 présentent par impact, les possibilités de diminution observées associées à l'augmentation du coût des aliments. Les résultats sont présentés par région de fabrication.

2.3.1 – Changement climatique

Une réduction de l'impact CC est possible et varie de 3 à 10 % pour les aliments complet et complémentaire. De façon logique, cette réduction est plus importante lorsque le niveau initial est plus élevé. L'augmentation du coût de l'aliment varie de 0,4 à 4,3 % pour l'aliment complet et de 0,6 à 7,3 % pour l'aliment complémentaire. Aucun lien ne peut être mis en évidence entre le pourcentage de diminution obtenu et l'augmentation du coût de l'aliment.

2.3.2 – Demande en énergie totale

La diminution de l'impact CED varie de 4 à 14 % en aliment complet et de 2 à 9 % en aliment complémentaire. Cette baisse est moins élevée pour l'aliment complémentaire (5 %) que pour l'aliment complet (-8 %).

Même si un niveau initial élevé est associé en général à une diminution plus importante (cas de la région RHA par exemple) cette règle n'est pas toujours vérifiée (cas des régions MIPY et de ALL en aliment complet par exemple). Les possibilités de réduction apparaissent spécifiques de chaque région en relation avec leurs capacités d'approvisionnement. Les cas des régions de NOR et ALL en aliment complémentaire illustrent ce lien : ces régions ont un niveau initial semblable (4969 et 4876 MJ/T respectivement) et pourtant des réductions de l'impact CED différentes sont observées (-9 et -2 % respectivement).

L'augmentation du coût des aliments varie de 0,9 à 2,1 % en aliment complet et de 0,5 à 7,3 % en aliment complémentaire. Cette augmentation de coût la plus élevée est observée dans la région ALL et est associée à une faible diminution d'impact CED.

Tableau 11 - Contribution du transport à l'impact des aliments sur le changement climatique selon les régions et les scénarios de transport en moyenne sur les trois années étudiées*.

	Route	Route et Train
Rennes	9,5	4,1
Midi-Pyrénées	10,1	8,5
Rhône-Alpes	11,6	9,5
Allier	9,7	9,4
Nord	8,6	8,3

Tableau 12 - Contribution du transport à l'impact des aliments sur la demande en énergie selon les régions et les scénarios de transport en moyenne sur les trois années étudiées*.

	Route	Route et Train
Rennes	18,0	8,6
Midi-Pyrénées	18,7	16,0
Rhône-Alpes	21,0	17,7
Allier	18,0	17,5
Nord	16,2	15,8

Tableau 13 - Contribution du transport à l'impact des aliments sur l'eutrophisation selon les régions et les scénarios de transport en moyenne sur les trois années étudiées*.

	Route	Route et Train
Rennes	1,5	0,9
Midi-Pyrénées	1,5	1,3
Rhône-Alpes	1,8	1,6
Allier	1,5	1,5
Nord	1,4	1,3

Tableau 14 - Contribution du transport à l'impact des aliments sur l'acidification selon les régions et les scénarios de transport en moyenne sur les trois années étudiées*.

	Route	Route et Train
Rennes	6,5	2,9
Midi-Pyrénées	7,4	6,2
Rhône-Alpes	8,5	7,1
Allier	6,6	6,4
Nord	5,7	5,5

Tableau 15 - Contribution du transport à l'impact des aliments sur l'occupation des sols selon les régions et les scénarios de transport en moyenne sur les trois années étudiées*.

	Route	Route et Train
Rennes	0,05	0,04
Midi-Pyrénées	0,06	0,05
Rhône-Alpes	0,07	0,06
Allier	0,05	0,05
Nord	0,05	0,05

*en % de l'impact global de la formule considérée.

Tableau 16 – Impact CC de l'aliment complet : réduction maximale obtenue par région et effet sur le prix.

	Valeur initiale	Réduction*	Effet sur le prix**
Rennes	490	-5%	+ 2,8
Allier	525	-7%	+ 4,3
Midi-Pyrénées	499	-3%	+ 1,1
Rhône-Alpes	557	-8%	+ 0,4
Nord	537	-10%	+ 2,4

Tableau 17 - Impact CC de l'aliment complémentaire : réduction maximale obtenue par région et effet sur le prix.

	Valeur initiale	Réduction*	Effet sur le prix**
Rennes	485	-5%	+ 2,9
Allier	508	-5%	+ 4,0
Midi-Pyrénées	498	-3%	+ 7,3
Rhône-Alpes	555	-8%	+ 0,6
Nord	549	-10%	+ 0,8

Tableau 18 - Impact CED de l'aliment complet : réduction maximale obtenue par région et effet sur le prix.

	Valeur initiale	Réduction*	Effet sur le prix**
Rennes	4070	-4%	+ 0,9
Allier	4699	-5%	+ 1,5
Midi-Pyrénées	4587	-10%	+ 2,0
Rhône-Alpes	5107	-14%	+ 2,1
Nord	4832	-9%	+ 1,1

Tableau 19 - Impact CED de l'aliment complémentaire : réduction maximale obtenue par région et effet sur le prix.

	Valeur initiale	Réduction*	Effet sur le prix**
Rennes	4277	-3%	+ 0,5
Allier	4876	-2%	+ 7,3
Midi-Pyrénées	4568	-2%	+ 0,7
Rhône-Alpes	5244	-8%	+ 0,4
Nord	4869	-9%	+ 1,7

Tableau 20 - Impact SOL de l'aliment complet : réduction maximale obtenue par région et effet sur le prix.

	Valeur initiale	Réduction*	Effet sur le prix**
Rennes	1385	-30%	+ 7,6
Allier	1323	-10%	+ 0,7
Midi-Pyrénées	1315	-30%	+ 8,8
Rhône-Alpes	1207	-20%	+ 5,1
Nord	1321	-30%	+ 6,7

* Réduction maximale obtenue

** en pourcentage du prix initial

Tableau 21 - Impact SOL de l'aliment complémentaire : réduction maximale obtenue par région et effet sur le prix.

	Valeur initiale	Réduction*	Effet sur le prix**
Rennes	1344	-20%	+ 2,8
Allier	1278	-10%	+ 0,8
Midi-Pyrénées	1302	-20%	+ 3,3
Rhône-Alpes	1186	-20%	+ 5,6
Nord	1193	-5%	+ 0,3

Tableau 22 - Impact EUT de l'aliment complet : réduction maximale obtenue par région et effet sur le prix.

	Valeur initiale	Réduction*	Effet sur le prix**
Rennes	4,13	-20%	+ 3,5
Allier	3,99	-15%	+ 3,9
Midi-Pyrénées	4,39	-25%	+ 6,2
Rhône-Alpes	4,15	-20%	+ 5,6
Nord	3,83	-10%	+ 1,2

Tableau 23 - Impact EUT de l'aliment complémentaire : réduction maximale obtenue par région et effet sur le prix.

	Valeur initiale	Réduction*	Effet sur le prix**
Rennes	4,25	-10%	+ 1,5
Allier	4,21	-15%	+ 3,6
Midi-Pyrénées	4,35	-20%	+ 6,5
Rhône-Alpes	4,07	-10%	+ 1,9
Nord	4,11	0%***	+ 0

Tableau 24 - Impact ACI de l'aliment complet : réduction maximale obtenue par région et effet sur le prix.

	Valeur initiale	Réduction*	Effet sur le prix**
Rennes	3,54	-20%	+ 2,2
Allier	3,70	-20%	+ 1,4
Midi-Pyrénées	3,11	-20%	+ 6,0
Rhône-Alpes	3,29	-20%	+ 5,4
Nord	3,83	-35%	+ 6,1

Tableau 25 - Impact ACI de l'aliment complémentaire : réduction maximale obtenue par région et effet sur le prix.

	Valeur initiale	Réduction*	Effet sur le prix**
Rennes	3,15	-25%	+ 6,9
Allier	3,22	-20%	+ 5,4
Midi-Pyrénées	3,12	-20%	+ 5,6
Rhône-Alpes	3,25	-20%	+ 5,7
Nord	3,24	-20%	+ 2,9

* Réduction maximale obtenue

** en pourcentage du prix initial

*** Impossibilité de réduire même de 1% puisque les formules obtenues avaient une teneur en énergie trop élevée par rapport aux contraintes nutritionnelles posées.

2.3.3 – Occupation des sols

Une réduction importante de l'impact SOL est possible, puisqu'elle peut atteindre 30 % pour l'aliment complet, et 20 % pour l'aliment complémentaire dans trois régions sur cinq : REN, MIPY et NOR pour l'aliment complet et REN, MIPY et RHA pour l'aliment complémentaire. Pour une telle diminution de l'impact SOL, le coût de l'aliment augmente de 8 % en aliment complet et de 4 % en aliment complémentaire.

La réduction de l'impact SOL est limitée (-5 à -10%) pour les régions ALL (aliments complet et complémentaire) et NOR (aliment complémentaire). Le coût de l'aliment évolue peu (-1%) dans ce cas.

Aucun lien entre le niveau d'impact initial et la réduction possible ne peut être mis en évidence. Ainsi pour l'aliment complet des régions ALL et MIPY, dont l'impact SOL initial est similaire (1323 et de 1315 m²/an/T respectivement), les réductions d'impact observées sont de -10 et -30 % respectivement. De même, en complémentaire la réduction de l'impact SOL obtenue pour les régions RHA et NOR est de -20 et -5 % respectivement, alors que leurs niveaux initiaux sont très proches (1186 et de 1193 m²/an/T respectivement).

2.3.4 – Eutrophisation

La réduction de l'impact EUT dans le cas de l'aliment complet varie de 10 à 25 %. L'effet sur le coût de l'aliment augmente de façon proportionnelle à la diminution observée (en moyenne + 0,2 % par pourcentage de réduction d'impact). En ce qui concerne l'aliment complémentaire, la diminution de l'impact EUT pour la région NOR est impossible. Pour les autres usines cette réduction varie de 10 à 20 % et conduit à une augmentation graduelle du prix de la même ampleur que celle observée pour l'aliment complet.

2.3.5 – Acidification

Des réductions de l'impact ACI élevées sont possibles puisqu'elles varient de 20 à 35 % pour l'aliment complet et de 20 à 25 % pour l'aliment complémentaire. Ces réductions entraînent une augmentation du prix de 1,4 à 6,1 % pour l'aliment complet et de 2,9 à 6,9 % pour l'aliment complémentaire.

Aucun lien entre la réduction d'impact ACI et le coût de l'aliment prix ne peut être mis en évidence. Le niveau d'impact initial et la réduction possible ne semblent également pas liés. Par exemple, dans le cas de l'aliment complet des régions MIPY et ALL la réduction d'ACI pour ces deux usines est de -20 % alors que les impacts initiaux sont assez différents : 3,11 et 3,70 kg SO₂éq./T respectivement.

2.4 – Relations entre les différents impacts environnementaux

Les résultats sont présentés dans les tableaux 26 à 30.

2.4.1 – Réduction de l'impact changement climatique

Aucun lien entre impacts CC et CED ainsi qu'entre CC et EUT ne peut être mis en évidence, puisque lorsque l'impact CC diminue, les impacts CED et EUT peuvent augmenter ou diminuer selon les régions. En revanche, un lien positif entre impacts CC et ACI peut être identifié : une diminution de l'impact CC permet une diminution de l'impact ACI. De même lorsque l'impact CC est réduit, l'impact SOL diminue dans 3 régions sur 5.

Tableau 26 – Réduction CC : effets sur les impacts CED, EUT, ACI et SOL*

	Rennes		Allier		Midi-Pyrénées		Rhône-Alpes		Nord	
	Initial	Evolution (%)	Initial	Evolution (%)	Initial	Evolution (%)	Initial	Evolution (%)	Initial	Evolution (%)
CC	490	- 5	525	- 7	499	- 3	557	- 8	537	- 10
CED	4070	+ 4	4699	- 2	4587	- 2	5107	+ 2	4832	- 11
EUT	4,13	- 1	3,99	+ 5	4,39	+ 2	4,15	+ 4	3,83	- 4
ACI	3,54	- 13	3,70	- 19	3,11	- 2	3,29	- 6	3,83	- 10
SOL	1385	- 6	1323	- 6	1315	+ 2	1207	+ 8	1321	- 9

Tableau 27 - Réduction CED : effets sur les impacts CC, EUT, ACI et SOL*

	Rennes		Allier		Midi-Pyrénées		Rhône-Alpes		Nord	
	Initial	Evolution (%)	Initial	Evolution (%)	Initial	Evolution (%)	Initial	Evolution (%)	Initial	Evolution (%)
CED	4070	- 4	4699	- 5	4587	- 10	5107	- 14	4832	- 9
CC	490	+ 1	525	- 1	499	+ 1	557	- 8	537	- 3
EUT	4,13	- 3	3,99	- 5	4,39	- 7	4,15	+ 1	3,83	+ 1
ACI	3,54	+ 10	3,70	+ 6	3,11	+ 25	3,29	+ 15	3,83	- 1
SOL	1385	+ 4	1323	+ 1	1315	+ 8	1207	+ 18	1321	0

Tableau 28 – Réduction SOL : effets sur les impacts CC, CED, EUT, ACI*

	Rennes		Allier		Midi-Pyrénées		Rhône-Alpes		Nord	
	Initial	Evolution (%)	Initial	Evolution (%)	Initial	Evolution (%)	Initial	Evolution (%)	Initial	Evolution (%)
SOL	1385	- 30	1323	- 10	1315	- 30	1207	- 20	1321	- 30
CC	490	+ 7	525	+ 4	499	+ 16	557	- 2	537	0
CED	4070	+ 45	4699	+ 20	4587	+ 50	5107	+ 20	4832	+ 26
EUT	4,13	-19	3,99	- 4	4,39	- 22	4,15	- 15	3,83	- 12
ACI	3,54	- 25	3,70	- 11	3,11	- 11	3,29	- 14	3,83	- 31

* Cas de l'aliment complet

2.4.2 – Réduction de la demande en énergie

Aucun lien entre les impacts CED et CC n'est mis en évidence à l'exception de la région RHA pour laquelle une diminution de l'impact CED de 14 % conduit à une réduction de l'impact CC de 8 %. Mis à part la région NOR, une réduction de l'impact CED (en moyenne de 8%) augmente l'impact ACI de +14 % en moyenne et augmente l'impact SOL, (+6 % en moyenne). Une baisse de l'impact CED entraîne une réduction de l'impact EUT dans les régions REN, ALL et MIPY.

2.4.3 – Réduction de l'occupation des sols

Une réduction de l'impact SOL augmente fortement l'impact CED (+ 32% en moyenne) et diminue les impacts ACI et EUT (-18 et -14 % respectivement). L'effet sur l'impact CC est variable selon les régions : l'impact CC augmente pour les régions REN, ALL et MIPY et reste stable pour les régions RHA et NOR.

2.4.4 – Réduction de l'impact eutrophisation

Une réduction de l'impact EUT entraîne une diminution de l'impact SOL (-12 % en moyenne) mais aussi une augmentation systématique ou presque systématique des impacts CED et CC. L'impact ACI tend à augmenter également, à l'exception des régions REN et NOR pour lesquels il reste stable ou diminue).

2.4.5 – Réduction de l'impact acidification

Une baisse de l'impact ACI diminue l'impact SOL de -13 % en moyenne, mais augmente l'impact CED de +22 % en moyenne. Les effets de la réduction de l'impact ACI sur les impacts CC et EUT sont variables selon les régions.

3 – Discussion

Les différents impacts calculés dans cette étude sont comparés aux données rapportées dans la littérature dans le cas de l'aliment complet. L'impact calculé pour CC (523 kg CO₂éq./T d'aliment en moyenne toutes années et régions confondues) est cohérent avec les valeurs citées par d'autres auteurs : 514kg CO₂éq./T (van der Werf et al., 2005), 529 kg CO₂éq./T (Espagnol et al., 2012) et 550 et 559 kg CO₂éq./T (Garcia-Launay et al., 2013). L'impact calculé pour EUT est de 4,2 kg PO₄³⁻éq./T d'aliment en moyenne. Les autres études donnent des estimations similaires 4,4kg PO₄³⁻éq./T (van der Werf et al., 2005), 3,9kg PO₄³⁻éq./T (Garcia-Launay et al., 2013) ou supérieures, 5,9 kg PO₄³⁻éq./T (Espagnol et al., 2012). L'impact d'une tonne d'aliment complet pour CED est nettement plus faible dans les études de van der Werf et al. (2005) et Espagnol et al. (2012) (3440 et 3514 MJ/T respectivement) que celles estimées dans notre étude (4630MJ/T). Cependant Garcia-Launay et al. (2013) avaient déjà obtenu un impact CED proche de notre estimation (de 4600 à 4700 MJ/T). Enfin, les valeurs d'impact SOL et ACI calculées (1367 m²/an/T et 3,6 kg SO₂éq./T respectivement) sont inférieures à celles de la bibliographie : 1400 et 1410m²/an/T et 4,5 kg SO₂éq./T (Garcia-Launay et al., 2013), 1584m²/an/T et 6,2 kg SO₂éq./T (Espagnol et al., 2012) et 1675 m²/an/T et 4,5 kg SO₂éq./T (van der Werf et al., 2005).

Tableau 29 - Réduction EUT : effets sur les impacts CC, CED, ACI et SOL*

	Rennes		Allier		Midi-Pyrénées		Rhône-Alpes		Nord	
	Initial	Evolution (%)	Initial	Evolution (%)	Initial	Evolution (%)	Initial	Evolution (%)	Initial	Evolution (%)
EUT	4,13	- 20	3,99	- 15	4,39	- 25	4,15	- 20	3,83	- 10
CC	490	+ 8	525	+ 9	499	+ 10	557	- 4	537	+ 3
CED	4070	+ 25	4699	+ 20	4587	+ 20	5107	+ 5	4832	+ 10
ACI	3,54	0	3,70	+ 2	3,11	+ 16	3,29	+ 10	3,83	- 3
SOL	1385	- 18	1323	- 10	1315	- 15	1207	- 7	1321	- 11

Tableau 30 - Réduction ACI : effets sur les impacts CC, CED, EUT et SOL*

	Rennes		Allier		Midi-Pyrénées		Rhône-Alpes		Nord	
	Initial	Evolution (%)	Initial	Evolution (%)	Initial	Evolution (%)	Initial	Evolution (%)	Initial	Evolution (%)
ACI	3,54	- 20	3,70	- 20	3,11	- 23	3,29	- 20	3,83	- 35
CC	490	+ 1	525	- 1	499	+ 4	557	- 8	537	- 10
CED	4070	+ 26	4699	+ 20	4587	+ 36	5107	+ 15	4832	+ 11
EUT	4,13	+ 1	3,99	+ 4	4,39	- 14	4,15	- 7	3,83	- 1
SOL	1385	- 7	1323	- 7	1315	- 22	1207	- 10	1321	- 18

* Cas de l'aliment complet

Dans le cas de l'aliment complémentaire les valeurs d'impact sont différentes et notamment plus faibles, sauf pour l'impact EUT (4,43 kg PO₄³⁻éq./T). Les différences entre les deux types d'aliment sont essentiellement liées à l'incorporation de 50% de maïs grain humide dans le cas de l'aliment complémentaire. En effet, cette matière première a en effet des impacts CC, ACI et SOL moins élevés que ceux du blé, du maïs sec et de l'orge. Pour l'impact CED le maïs grain humide a un impact supérieur à ceux du blé et de l'orge mais inférieur à celui du maïs sec.

Les trois années de prix contrastés pris pour référence (2005, 2008 et 2012) ont permis de mettre en évidence une évolution des impacts environnementaux des aliments en lien avec les modifications de la composition de ces derniers. De manière générale, en 2005 les formules d'aliment complet contiennent des protéagineux et des coproduits, qui disparaissent des formules en 2012, celles-ci devenant alors essentiellement basées sur l'incorporation de céréales et de tourteaux d'oléagineux. Entre ces deux années les impacts moyens CC et CED des formules augmentent (+24 kg CO₂éq./T et +432 MJ/T respectivement), alors que les impacts SOL, EUT et ACI diminuent (-133 kg CO₂éq./T ; -0,27 kg PO₄³⁻éq./T et -0,13 kg SO₂éq./T respectivement). Des différences peuvent apparaître selon les régions. Ainsi, en 2012 la région RHA se démarque des autres régions avec des impacts CC et CED supérieurs d'au moins 30 kg CO₂ éq./T et 593 MJ/T. Ces différences sont liées à une incorporation en tourteau de soja importante : la formule de la région RHA de 2012 est la formule qui contient le plus de tourteau de soja avec 67 kg/T d'aliment (soit +44 kg/T par rapport à 2008) alors que les formules des autres régions en contiennent moins de 14 kg. Cette formule a un impact SOL inférieur à celui des formules des autres usines (-129 m²/an/T d'aliment en moyenne) pour deux raisons. Celle-ci est basée sur le maïs et non sur le blé, contrairement aux formules des usines de REN, ALL et NOR, or le maïs présente un impact sol moins important en raison de sa productivité à l'hectare supérieure aux autres céréales. La différence avec la formule MIPY également basée sur le maïs repose sur l'incorporation accrue d'issues de céréales (à préciser pour quelle région et citer également, quels impacts permettent d'améliorer les issues) différence avec la formule de l'usine de la région MIPY, qui est elle aussi basée sur le maïs, est l'incorporation plus importante d'issues de céréales (146 contre 32 kg/T d'aliment). L'impact CED de la formule de 2012 de la région NOR augmente (+315 MJ/T d'aliment entre 2008 et 2012) en raison d'une incorporation de drêches de blé, à hauteur de 29 kg/T. Pour les autres usines l'impact CED reste stable (-21 MJ/T en moyenne). Les formules de 2012 des usines de REN et MIPY sont les seules à voir leur un impact EUT augmenter : pour la première cette hausse est due en partie, à une incorporation de pois dans la formule de 2012 alors que pour la seconde la hausse est due en partie, à une augmentation de la quantité de maïs dans la formule. Pour les années 2008 et 2012 les formules ayant l'impact ACI le plus élevé (plus de 3,6 kg SO₂éq./T) correspondent aux formules le pourcentage maximal de blé.

Les formules d'aliment complémentaire de 2005 contiennent essentiellement du blé, du maïs et des tourteaux de soja et de colza. En 2012, elles restent similaires à l'exception de l'apparition de tourteau de tournesol dans les formules. Pour ce type d'aliment, l'évolution de la composition des formules entre 2005 et 2012 conduit à une diminution de la plupart des impacts étudiés (-22 kg CO₂éq./T ; -11kg CO₂éq./T ; -0,11 kg PO₄³⁻éq./T et -0,06 kg SO₂éq./T) à l'exception de l'impact CED (+36 MJ/T). Sur la période 2005-2008 pour l'ensemble des usines sauf celle de la région ALL, l'impact CC diminue, de 8 à 35kg CO₂ éq./T d'aliment, grâce à une diminution de l'incorporation en blé au profit de l'orge. Dans le cas de la région ALL, le tourteau de tournesol présent en 2005 est exclu de la formule de 2008. L'incorporation de tourteau de tournesol de 2012 permet également une baisse de l'impact CC des formules des usines de REN, ALL et MIPY. Les formules des régions NOR et RHA ont un impact CC en augmentation entre 2008 et 2012 (+15 et +36 kg CO₂ éq./T

d'aliment respectivement) en raison d'une incorporation de tourteau de soja en hausse pour ces deux régions, et l'incorporation de drêches de blé (18 kg/T) pour la région RHA. Pour ces mêmes raisons l'impact CED de la région RHA est le plus élevé en 2012 (+653 MJ/T en moyenne). En 2005 les formules des usines de RHA et ALL ont un impact SOL supérieur à celui des autres formules : 1288 et 1271 contre 1165 m²/an/T d'aliment en moyenne. Pour la région RHA la différence s'explique par la teneur en pois de la formule (100 kg/T) alors que les autres formules n'en contiennent pas ou peu. Pour la région ALL, la différence est liée à une incorporation de blé supérieure à celle des autres formules (246 kg contre 202 kg pour la formule de la région MIPY et moins de 200 kg pour les autres formules) ainsi qu'à la présence de tourteau de tournesol (124 kg contre 25 kg pour la formule de la région RHA et absence de ce tourteau pour les autres formules en 2005). Les formules des régions NOR et RHA avec un impact SOL plus faible que les autres (1139 m²/an/T en moyenne), en raison d'une teneur en issues de céréales plus élevée : 163 et 146 kg/T dans les formules des régions NOR et RHA respectivement contre 33 kg/T pour celle de Rennes et 32 kg/T pour celles de MIPY et ALL. La baisse de l'impact EUT des formules entre 2005 et 2012 est liée à la baisse de ce potentiel de la formule de la région RHA en 2008 notamment (-0,36 kg PO₄³⁻éq./T d'aliment entre 2005 et 2008) grâce à la sortie du pois de la formule. C'est l'incorporation du pois qui modifie donc le plus l'impact EUT. L'impact ACI de la formule de la région MIPY est le plus élevé en 2005 mais devient le plus faible en 2008 et inversement pour ceux des formules des usines de RHA et ALL qui sont les plus faibles en 2005 mais les plus élevés en 2008. La baisse observée pour la région MIPY est liée au remplacement du blé par le sorgho en 2008. L'augmentation de l'impact ACI entre 2005 et 2008 pour les formules des usines de RHA et ALL est liée à une incorporation en tourteaux de colza et de soja en remplacement du pois (2008, région RHA) ou du tourteau de tournesol (2008, région ALL). Enfin sur la période 2008-2012, l'impact ACI diminue en moyenne de 0,10 kg SO₂éq./T d'aliment complémentaire grâce à l'entrée du tourteau de tournesol dans les formules de 2012. L'incorporation de ce tourteau permet d'augmenter la quantité de tourteaux présents dans les formules tout en diminuant la contribution de ce type de matière première au potentiel global de chaque formule.

Avec les hypothèses prises pour l'approvisionnement des cinq régions des différences sont mises en évidence. Cependant, aucun contexte d'usine tel que défini dans l'étude ne présente un impact global environnemental inférieur aux autres : par exemple, pour les deux types d'aliment l'usine de Midi-Pyrénées présente à la fois l'impact CC le plus faible et l'impact EUT le plus élevé de toutes les régions.

Lorsque l'acheminement des matières premières à l'usine de fabrication d'aliment se fait exclusivement en camion, le transport contribue en moyenne à 9,9% à l'impact CC des formules, ainsi qu'à 18,4%, 0,6%, 1,5% et 6,9% des impacts CED, SOL, EUT et ACI respectivement. La contribution du transport dépend des matières premières incorporées dans les formules ainsi que des modalités d'approvisionnement des différentes usines. Par exemple la proximité d'une usine avec un port ou une usine de transformation (pour les issues de céréales ou les tourteaux) est un facteur qui permet d'abaisser l'impact du transport des matières premières. Ainsi dans le cas de l'usine de Rennes le transport contribue à l'impact CC à hauteur de 9,5% alors que dans le cas de l'usine située en Rhône-Alpes, éloignée de l'origine des approvisionnements en son, remoulage et tourteaux notamment, cette contribution est de 11,6%. L'usine du Nord a un approvisionnement particulier du fait de sa proximité avec la Belgique qui explique que le transport ne contribue qu'à 8,6% de l'impact CC de la formule. Les différences observées entre les régions sont les mêmes pour l'ensemble des impacts.

Le transport des céréales et des issues de céréales non locales en train permet d'abaisser la contribution moyenne du transport sur l'impact CC de 0,3 à 5,4% selon les usines, de 0,4 à 9,4% sur CED, de et de 0,2 à 3,6% sur ACI. Il y a très peu d'effets sur les impacts SOL et EUT. Ces variations sont liées aux modalités d'approvisionnement en matières premières des usines. Par exemple l'approvisionnement en céréales de la région REN est moins local que celui des autres régions puisque seulement 35% du blé et 10% du maïs consommés sont d'origine locale ; pour les autres régions, au moins 70% du blé et 100% du maïs sont locaux. En conséquence, 65% du blé et 90% du maïs utilisés par l'usine de REN sont acheminés en train. Le train ayant des impacts inférieurs à celui d'un poids lourd, il est possible de parcourir plus de kilomètres pour des impacts moins importants en train. Ainsi le blé et le maïs rendus à l'usine de Rennes ont un impact inférieur aux blés et aux maïs rendus aux autres usines. C'est pourquoi le scénario « Route et Train » permet à l'usine de Rennes d'abaisser son impact CC de 5,4% en passant de 9,5 à 4,1%. Pour les usines du Nord et de l'Allier, où seuls 40% du son et 40% du remoulage sont acheminés en train (deuxième scénario), celui-ci ne permet qu'une baisse de 0,3% de la contribution du transport à l'impact CC.

Dans le scénario « Route » et le cas de l'aliment complémentaire, la présence de maïs grain humide déjà présent sur l'élevage permet de réduire la contribution du transport aux impacts CC, CED, SOL, EUT et ACI de 42, 46, 43, 52 et 23% respectivement, par rapport à de l'aliment complet.

La réduction des impacts environnementaux des aliments porcs à l'engrais est possible mais dans des proportions différentes selon les modalités d'approvisionnement en matières premières des usines et selon l'impact considéré. Le seul échec observé dans cette étude est la tentative de réduction de l'impact EUT pour l'usine de la région Nord-Pas-de-Calais pour l'aliment complémentaire. Notre étude ne permet pas d'identifier une pratique en terme d'utilisation des matières premières particulière puisque 1) les impacts n'évoluent pas tous dans le même sens et 2) les modalités d'approvisionnement influencent l'incorporation des matières premières dans les formules. Dans tous les cas, la diminution d'un des impacts retenus dans cette étude entraîne l'augmentation d'au moins un autre impact, quel que soit le contexte d'approvisionnement des matières premières.

Au vu des résultats concernant la contribution du transport aux différents impacts, il apparaît que le transport n'est pas un levier majeur pour réduire les impacts environnementaux. La production des matières premières est en effet l'étape la plus importante puisqu'elle explique au moins 80% des impacts. Espagnol et al. (2012) avaient montré que cette étape contribuait à 64% à l'impact sur la demande en énergie et à plus de 90% aux autres impacts. Compte tenu de nos hypothèses et de la faible contribution du transport aux impacts environnementaux, l'approvisionnement en matières premières locales ne paraît pas toujours judicieux pour réduire les impacts des aliments. En effet, selon les distances effectuées pour acheminer les matières premières de leur lieu de production ou de transformation jusqu'à l'usine de fabrication d'aliment le transport en train est moins impactant sur l'environnement qu'un transport en camion. Ainsi un blé utilisé dans une usine rennaise provenant à 65% de la région Centre et à 35% d'une zone de 100 km autour de Rennes a un impact plus faible sur le changement climatique qu'un blé 100% local utilisé dans une usine du Nord qui nécessite un transport de 250 km en camion. Aussi le choix des matières premières pour constituer une formule à impacts environnementaux limités doit-il se faire avant tout sur les impacts à la production et non aux impacts au transport des matières premières. Par exemple, le pois est une matière première intéressante pour diminuer les impacts CC, CED et ACI, on s'en aperçoit notamment lorsqu'une contrainte visant à réduire ces impacts est fixée. Cette matière première produite en France, est citée par Mosnier et al.

(2011) et de van der Werf et al. (2005). Ces auteurs suggèrent l'utilisation de matières premières riches en protéines produites localement afin de limiter l'incorporation du tourteau de soja mais aussi de limiter la contribution de la production porcine aux impacts CC, CED et ACI. Dans notre cas l'utilisation du pois permet en effet une diminution de l'incorporation du tourteau de soja grâce à une substitution des tourteaux par ce protéagineux notamment. La culture du pois est intéressante puisqu'elle est auto-suffisante en azote et permet de réduire le besoin en engrais minéraux pour les cultures suivantes. Cependant la méthode de calcul d'impact actuelle ne prend pas en compte l'azote produit par cette culture et utilisé par les cultures suivantes, aussi l'impact du pois sur l'eutrophisation pénalise cette matière première et limite son incorporation dans les formules (Eriksson et al., 2005).

Si les protéagineux sont des matières premières intéressantes pour réduire les impacts CC, CED et ACI de la production de l'aliment ils sont néanmoins défavorables aux impacts SOL et EUT. Du fait de la règle d'allocation massico-économique appliquée lors du calcul des impacts environnementaux des matières premières, les issues de céréales peuvent se substituer aux céréales et aux tourteaux afin de réduire les impacts CC, EUT, SOL et ACI. En ce qui concerne l'impact CED, Lammers et al. (2010) et van der Werf et al. (2005) montrent que les drêches de blé notamment contribuent à augmenter l'impact CED des formules. Le gluten feed de blé est incorporé dans les formules visant à réduire les impacts CC, EUT et ACI. En ce qui concerne les céréales, le blé est plus intéressant que le maïs pour réduire les impacts CC, EUT et CED de la production d'aliment. Van der Werf et al. (2005) avaient aussi identifié le blé comme matière première à favoriser par rapport au maïs pour obtenir des formules moins coûteuses en énergie. Lorsque l'on souhaite réduire l'impact ACI, le maïs apparaît plus intéressant que le blé. Le triticale devient un ingrédient intéressant pour réduire CED et EUT. Dans le cas des tourteaux, leur incorporation dépend du contexte d'approvisionnement et du type d'aliment considéré. Le tourteau de tournesol est défavorable aux impacts EUT et SOL mais favorable pour réduire l'impact ACI. Les pulpes de betterave permettent de réduire les impacts SOL, EUT, ACI et CC (selon les contextes d'approvisionnement).

Seule l'étape de la production des aliments est considérée dans cette étude. Néanmoins la prise en compte de l'ensemble du système de l'élevage pourrait permettre d'évaluer de façon plus précise l'impact environnemental de l'aliment, notamment en considérant l'excrétion d'azote par les animaux, et permettrait ainsi de discriminer davantage les différents profils en matières premières des formules. En effet certaines formules, dont l'impact n'est pas inférieur (ou supérieur) aux autres, pourraient alors peut-être se distinguer des autres avec des impacts différents. Cette prise en compte de l'ensemble du système avait permis à Garcia-Launay et al. (2013) et Eriksson et al. (2005) de conclure que l'ajout d'acides aminés de synthèse était un facteur important pour diminuer l'impact environnemental de la production porcine.

Les formules visant à réduire les différents impacts environnementaux ont un coût supérieur à celui des formules initiales tout comme le montre Nguyen et al. (2012). Néanmoins il est possible de proposer des formules présentant des baisses majeures d'impacts à un coût raisonnable puisque l'augmentation du prix est toujours inférieure à 10% du prix de la formule initiale quelle que soit la réduction d'impact considérée. En effet pour une baisse de 10% de l'impact de la production d'aliment sur le changement climatique le prix augmente au maximum de 2,4% et une même réduction de la demande en énergie entraîne une hausse de 2,0% du prix initial. Une réduction de 20% des impacts sur l'occupation des sols, l'eutrophisation et l'acidification implique une augmentation du prix des formules d'au maximum 5,6%, 6,5% et 6,0% respectivement, quel que soit le type d'aliment considéré. Dans la plupart des cas, pour une même diminution d'impact la

différence de prix entre les formules d'aliment complet et les formules d'aliment complémentaire n'excède pas 1%.

Cependant, il apparaît difficile de réduire tous les impacts en même temps. Même si, une réduction de l'impact CC permet de diminuer également les impacts SOL et ACI, et que ces deux impacts évoluent de la même façon dans la plupart des situations rencontrées dans cette étude mais augmentent lorsque réduction de l'impact CED est recherchée. De même, lorsque l'impact EUT est réduit, l'impact SOL diminue alors que l'impact ACI tend à augmenter. La réduction de l'impact SOL permet de diminuer les impacts EUT et ACI. Par contre, lorsque les impacts EUT, ACI et SOL sont réduits l'impact CED augmente. L'impact CC apparaît n'être lié qu'à l'impact EUT : cependant lorsque ce dernier est réduit, l'impact CC augmente. Ainsi tous les impacts étudiés ne peuvent pas être réduits en même temps, la réduction d'un des cinq impacts entraînant toujours une hausse d'au moins un autre impact. L'optimisation des impacts environnementaux doit donc se faire en privilégiant certains d'entre eux dans un premier temps, tout en limitant la progression d'autres impacts qui leur sont opposés. Des choix sont donc à opérer parmi l'ensemble des impacts environnementaux pris en compte dans cette étude.

Conclusion

Cette étude permet de dresser un état des lieux de l'impact environnemental de la production d'aliments complet et complémentaire destinés à des porcs charcutiers. Cette évaluation est réalisée pour différentes modalités d'approvisionnement en matières premières et dans plusieurs contextes de prix. Cinq impacts environnementaux sont pris en compte: le changement climatique, la demande en énergie, l'occupation des sols, l'eutrophisation et l'acidification. L'implantation d'une usine de fabrication d'aliment ainsi que sa stratégie d'approvisionnement en matières premières influence la composition des formules d'aliment, celle-ci s'approvisionnant en fonction du prix d'intérêt de chaque matière première et selon le contexte de prix général du marché. Nos observations montrent que selon la région d'implantation et le contexte de prix des matières premières, la modification de la composition des aliments entraîne une variation de l'impact environnemental des aliments. Ainsi entre 2005 et 2012 la production de l'aliment complet entraîne une diminution de l'impact de la production d'aliment complet sur l'occupation des sols, mais augmente la demande en énergie et l'impact sur le changement climatique. Cela est expliqué par la disparition des protéagineux et des issues de céréales entre 2005 et 2012. L'aliment complémentaire présente un bilan environnemental plus satisfaisant en raison de l'utilisation de 50% de maïs grain humide dont l'impact environnemental est plus faible que celui du maïs sec (357 contre 462 kg CO₂ éq./T pour l'impact sur le changement climatique ; 3339 contre 3621 MJ/T pour la demande en énergie ; 0,95 contre 2,60 kg SO₂ éq./T pour l'impact sur l'acidification et 1138 contre 1239 m²/an/T pour l'impact sur l'occupation des sols). Cependant, ce type d'aliment est associé à un impact eutrophisation plus important en raison de l'impact du maïs grain humide sur l'eutrophisation plus important que celui du maïs sec (5,23 contre 4,7 kg PO₄³⁻ éq/T). Cet impact est local donc selon les objectifs d'optimisation de l'impact environnemental des porcs par la voie alimentaire l'aliment complémentaire peut être défavorable d'un point de vue local par rapport à l'aliment complet.

Le transport des matières premières contribue pour environ 20% à la demande en énergie d'une tonne d'aliment porc charcutier et pour moins de 13% aux autres impacts environnementaux. La production des matières premières constitue par conséquent l'étape la plus importante en termes d'impacts environnementaux. En partie en raison du fait que le transport par la voie ferroviaire présente moins d'impacts que le transport par camion, l'intérêt de l'utilisation de matières premières locales n'a pas été confirmé dans cette étude. Cependant, les hypothèses d'approvisionnement des usines de cette étude peuvent avoir influencé ce résultat.

Une réduction des impacts environnementaux de la production d'aliment est possible. Elle est cependant variable selon l'impact environnemental considéré : elle peut ainsi être plus intense pour l'impact « Occupation des sols » et les potentiels d'eutrophisation et d'acidification que pour la demande en énergie et l'impact sur le changement climatique. En effet, elle peut être de l'ordre de 20% voire plus, pour les trois premiers impacts alors que pour les deux derniers elle est de moins de 10%. Le contexte d'approvisionnement en matières premières influence les possibilités de diminution des impacts. L'effet sur le prix des aliments est une augmentation inférieure à 10% pour l'ensemble des impacts.

Cette étude montre que les impacts environnementaux ne peuvent pas être tous réduits en même temps. Seuls le potentiel d'acidification et l'occupation des sols évoluent dans le même sens quel que soit le contexte d'approvisionnement en matières premières. Les autres impacts ne varient pas toujours de la même façon. Par exemple, la demande en énergie et le changement climatique évoluent parfois de la même façon mais pas toujours selon le contexte d'approvisionnement en matières premières.

L'évaluation de l'impact environnemental de la production d'aliment porcin ainsi que la réduction de celui-ci doivent se faire à l'échelle d'une usine de fabrication d'aliment. En effet la situation géographique de l'usine ainsi que sa stratégie d'approvisionnement en matières premières influencent l'utilisation de ces matières premières, par conséquent ces paramètres influencent la composition des formules et les impacts environnementaux associés. De plus l'optimisation de l'impact environnemental des aliments ne doit pas se faire uniquement en fonction de la proximité des matières premières, étant donnée la faible contribution du transport à la plupart des impacts, mais bien en fonction des matières premières elles-mêmes. Enfin, lorsque l'on souhaite réduire un impact environnemental il est nécessaire d'étudier aussi l'évolution des autres impacts afin d'aboutir à un compromis entre la réduction d'un impact et l'augmentation de l'autre, selon la situation géographique où se trouve l'usine de fabrication d'aliment.

Cette étude permet de livrer des pistes de réflexion pour la réduction de l'impact environnemental de la production porcine par la voie alimentaire. Néanmoins elle possède plusieurs limites, notamment en ce qui concerne les valeurs ACV prises en compte pour chaque matière première. En effet, selon la source des données utilisées les méthodes de calcul de ces valeurs ou les références utilisées pour les calculs ne sont pas toujours les mêmes, rendant la comparaison entre l'intérêt des différentes matières premières délicate. De plus, les valeurs utilisées sont des moyennes nationales et les itinéraires techniques de production des matières premières peuvent être très différents selon le bassin de production. C'est pourquoi l'établissement d'une base de données avec des valeurs d'impacts régionales calculées avec la même méthode est donc nécessaire et devrait voir le jour dans le cadre du projet mené par l'IFIP. Enfin, les hypothèses concernant l'approvisionnement des usines ne reflètent pas les pratiques de toutes les usines françaises, aussi les valeurs annoncées dans cette étude permettent d'avoir simplement une idée des impacts environnementaux que peut entraîner la production d'aliment porcin.

Le projet mené par l'IFIP ainsi que d'autres organismes a pour objectif notamment d'approfondir les idées issues de cette étude afin de formaliser des outils de conseils pour les acteurs des productions animales dans le but de réduire les impacts environnementaux des aliments du bétail tout en prenant en compte les aspects d'ordres économique et social.

Bibliographie

Basset-Mens C., van der Werf H.M.G. (2005). Scenario-based environmental assessment of farming systems: the case of pig production in France. *Agriculture, ecosystems and environment*, 105, pp. 127-144.

Eriksson I.S., Elmquist H., Stern S., Nybrant T. (2005). Environmental systems analysis of pig production – The impact of feed choice. *Environmental systems analysis*, 10, 2, pp. 143-154.

Espagnol S., Lagadec S., Salaün Y. (2009). Première estimation de l’empreinte carbone de la production porcine au portail de la ferme. *Techniporc*, 32, 4, pp. 25-34.

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, pp. 109-114.

Garcia-Launay F., van der Werf H.M.G., Nguyen T.T.H., Le Tutour L., Dourmad J.-Y. (2013). L’incorporation d’acides aminés dans les aliments permet de réduire l’impact environnemental de la production porcine. *Journées de la recherche porcine*, non publié à l’heure actuelle.

Lammers P. J., Kenealy M. D., Kliebenstien J. B., Harmon J. D., Helmers M. J., Honeyman M. S. (2010). Nonsolar energy use and one-hundred-year global warming potential of Iowa swine feedstuffs and feeding strategies. *Journal of animal science*, 88, pp. 1204-1212.

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, 12, pp. 1972-1983.

Nguyen T.T.H., Bouvarel I., Ponchant P., van der Werf H.M.G. (2012). Using environmental constraints to formulate low-impact poultry feeds. *Journal of cleaner production*, 28, pp. 215-224.

Pelletier N. (2008). Environmental performance in the US broiler poultry sector: life cycle energy use and greenhouse gas, ozone depleting, acidifying and eutrophying emissions. *Agricultural systems*, 98, pp. 67-73.

Rigolot C., Meda B., Espagnol S., Trochet T., Dourmad J.-Y. (2009). Analyses de cycle de vie (ACV) de 5 systèmes porcins avec différentes hypothèses de comptabilisation des impacts. *Journées de la Recherche Porcine*, 41, pp. 1-2.

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. *Agricultural systems*, 83, pp. 153-177.

Sitographie

Insee. Pouvoir de Réchauffement Climatique (PRG) / Définition. [<http://www.insee.fr/fr/methodes/default.asp?page=definitions/pouvoir-rechauffement-global.htm>] (Consulté le 24 juin 2013).

La Dépêche – le petit meunier. L’hebdo. Un numéro mensuel (1^{ère} quinzaine du mois) pour les années 2005, 2008 et 2012. [<http://www.depeche.fr>] (Consulté courant mars et avril 2013).

Liste des annexes

Annexe I : Modalités d'approvisionnement en matières premières des usines étudiées

Annexe II : Listes de prix des matières premières pour 2005, 2008 et 2012

Annexe III : Méthodes de calcul des valeurs d'impacts des matières premières

Annexe IV : Valeurs d'impacts des matières premières

Annexe V : Formules d'aliment complet pour les années 2005, 2008 et 2012

Annexe VI : Formules d'aliment complémentaire pour les années 2005, 2008 et 2012

Annexe VII : Formules d'aliment complet pour une baisse de l'impact changement climatique

Annexe VIII : Formules d'aliment complet pour une baisse de l'impact demande en énergie

Annexe IX : Formules d'aliment complet pour une baisse de l'impact occupation des sols

Annexe X : Formules d'aliment complet pour une baisse de l'impact eutrophisation

Annexe XI : Formules d'aliment complet pour une baisse de l'impact acidification

Annexe XII : Formules d'aliment complémentaire pour une baisse de l'impact changement climatique

Annexe XIII : Formules d'aliment complémentaire pour une baisse de l'impact demande en énergie

Annexe XIV : Formules d'aliment complémentaire pour une baisse de l'impact occupation des sols

Annexe XV : Formules d'aliment complémentaire pour une baisse de l'impact eutrophisation

Annexe XVI : Formules d'aliment complémentaire pour une baisse de l'impact acidification

Annexe I : Modalités d'approvisionnement en matières premières des usines étudiées

- Usine de Rennes

Matière Première	Origines des approvisionnements	Distances
Blé	35% local, 65% Centre	Local : 100 km ; Rennes - Centre : 333 km
Maïs sec	10% en local, 40% Poitou, 50% Aquitaine	Local : 100 km ; Rennes - Poitou : 344 km ; Rennes - Aquitaine : 485 km
Orge	35% local, 65% Centre	Local : 100 km ; Rennes - Centre : 333 km
Triticale	80% local, 20% Centre	Local : 100 km ; Rennes - Centre : 333 km
Son	40% local, 60% Ile de France	Local : 100 km ; Rennes - Ile de France : 370 km
Remoulage	40% local, 60% Ile de France	Local : 100 km ; Rennes - Ile de France : 370 km
Gluten feed de blé	100% Nord Pas de Calais	Rennes - Nord Pas de Calais : 560 km
Drèches de blé	70% Lillebonne, 30% Bazancourt	Rennes - Lillebonne : 275 km ; Rennes - Bazancourt : 510 km
Drèches de maïs	100% Lacq	Rennes - Lacq : 673 km
Pulpes de betterave	100% Picardie Nord Pas de calais	Rennes - Nord Pas de Calais : 560 km
Tourteau de soja	80% Montoir, 20% Brest	Rennes - Montoir : 116 km ; Rennes - Brest : 243 km
Tourteau de colza	70% Montoir, 10% Brest, 20% Rouen	Rennes - Montoir : 116 km ; Rennes - Brest : 243 km ; Rennes - Rouen : 309 km
Tourteau de tournesol	50% St-Nazaire, 5% Brest, 30% Lezoux, 15% Bassens	Rennes - St Nazaire : 125 km ; Rennes - Brest : 243 km ; Rennes - Lezoux : 606 km ; Rennes - Bassens : 449 km
Pois	10% local, 90% Haute normandie	Local : 100 km ; Rennes - Haute Normandie : 311 km
Féverole	50% Poitou Charentes, 50% Haute Normandie	Rennes - Poitou Charentes : 344 km ; Rennes - Haute Normandie : 311 km
Graine de colza	30% local, 70% Bourgogne	Local : 100 km ; Rennes - Bourgogne : 615 km
Graine de tournesol	100% Poitou-Charentes	Rennes - Poitou Charentes : 344 km
Huile végétale	65% Brest, 35% Rouen	Rennes - Rouen : 309 km ; Rennes- Brest : 243 km

- Usine de l'Allier

Matière Première	Origines des approvisionnements	Distances
Blé	100% local	Local : 250 km
Mais sec	100% local	Local : 250 km
Orge	100% local	Local : 250 km
Triticale	100% local	Local : 250 km
Son	40% local, 60% Ile de France	Local : 250 km ; Allier - Ile de France : 341 km
Remoulage	40% local, 60% Ile de France	Local : 250 km ; Allier - Ile de France : 341 km
Gluten feed de blé	100% Nord Pas de Calais	Allier - Nord Pas de Calais : 542 km
Drèches de blé	50% Lillebonne, 50% Bazancourt	Allier - Lillebonne : 510 km ; Allier - Bazancourt : 481 km
Drèches de maïs	100% Lacq	Allier - Lacq : 639 km
Pulpes de betterave	100% Picardie Nord Pas de calais	Allier - Nord Pas de Calais : 542 km
Tourteau de soja	50% Belgique, 50% Montoir	Allier -Belgique : 613 km ; Allier - Montoir : 544 km
Tourteau de colza	70% Le Meriot, 30% Montoir	Allier - Le Mériot : 334 km ; Allier - Montoir : 544 km
Tourteau de tournesol	20% St-Nazaire, 80% Lezoux	Allier -St Naz : 553 km ; Allier - Lezoux : 97 km
Pois	70% local, 30% Haute normandie	Local : 250 km ; Allier - Hte Normandie : 488 km
Féverole	50% Poitou Charentes, 50% Picardie	Allier -Poitou : 335 km ; Allier - Picardie : 442 km
Graine de colza	100% local	Local : 250 km
Graine de tournesol	100% Poitou-Charentes	Allier -Poitou : 335 km
Huile végétale	50% Le Mériot, 50% Belgique	Allier- Le Mériot : 334 km ; Allier - Belgique : 613 km

- Usine de Midi-Pyrénées

Matière Première	Origines des approvisionnements	Distances
Blé	70% local, 30% Centre	Local : 250 km ; Midi-Pyrénées - Centre : 503 km
Maïs sec	100% local	Local : 250 km
Orge	70% local, 30% Auvergne	Local : 250 km ; Midi-Pyrénées - Auvergne : 358 km
Triticale	10% local, 90% Auvergne	Local : 250 km ; Midi-Pyrénées - Auvergne : 358 km
Sorgho	100% local	Local : 250 km
Son	40% local, 60% Ile de France	Local : 250 km ; Midi-Pyrénées - Ile de France : 632 km
Remoulage	40% local, 60% Ile de France	Local : 250 km ; Midi-Pyrénées - Ile de France : 632 km
Gluten feed de blé	100% Nord Pas de Calais	Midi-Pyrénées - Nord Pas de Calais : 821 km
Drèches de blé	50% Lillebonne, 50% Bazancourt	Midi-Pyrénées - Bassens : 240 km ; Midi-Pyrénées - Sète : 298 km
Drèches de maïs	100% Lacq	Midi-Pyrénées - Bassens : 240 km ; Midi-Pyrénées - Sète : 298 km
Pulpes de betterave	100% Picardie Nord Pas de calais	Midi-Pyrénées - Lacq : 284 km
Tourteau de soja	80% Bassens, 20% Sète	Midi-Pyrénées - St Nazaire : 639 km ; Midi-Pyrénées - Lezoux : 356 km ; Midi-Pyrénées - Bassens : 240 km
Tourteau de colza	80% Bassens, 20% Sète	Local : 250 km ; Midi-Pyrénées - Haute Normandie : 758 km
Tourteau de tournesol	20% St-Nazaire, 30% Lezoux, 50% Bassens	Midi-Pyrénées - Poitou Charentes : 393 km
Pois	70% local, 30% Haute normandie	Local : 250 km ; Midi-Pyrénées - Bourgogne : 521 km
Féverole	100% Poitou Charentes	Midi-Pyrénées - Poitou Charentes : 393 km
Graine de colza	30% local, 70% Bourgogne	Midi-Pyrénées - Bassens : 240 km ; Midi-Pyrénées - Sète : 298 km
Graine de tournesol	100% Poitou-Charentes	Midi-Pyrénées - Montoir : 630 km
Huile végétale	85% Bassens, 15% Sète	Midi-Pyrénées - Bassens : 240 km ; Midi-Pyrénées - Sète : 298 km

- Usine du Nord Pas de Calais

Matière Première	Origines des approvisionnements	Distances
Blé	100% local	Local : 250 km
Maïs sec	100% local	Local : 250 km
Orge	100% local	Local : 250 km
Triticale	100% local	Local : 250 km
Son	40% local, 60% Ile de France	Local : 250 km ; Nord Pas de Calais - Ile de France : 218 km
Remoulage	40% local, 60% Ile de France	Local : 250 km ; Nord Pas de Calais - Ile de France : 218 km
Gluten feed de blé	100% Nord Pas de Calais	Local : 250 km
Drèches de blé	30% Lillebonne, 35% Bazancourt, 35% Belgique	Nord Pas de Calais - Lillebonne : 280 km ; Nord Pas de Calais - Bazancourt : 194 km ; Nord Pas de Calais - Belgique : 147 km
Drèches de maïs	100% Lacq	Nord Pas de Calais - Lacq : 1003 km
Pulpes de betterave	100% local	Local : 250 km
Tourteau de soja	100% Belgique	Nord Pas de Calais - Belgique : 147 km
Tourteau de colza	70% Rouen, 30% Le Meriot	Nord Pas de Calais - Rouen : 246 km ; Nord Pas de Calais - Le Mériot : 295 km
Tourteau de tournesol	100% Belgique	Nord Pas de Calais - Belgique : 147 km
Pois	100% local	Local : 250 km
Féverole	100% local	Local : 250 km
Graine de colza	100% local	Local : 250 km
Graine de tournesol	100% Poitou-Charentes	Nord Pas de Calais - Poitou : 675 km
Huile végétale	100% Belgique	Nord Pas de Calais - Belgique : 147 km

- Usine de Rhône-Alpes

Matière Première	Origines des approvisionnements	Distances
Blé	70% local, 30% Centre	Local : 250 km ; Rhone-Alpes - Centre : 588 km
Maïs sec	100% local	Local : 250 km
Orge	70% local, 30% Auvergne	Local : 250 km ; Rhône-Alpes - Auvergne : 286 km
Triticale	10% local, 90% Auvergne	Local : 250 km ; Rhône-Alpes - Auvergne : 286 km
Son	40% local, 60% Ile de France	Local : 250 km ; Rhône-Alpes - Ile de France : 602 km
Remoulage	40% local, 60% Ile de France	Local : 250 km ; Rhône-Alpes - Ile de France : 602 km
Gluten feed de blé	100% Nord Pas de Calais	Rhône-Alpes - Nord Pas de Calais : 811 km
Drèches de blé	30% Lillebonne, 70% Bazancourt	Rhône-Alpes - Lillebonne : 772 km ; Rhône-Alpes - Bazancourt : 633 km
Drèches de maïs	100% Lacq	Rhône-Alpes - Lacq : 715 km
Pulpes de betterave	100% Picardie Nord Pas de calais	Rhône-Alpes - Nord Pas de Calais : 811 km
Tourteau de soja	50% Belgique, 25% Montoir, 25% Sète	Rhône-Alpes - Belgique : 783 km ; Rhône-Alpes - Montoir : 857 km ; Rhône-Alpes - Sète : 301 km
Tourteau de colza	80% Le Meriot, 20% Sète	Rhône-Alpes - Le Mériot : 549 km ; Rhône-Alpes - Sète : 301 km
Tourteau de tournesol	25% St-Nazaire, 50% Lezoux, 25% Sète	Rhône-Alpes - St Nazaire : 866 km ; Rhône-Alpes - Lezoux : 270 km ; Rhône-Alpes - Sète : 301 km
Pois	70% local, 30% Haute normandie	Local : 250 km ; Rhône-Alpes - Haute Normandie : 750 km
Féverole	50% Poitou Charentes, 50% Picardie	Rhône-Alpes - Poitou : 648 km ; Rhône-Alpes - Picardie : 703 km
Graine de colza	30% local, 70% Bourgogne	Local : 250 km ; Rhône-Alpes - Bourgogne : 314 km
Graine de tournesol	100% Poitou-Charentes	Rhône-Alpes - Poitou : 648 km
Huile végétale	50% Le Mériot, 50% Belgique	Rhône-Alpes - Le Mériot : 549 km ; Rhône-Alpes - Belgique : 783 km

Annexe II : Listes de prix des matières premières pour 2005, 2008 et 2012

- Prix de l'année 2005

	Rennes	Nord	Allier	Midi-Pyrénées	Rhône-Alpes
Blé	110	97	98	107	111
Maïs	120	119	101	120	108
Orge	115	110	104	117	114
Sorgho	Non disp.	Non disp.	Non disp.	116	Non disp.
Triticale	122	101	96	122	101
Son de blé tendre	80	72	72	86	73
Remoulage de blé tendre	100	92	92	111	100
Gluten feed de blé	125	115	127	163	138
Drêches de blé	Non disp.	Non disp.	Non disp.	Non disp.	Non disp.
Drêches de maïs	Non disp.	Non disp.	Non disp.	Non disp.	Non disp.
Fèverole blanche	157	151	145	171	150
Pois	134	128	128	148	124
Graine de colza	229	224	204	230	206
Graine de tournesol	245	261	235	253	252
Tourteau de colza	141	136	137	145	144
Tourteau de soja	215	209	230	231	239
Tourteau de tournesol non décortiqué	125	129	141	131	129
Tourteau de tournesol partiellement décortiqué	150	149	129	150	134
Pulpe de betterave	134	119	119	144	124
Huile Végétale	487	487	487	487	487
Carbonate de calcium	49	49	49	49	49
Phosphate Bicalcique	313	313	313	313	313
Sel	90	90	90	90	90
Prémix	500	500	500	500	500
Lysine	1272	1272	1272	1272	1272
Méthionine	2113	2113	2113	2113	2113
Thréonine	3267	3267	3267	3267	3267
Tryptophane	23750	23750	23750	23750	23750
Phytase microbienne	12500	12500	12500	12500	12500

- Prix de l'année 2008

	Rennes	Nord	Allier	Midi-Pyrénées	Rhône-Alpes
Blé	186	193	200	205	215
Maïs	185	185	171	177	179
Orge	175	172	176	177	180
Sorgho	Non disp.	Non disp.	Non disp.	177	Non disp.
Triticale	200	190	175	200	212
Son de blé tendre	140	132	132	138	140
Remoulage de blé tendre	172	164	164	171	172
Gluten feed de blé	215	205	226	303	237
Drèches de blé	Non disp.	Non disp.	Non disp.	Non disp.	Non disp.
Drèches de maïs	Non disp.	Non disp.	Non disp.	Non disp.	Non disp.
Fèverole blanche	Non disp.	Non disp.	Non disp.	Non disp.	Non disp.
Pois	240	234	232	254	257
Graine de colza	419	414	427	402	449
Graine de tournesol	468	484	484	464	475
Tourteau de colza	220	218	218	222	225
Tourteau de soja	337	330	352	338	360
Tourteau de tournesol non décortiqué	191	207	207	195	195
Tourteau de tournesol partiellement décortiqué	238	237	217	238	222
Pulpe de betterave	227	212	212	237	217
Huile Végétale	951	951	951	951	951
Carbonate de calcium	50	50	50	50	50
Phosphate Bicalcique	765	765	765	765	765
Sel	90	90	90	90	90
Prémix	500	500	500	500	500
Lysine	1600	1600	1600	1600	1600
Méthionine	3538	3538	3538	3538	3538
Thréonine	1755	1755	1755	1755	1755
Tryptophane	22458	22458	22458	22458	22458
Phytase microbienne	9625	9625	9625	9625	9625

- Prix de l'année 2012

	Rennes	Nord	Allier	Midi-Pyrénées	Rhône-Alpes
Blé	232	227	220	235	237
Maïs	236	233	217	223	220
Orge	228	224	217	232	233
Sorgho	Non disp.	Non disp.	Non disp.	220	Non disp.
Triticale	246	235	220	246	227
Son de blé tendre	173	165	165	176	151
Remoulage de blé tendre	198	190	190	202	198
Gluten feed de blé	248	238	263	278	273
Drèches de blé	302	287	284	312	292
Drèches de maïs	323	302	323	300	323
Fèverole blanche	Non disp.	Non disp.	Non disp.	Non disp.	Non disp.
Pois	291	285	291	305	297
Graine de colza	495	490	499	514	499
Graine de tournesol	489	505	505	501	500
Tourteau de colza	282	282	280	292	287
Tourteau de soja	440	435	455	456	465
Tourteau de tournesol non décortiqué	221	243	237	231	228
Tourteau de tournesol partiellement décortiqué	316	315	295	316	300
Pulpe de betterave	219	204	204	229	209
Huile Végétale	1046	1046	1046	1046	1046
Carbonate de calcium	50	50	50	50	50
Phosphate Bicalcique	540	540	540	540	540
Sel	90	90	90	90	90
Prémix	500	500	500	500	500
Lysine	1990	1990	1990	1990	1990
Méthionine	3351	3351	3351	3351	3351
Thréonine	1996	1996	1996	1996	1996
Tryptophane	15133	15133	15133	15133	15133
Phytase microbienne	9500	9500	9500	9500	9500

Annexe III : Méthodes de calcul des valeurs d'impacts des matières premières

Les valeurs d'impact environnemental peuvent être calculées selon différentes méthodes et ces méthodes ainsi que les références utilisées dans les calculs évoluent au cours du temps. Aussi des différences liées à ce calcul peuvent être observées entre les valeurs utilisées dans cette étude. Néanmoins dans la mesure du possible il a été veillé à l'homogénéité des méthodes de calcul.

Les impacts sur le changement climatique, le potentiel d'eutrophisation, le potentiel d'acidification et l'occupation des sols, sont calculés en utilisant les méthodes de caractérisation CML2 "baseline" et "all categories" 2001. Pour les matières premières issues des publications de Nguyen et al. (2012) et Mosnier et al. (2011) les valeurs de caractérisation des facteurs du PRG100 sont en accord avec les directives IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) actualisées en 2007 (CO₂ : 1 ; CH₄ : 25 ; N₂O : 298). Néanmoins pour certaines matières premières ce ne sont pas les mêmes valeurs qui ont été prises pour les calculs de l'impact "changement climatique". Dans le cas du maïs humide, de l'orge et de la graine de tournesol ce sont les valeurs des directives IPCC de 2001 qui ont été prises en compte, à savoir 23 pour le CH₄ et 296 pour le N₂O. Enfin les données de PRG issues de la publication de van der Werf et al. (2005) pour le triticale et la pulpe de betterave ont été calculées avec les valeurs suivantes : CO₂ : 1 ; N₂O : 310 et CH₄ : 21. Ces données sont issues des directives IPCC citées par Houghton et al. (1996 ; cité par van der Werf et al., 2005).

Pour la plupart des données l'impact sur la demande en énergie a été calculé selon la méthode CED v1.05, avec une mise à jour des facteurs de caractérisation du méthane et de l'oxyde d'azote (nouvelles valeurs : 25 et 298 kg CO₂ éq. respectivement). Une autre méthode a été employée pour certaines données confidentielles.

Les méthodes CML 2001 et CED sont décrites dans la publication de Frischknecht et al. (2007) (cité par Nguyen et al., 2012).

Annexe IV : Valeurs d'impacts des matières premières

	Changement climatique (kg CO ₂ éq./ T de MP)	Demande en énergie totale (MJ / T de MP)	Occupation des sols (m ² / an / T de MP)	Eutrophisation (kg PO ₄ ³⁻ éq./ T de MP)	Acidification (kg SO ₂ éq./ T de MP)
Blé <i>Nguyen et al., 2012</i>	502	2921	1439	3,93	4,20
Maïs Grain Humide <i>Confidentiel</i>					
Maïs Sec <i>Nguyen et al., 2012</i>	462	3621	1239	4,73	2,60
Sorgho <i>Confidentiel</i>					
Orge <i>Mosnier et al., 2011</i>	465	3021	1579	3,93	3,80
Triticale <i>van der Werf et al., 2005</i>	439	2000	1650	3,09	5,70
Son de blé* <i>Nguyen et al., 2012</i>	230	2025	599	1,65	1,89
Remoulage de blé* <i>Confidentiel</i>					
Drêches de blé <i>Confidentiel</i>					
Drêches de maïs <i>Confidentiel</i>					
Gluten Feed de blé <i>Confidentiel</i>					
Tourteau de colza <i>Nguyen et al., 2012</i>	412	3121	1209	3,33	3,60
Tourteau de tournesol <i>Nguyen et al., 2012</i>	272	2321	1649	4,03	1,70
Tourteau de soja <i>Confidentiel</i>					
Pois <i>Nguyen et al., 2012</i>	332	3321	2559	8,93	1,50
Féverole <i>Nguyen et al., 2012</i>	252	2721	2519	8,83	1,10

* Avec 100 km de transport en camion

	Changement climatique (kg CO ₂ éq./ T de MP)	Demande en énergie totale (MJ / T de MP)	Occupation des sols (m ² / an / T de MP)	Eutrophisation (kg PO ₄ ³⁻ éq./ T de MP)	Acidification (kg SO ₂ éq./ T de MP)
Graine de colza	<i>Confidentiel</i>				
Graine tournesol	<i>Confidentiel</i>				
Pulpe de betterave <i>van der Werf et al., 2005</i>	425	7800	41	0,30	1,20
Huile Végétale	<i>Confidentiel</i>				
Sel <i>Nguyen et al., 2012</i>	230	3800	10	0,20	1,00
Phosphate monocalcique <i>Mosnier et al., 2011</i>	1202	18400	320	14,90	30,80
Phosphate bicalcique <i>Nguyen et al., 2012</i>	960	14600	260	13,20	25,10
Carbonate de calcium <i>Mosnier et al., 2011</i>	44	900	0	0,00	0,20
L-Lysine	<i>Confidentiel</i>				
L-Threonine	<i>Confidentiel</i>				
DL-Méthionine	<i>Confidentiel</i>				
L-Tryptophane <i>Didier Gaudré (communication personnelle)</i>	5343	103822	3271	13,13	51,92
Prémix <i>50% carbonate</i>	22	450	0	0,00	0,10
Phytase <i>Mosnier et al., 2011</i>	1900	26000	150	2,20	4,80

Annexe V : Formules d'aliment complet pour les années 2005, 2008 et 2012

- Formules pour les régions Rennes, Allier et Midi-Pyrénées

	Rennes			Allier			Midi-Pyrénées		
	2005	2008	2012	2005	2008	2012	2005	2008	2012
Blé	500	289	500	500		500	500		176
Maïs sec	136	254	218	103	437	235	91	429	500
Orge	4	241			264	17	66	279	
Triticale				50	50				
Sorgho							50	50	50
Son	98	17		79	4	14	83	28	
Remoulage	25		65	22	33	22			26
Drèches de blé						14			
Tourteau de soja	17	12	5	4	21	2	12	23	10
Tourteau de colza	67	159	90	69	163	103	103	163	103
Tourteau de tournesol			62	17		64			107
Pois	100		30	100			65		
Féverole	23			26					
Graine de colza	1			2			1		
Huile végétale	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Sel	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Carbonate de calcium	13,99	12,61	13,47	13,83	12,57	13,46	13,20	12,85	12,79
L-Lysine	2,71	3,40	3,67	2,87	3,13	4,02	3,24	3,19	3,80
L-Threonine	0,44	0,28	0,43	0,48	0,15	0,43	0,48	0,16	0,21
DL-Méthionine	0,10			0,07			0,01		
Tryptophane			0,02		0,09	0,01		0,10	0,11
Prémix	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Phytase	0,06	0,06	0,07	0,06	0,06	0,08	0,06	0,06	0,09

- Formules pour les régions Nord et Rhône-Alpes

	Nord			Rhône-Alpes		
	2005	2008	2012	2005	2008	2012
Blé	500	235	500	500		185
Maïs sec	92	255	83	104	461	500
Orge		307	135		294	
Triticale	50			50		
Sorgho						
Son	95			98	7	132
Remoulage	23		107		25	
Drèches de blé			29			6
Tourteau de soja	10	14	14	5	23	67
Tourteau de colza	66	160	82	66	163	49
Tourteau de tournesol				18		31
Pois	100		20	100		
Féverole	33			26		
Graine de colza	1			4		
Huile végétale	3	3	3	3	3	3
Sel	4	4	4	4	4	4
Carbonate de calcium	13,91	12,72	14,05	13,51	12,60	14,02
L-Lysine	2,71	3,32	3,76	2,84	3,12	3,19
L-Threonine	0,48	0,25	0,59	0,47	0,13	0,28
DL-Méthionine	0,14			0,07		
Tryptophane					0,10	0,07
Prémix	5	5	5	5	5	5
Phytase	0,06	0,06	0,07	0,06	0,06	0,09

Annexe VI : Formules d'aliment complémentaire pour les années 2005, 2008 et 2012

- Formules pour les régions Rennes, Allier et Midi-Pyrénées

	Rennes			Allier			Midi-Pyrénées		
	2005	2008	2012	2005	2008	2012	2005	2008	2012
Blé	174	65	229	246		235	202		177
Maïs grain humide	500	500	500	500	500	500	500	500	500
Orge		166			217			167	
Triticale					18				
Sorgho				4	38	3		50	50
Son	120	69			27	11	99	96	
Remoulage			33			18			32
Drêches de blé									
Tourteau de soja	85	38	12	14	39		71	61	11
Tourteau de colza	77	136	108	85	136	110	103	99	108
Tourteau de tournesol			92	124		95			95
Pois	18								
Graine de colza									
Huile végétale	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Sel	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Phosphate bicalcique				0,11			0		
Carbonate de calcium	13,39	13,06	12,39	13,04	13,17	13,40	13,00	13,18	12,99
L-Lysine	2,34	3,10	3,72	3,54	3,03	3,99	2,65	2,96	3,76
L-Threonine		0,16	0,21	0,01	0,14	0,26		0,18	0,21
Tryptophane		0,11	0,10	0,01	0,10	0,11	0,01	0,10	0,11
Prémix	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Phytase	0,07	0,07	0,08	0,09	0,07	0,09	0,07	0,08	0,08

- Formules pour les régions Nord et Rhône-Alpes

	Nord			Rhône-Alpes		
	2005	2008	2012	2005	2008	2012
Blé	186		171	60		187
Maïs grain humide	500	500	500	500	500	500
Orge		246			259	
Triticale				50		
Sorgho						
Son	134	51	111	122		128
Remoulage			52		18	
Drêches de blé						18
Tourteau de soja	94	44	78	62	20	61
Tourteau de colza	58	132	39	53	160	52
Tourteau de tournesol			21	25	16	26
Pois				100		
Graine de colza				2		
Huile végétale	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Sel	4	4	4	4	4	4
Phosphate bicalcique	0				0,00	0,00
Carbonate de calcium	13,96	12,56	14,72	13,62	12,37	14,32
L-Lysine	2,51	2,98	3,02	2,03	3,19	3,34
L-Threonine	0,05	0,13	0,27		0,11	0,32
Tryptophane	0,00	0,10	0,06	0,08	0,11	0,08
Prémix	5	5	5	5	5	5
Phytase	0,07	0,07	0,08	0,07	0,07	0,09

Annexe VII : Formules d'aliment complet pour une baisse de l'impact changement climatique

- Formule des régions Rennes, Allier et Midi-Pyrénées

	Rennes			Allier			Midi-Pyrénées	
	0%	5%	6%	0%	5%	7%	0%	3%
Blé	500	292	209	500	283	193	176	115
Maïs sec	218	387	422	235	397	469	500	500
Orge				17				
Triticale					33			33
Sorgho							50	50
Son				14				
Remoulage	65			22	19	6	26	17
Drèches de blé				14				
Gluten feed de blé		65	123		10	89		15
Pulpes de betteraves		16	34					
Tourteau de soja	5	1	13	2		19	10	5
Tourteau de colza	90	122	142	103	99	73	103	99
Tourteau de tournesol	62	55		64	97	88	107	106
Pois	30	30	30		30	30		30
Graine de colza					3	4		1
Graine de tournesol		4						
Huile végétale	3	3	3	3	3	3	3	3
Sel	4	4	4	4	4	4	4	4
Carbonate de calcium	13,47	12,15	11,77	13,46	12,88	13,19	12,79	12,92
L-Lysine	3,67	3,68	3,41	4,02	3,67	3,63	3,80	3,64
L-Threonine	0,43	0,34	0,30	0,43	0,29	0,28	0,21	0,22
DL-Méthionine								
Tryptophane	0,02	0,12	0,15	0,01	0,08	0,12	0,11	0,15
Prémix	5	5	5	5	5	5	5	5
Phytase	0,07	0,07	0,06	0,08	0,08	0,08	0,09	0,08
<i>Prix (€)</i>	246,2	253,3	257,1	236,3	239,4	246,5	245,4	247,9

- Formules pour les régions Nord et Rhône-Alpes

	Nord			Rhône-Alpes		
	0%	5%	10%	0%	5%	8%
Blé	500	500	500	185	198	175
Maïs sec	83	216	170	500	500	500
Orge	135					
Triticale						18
Sorgho						
Son				132	46	29
Remoulage	107	58				2
Drèches de blé	29	7	1	6	54	33
Gluten feed de blé		2	116			
Pulpes de betteraves		3	22			
Tourteau de soja	14		5	67	6	
Tourteau de colza	82	95	127	49	64	73
Tourteau de tournesol		59		31	91	107
Pois	20	30	30		11	30
Graine de colza			1			4
Graine de tournesol						
Huile végétale	3	3	3	3	3	3
Sel	4	4	4	4	4	4
Carbonate de calcium	14,05	13,33	12,09	14,02	13,77	13,76
L-Lysine	3,76	3,78	3,68	3,19	4,23	3,96
L-Threonine	0,59	0,45	0,48	0,28	0,41	0,34
DL-Méthionine			0,01			
Tryptophane		0,02	0,03	0,07	0,14	0,15
Prémix	5	5	5	5	5	5
Phytase	0,07	0,07	0,06	0,09	0,10	0,09
<i>Prix (€)</i>	242,5	243,9	248,4	243,5	243,7	244,3

Annexe VIII : Formules d'aliment complet pour une baisse de l'impact demande en énergie

- Formule des régions Rennes, Allier et Midi-Pyrénées

	Rennes		Allier		Midi-Pyrénées			
	0%	4%	0%	5%	0%	5%	10%	11%
Blé	500	500	500	500	176	478	500	500
Maïs sec	218	35	235	81	500	217	54	8
Orge		189	17	125			98	153
Triticale		25		33		5	50	50
Son			14			15	29	14
Remoulage	65	52	22	35	26	27	15	14
Drèches de blé			14	6				
Gluten feed de blé				42				
Tourteau de soja	5		2	6	10	7		
Tourteau de colza	90	125	103	123	103	102	124	138
Tourteau de tournesol	62	7	64		107	69	17	10
Sorgho					50	50	50	50
Pois	30	30		20			30	30
Graine de colza		9					3	6
Huile végétale	3	3	3	3	3	3	3	3
Sel	4	4	4	4	4	4	4	4
Carbonate de calcium	13,47	12,99	13,46	13,14	12,79	13,24	12,86	12,48
L-Lysine	3,67	3,46	4,02	3,65	3,80	3,90	3,58	3,41
L-Threonine	0,43	0,48	0,43	0,49	0,21	0,41	0,48	0,40
DL-Méthionine								
Tryptophane	0,02		0,01	0,01	0,11	0,01	0,01	
Prémix	5	5	5	5	5	5	5	5
Phytase	0,07	0,06	0,08	0,06	0,09	0,08	0,06	0,06
<i>Prix (€)</i>	246,2	248,6	236,3	239,8	245,4	246,4	250,3	252,6

- Formules pour les régions Nord et Rhône-Alpes

	Nord			Rhône-Alpes			
	0%	5%	9%	0%	5%	10%	14%
Blé	500	500	500	185	211	294	452
Maïs sec	83	76	74	500	474	389	177
Orge	135	118	105				58
Triticale		18	18		18	49	50
Son				132	83	5	26
Remoulage	107	106	96		1	24	
Drèches de blé	29	14	3	6			
Gluten feed de blé		6	42				4
Tourteau de soja	14	17	26	67	41	7	
Tourteau de colza	82	86	76	49	78	106	100
Tourteau de tournesol				31	55	85	65
Sorgho							
Pois	20	30	30		11	13	30
Graine de colza			2				10
Huile végétale	3	3	3	3	3	3	3
Sel	4	4	4	4	4	4	4
Carbonate de calcium	14,05	13,48	13,59	14,02	13,56	12,90	12,88
L-Lysine	3,76	3,54	3,43	3,19	3,33	3,68	3,64
L-Threonine	0,59	0,55	0,53	0,28	0,26	0,28	0,41
DL-Méthionine			0,02				
Tryptophane		0,01	0,02	0,07	0,08	0,06	
Prémix	5	5	5	5	5	5	5
Phytase	0,07	0,06	0,06	0,09	0,08	0,08	0,07
<i>Prix (€)</i>	242,5	243,0	245,1	243,5	243,7	244,7	248,6

Annexe IX : Formules d'aliment complet pour une baisse de l'impact occupation des sols

- Formule des régions Rennes, Allier et Midi-Pyrénées

	Rennes					Allier			Midi-Pyrénées				
	0%	5%	10%	20%	30%	0%	5%	10%	0%	5%	10%	20%	30%
Blé	500	500	480	278	122	500	463	333	176	113	150	57	72
Maïs sec	218	223	210	338	456	235	258	353	500	500	462	500	500
Orge						17							
Sorgho									50	50	50	50	
Son				30		14	29	47					
Remoulage	65	78	107	121	38	22	37	52	26	132	97	100	63
Drèches de blé		26	60	57	53	14	44	65		10	72	60	51
Drèches de maïs					25								41
Gluten feed de blé			7	49	147							42	104
Pulpes de betteraves			4	24	53		4	5		8	45	70	
Tourteau de soja	5	13	15	49	52	2	8	20	10	50	16	22	59
Tourteau de colza	90	63	27	25	23	103	68	36	103	30	28	87	10
Tourteau de tournesol	62	67	59			64	59	58	107	86	87	8	
Pois	30												
Huile végétale	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Sel	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Phosphate bicalcique					0,17								0,09
Carbonate de calcium	13,47	13,94	14,45	13,72	12,59	13,46	13,74	14,28	12,79	13,98	14,48	12,00	12,35
L-Lysine	3,67	4,09	4,39	3,86	4,01	4,02	4,25	4,30	3,80	3,54	4,42	3,96	3,95
L-Threonine	0,43	0,51	0,65	0,59	0,53	0,43	0,55	0,57	0,21	0,30	0,52	0,45	0,53
DL-Méthionine		0,01	0,04	0,04	0,05							0,01	0,79
Tryptophane	0,02		0,01	0,05	0,18	0,01	0,03	0,05	0,11	0,08	0,12	0,18	0,22
Prémix	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Phytase	0,07	0,09	0,10	0,10	0,11	0,08	0,09	0,10	0,09	0,11	0,12	0,09	0,12
<i>Prix (€)</i>	246,2	246,8	248,0	253,6	265,1	236,3	236,9	238,1	245,4	246,4	247,7	253,0	266,8

- Formules pour les régions Nord et Rhône-Alpes

	Nord					Rhône-Alpes				
	0%	5%	10%	20%	30%	0%	5%	10%	20%	25%
Blé	500	496	454	221	86	185	185	179	100	79
Maïs sec	83	111	181	384	488	500	482	462	500	500
Orge	135	77	11							
Son				21		132	137	126	12	29
Remoulage	107	127	143	132	51			25	43	
Drèches de blé	29	47	49	58	54	6	42	65	59	54
Drèches de maïs					25				7	30
Gluten feed de blé		2	14	49	133			11	122	150
Pulpes de betteraves		12	25	28	55		7	16	34	53
Tourteau de soja	14	14	21	49	52	67	58	55	44	56
Tourteau de colza	82	64	53	27	28	49	37	25	50	20
Tourteau de tournesol						31	21	7		
Pois	20	20	20							
Huile végétale	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Sel	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Phosphate bicalcique					0,06					
Carbonate de calcium	14,05	13,61	13,00	13,67	12,09	14,02	14,16	14,45	12,59	12,08
L-Lysine	3,76	3,95	3,90	3,83	3,98	3,19	3,58	3,80	3,97	4,03
L-Threonine	0,59	0,66	0,65	0,56	0,51	0,28	0,42	0,52	0,49	0,51
DL-Méthionine		0,04	0,05	0,02	0,05			0,02	0,03	0,04
Tryptophane			0,02	0,07	0,20	0,07	0,09	0,10	0,18	0,22
Prémix	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Phytase	0,07	0,08	0,08	0,10	0,12	0,09	0,09	0,10	0,09	0,12
<i>Prix (€)</i>	242,5	242,9	244,1	248,9	258,8	243,5	243,7	245,2	255,8	262,6

Annexe X : Formules d'aliment complet pour une baisse de l'impact eutrophisation

- Formule des régions Rennes, Allier et Midi-Pyrénées

	Rennes				Allier				Midi-Pyrénées				
	0%	5%	10%	20%	0%	5%	10%	15%	0%	5%	10%	20%	25%
Blé	500	500	500	500	500	500	500	500	176	365	408	500	500
Maïs sec	218	225	178	101	235	209	138	51	500	316	256	161	102
Orge		5	14		17		71	88					
Triticale			18	50		18	18	50				20	50
Sorgho									50	50	50		
Son					14	29	40	31			1		
Remoulage	65	67	91	89	22	22		66	26	47	61	70	72
Drèches de blé		23	58	48	14	43	56	52		12	57	47	45
Drèches de maïs				9			3	16				1	13
Gluten feed de blé			5	85		18	44	61				39	99
Pulpes de betteraves				23				6				31	26
Tourteau de soja	5	9	10	39	2	31	9	47	10	8		6	36
Tourteau de colza	90	73	35	25	103	41	66		103	88	50	95	27
Tourteau de tournesol	62	67	60		64	59	25		107	86	85		
Pois	30												
Huile végétale	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Sel	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Carbonate de calcium	13,47	13,98	14,08	13,72	13,46	13,67	13,47	14,49	12,79	13,16	14,05	12,45	13,28
L-Lysine	3,67	4,08	4,43	4,09	4,02	4,29	4,38	4,13	3,80	4,00	4,55	4,15	4,16
L-Threonine	0,43	0,49	0,65	0,69	0,43	0,57	0,66	0,75	0,21	0,38	0,59	0,63	0,71
DL-Méthionine			0,03	0,10		0,02	0,04	0,16				0,02	0,11
Tryptophane	0,02	0,01			0,01	0,01	0,02	0,02	0,11	0,02	0,02	0,02	0,01
Prémix	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Phytase	0,07	0,09	0,10	0,10	0,08	0,09	0,08	0,10	0,09	0,09	0,10	0,07	0,09
<i>Prix (€)</i>	246,2	246,7	247,9	254,9	236,3	237,9	240,6	245,7	245,4	245,8	246,8	253,3	260,6

- Formules pour les régions Nord et Rhône-Alpes

	Nord			Rhône-Alpes			
	0%	5%	10%	0%	5%	10%	20%
Blé	500	500	500	185	165	283	500
Maïs sec	83	145	108	500	484	349	126
Orge	135	7					
Triticale		11	50		40	50	50
Son				132	78	107	14
Remoulage	107	145	137			4	4
Drèches de blé	29	48	48	6	71	62	45
Gluten feed de blé			33			2	111
Tourteau de soja	14	21	36	67	23	35	16
Tourteau de colza	82	58	31	49	34	49	74
Tourteau de tournesol				31	73	16	
Pois	20	11					
Huile végétale	3	3	3	3	3	3	3
Pulpes de betteraves		25	23			13	24
Drèches de maïs			4				6
Sel	4	4	4	4	4	4	4
Carbonate de calcium	14,05	13,26	12,83	14,02	14,68	13,98	12,62
L-Lysine	3,76	3,95	4,00	3,19	4,26	3,97	4,26
L-Threonine	0,59	0,66	0,69	0,28	0,48	0,56	0,66
DL-Méthionine		0,04	0,09				0,07
Tryptophane				0,07	0,12	0,06	0,01
Prémix	5	5	5	5	5	5	5
Phytase	0,07	0,09	0,09	0,09	0,10	0,09	0,08
<i>Prix (€)</i>	242,5	243,0	245,5	243,5	243,4	244,8	257,2

Annexe XI : Formules d'aliment complet pour une baisse de l'impact acidification

- Formule des régions Rennes, Allier et Midi-Pyrénées

	Rennes					Allier				Midi-Pyrénées			
	0%	5%	10%	20%	34%	0%	5%	10%	20%	0%	5%	10%	20%
Blé	500	421	366	159	18	500	490	391	192	176	142	99	42
Maïs sec	218	291	319	500	500	235	227	311	481	500	500	500	500
Orge						17							
Sorgho										50	50	50	50
Son						14	37	17	35				
Remoulage	65	53	75	71	11	22	25	48	24	26	36	80	17
Drêches de blé		14	51	55	46	14	59	65	69		21	55	66
Drêches de maïs					36							3	8
Gluten feed de blé				9	150							8	116
Pulpes de betteraves					80								18
Tourteau de soja	5			7	43	2				10		14	18
Tourteau de colza	90	85	45	37		103	56	46	43	103	83	16	6
Tourteau de tournesol	62	77	83	101	35	64	64	80	94	107	108	112	89
Pois	30	30	30	30	30		11	11	30		29	30	30
Graine de colza					22				1			2	8
Huile végétale	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Sel	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Carbonate de calcium	13,47	12,97	13,73	13,81	11,15	13,46	14,15	14,09	14,22	12,79	13,21	14,11	13,77
L-Lysine	3,67	3,85	4,22	4,15	3,88	4,02	4,42	4,48	4,32	3,80	3,90	4,18	4,36
L-Threonine	0,43	0,42	0,54	0,43	0,51	0,43	0,62	0,59	0,49	0,21	0,30	0,45	0,52
DL-Méthionine					0,17								
Tryptophane	0,02	0,03	0,06	0,15	0,27	0,01	0,03	0,05	0,16	0,11	0,15	0,15	0,22
Prémix	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Phytase	0,07	0,08	0,10	0,11	0,12	0,08	0,10	0,10	0,10	0,09	0,09	0,12	0,13
<i>Prix (€)</i>	246,2	247,1	248,2	251,5	272,2	236,3	236,6	237,3	239,6	245,4	246,2	248,5	260,2

- Formules pour les régions Nord et Rhône-Alpes

	Nord						Rhône-Alpes				
	0%	5%	10%	20%	30%	35%	0%	5%	10%	20%	24%
Blé	500	493	427	203	133	99	185	188	175	91	18
Maïs sec	83	118	210	400	482	492	500	500	500	500	500
Orge	135	61									
Son				27			132	89	44	20	1
Remoulage	107	127	150	150	50	18					9
Drèches de blé	29	48	50	60	67	66	6	52	62	65	46
Gluten feed de blé					90	142			5	127	150
Tourteau de soja	14	10	17	37	16	21	67	33		21	43
Tourteau de colza	82	67	57	24	23	6	49	42	47	11	
Tourteau de tournesol			3	15	73	83	31	66	103	82	35
Pois	20	30	30	30	30	30		0	30	30	30
Graine de colza						6			4	11	23
Huile végétale	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Pulpes de betteraves		15	27	23	5	6				12	80
Drèches de maïs											36
Sel	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Carbonate de calcium	14,05	13,29	13,09	13,90	14,58	13,85	14,02	14,36	13,67	13,28	11,28
L-Lysine	3,76	3,91	3,83	3,70	4,26	4,32	3,19	4,00	4,26	4,25	3,87
L-Threonine	0,59	0,66	0,63	0,55	0,52	0,52	0,28	0,42	0,45	0,51	0,50
DL-Méthionine	0,00	0,05	0,04		0,02	0,01					0,06
Tryptophane		0,01	0,03	0,10	0,17	0,19	0,07	0,11	0,16	0,19	0,27
Prémix	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Phytase	0,07	0,08	0,08	0,10	0,10	0,11	0,09	0,10	0,11	0,12	0,12
<i>Prix (€)</i>	242,5	242,9	243,7	246,9	253,1	257,4	243,5	243,5	244,7	256,7	268,0

Annexe XII : Formules d'aliment complémentaire pour une baisse de l'impact changement climatique

- Formule des régions Rennes, Allier et Midi-Pyrénées

	Rennes		Allier		Midi-Pyrénées	
	0%	5%	0%	5%	0%	3%
Blé	229	146	235	157	177	116
Maïs sec	500	500	500	500	500	500
Triticale						33
Sorgho					50	50
Son			3			
Remoulage	33	3	11		32	23
Drèches de blé		1	18	1		
Gluten feed de blé		82		101		16
Pulpes de betteraves		30				
Tourteau de soja	12	7		20	11	6
Tourteau de colza	108	140	110	75	108	103
Tourteau de tournesol	92	32	95	83	95	94
Pois		30		30		30
Graine de colza		5		5		1
Graine de tournesol						
Huile végétale	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Sel	4	4	4	4	4	4
Carbonate de calcium	12,39	11,29	13,40	13,05	12,99	13,11
L-Lysine	3,72	3,43	3,99	3,61	3,76	3,59
L-Threonine	0,21	0,24	0,26	0,26	0,21	0,22
DL-Méthionine						
Tryptophane	0,10	0,18	0,11	0,15	0,11	0,15
Prémix	5	5	5	5	5	5
Phytase	0,08	0,07	0,09	0,08	0,08	0,08
<i>Prix (€)</i>	248,5	255,7	237,3	246,9	244,4	247,1

- Formules pour les régions Nord et Rhône-Alpes

	Nord			Rhône-Alpes		
	0%	5%	10%	0%	5%	8%
Blé	171	160	187	187	179	175
Maïs sec	500	500	500	500	500	500
Triticale					18	18
Sorgho						
Son	111			128	41	32
Remoulage	52	132	41		4	
Drèches de blé			14	18	71	34
Gluten feed de blé			20			4
Pulpes de betteraves						
Tourteau de soja	78	45	8	61		1
Tourteau de colza	39	49	88	52	60	75
Tourteau de tournesol	21	66	84	26	86	99
Pois		19	30		12	30
Graine de colza						5
Graine de tournesol						1
Huile végétale	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Sel	4	4	4	4	4	4
Carbonate de calcium	14,72	14,46	13,30	14,32	13,67	13,26
L-Lysine	3,02	3,26	3,70	3,34	4,41	3,95
L-Threonine	0,27	0,26	0,28	0,32	0,47	0,35
DL-Méthionine						
Tryptophane	0,06	0,09	0,13	0,08	0,15	0,15
Prémix	5	5	5	5	5	5
Phytase	0,08	0,09	0,08	0,09	0,10	0,09
<i>Prix (€)</i>	246,7	247,2	248,6	242,5	242,7	244,0

**Annexe XIII : Formules d'aliment complémentaire pour une baisse de l'impact
demande en énergie**

- Formule des régions Rennes, Allier et Midi-Pyrénées

	Rennes		Allier		Midi-Pyrénées	
	0%	2%	0%	2%	0%	2%
Blé	229	190	235	183	177	112
Maïs sec	500	500	500	500	500	500
Triticale		33		33		48
Sorgho					50	50
Son		2	3			
Remoulage	33		11	14	32	27
Drèches de blé			18	14		
Gluten feed de blé				6		
Tourteau de soja	12	4		2	11	9
Tourteau de colza	108	111	110	110	108	110
Tourteau de tournesol	92	103	95	91	95	92
Pois		30		20		25
Graine de colza		1				
Huile végétale	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Sel	4	4	4	4	4	4
Carbonate de calcium	12,39	12,64	13,40	12,72	12,99	12,64
L-Lysine	3,72	3,51	3,99	3,72	3,76	3,49
L-Threonine	0,21	0,15	0,26	0,21	0,21	0,17
Tryptophane	0,10	0,12	0,11	0,12	0,11	0,13
Prémix	5	5	5	5	5	5
Phytase	0,08	0,08	0,09	0,08	0,08	0,08
<i>Prix (€)</i>	248,5	250,2	237,3	238,8	244,4	246,2

- Formules pour les régions Nord et Rhône-Alpes

	Nord			Rhône-Alpes		
	0%	5%	9%	0%	5%	8%
Blé	171	183	143	187	173	187
Maïs sec	500	500	500	500	500	500
Triticale		18	50		18	18
Sorgho						
Son	111		8	128	127	70
Remoulage	52	69				
Drèches de blé				18	1	
Gluten feed de blé		2	49			
Tourteau de soja	78	25	12	61	67	34
Tourteau de colza	39	85	106	52	60	81
Tourteau de tournesol	21	80	75	26	24	68
Pois		11	30		3	11
Graine de colza						4
Huile végétale	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Sel	4	4	4	4	4	4
Carbonate de calcium	14,72	13,24	13,20	14,32	13,65	13,35
L-Lysine	3,02	3,50	3,52	3,34	3,09	3,39
L-Threonine	0,27	0,22	0,22	0,32	0,25	0,23
Tryptophane	0,06	0,10	0,14	0,08	0,08	0,10
Prémix	5	5	5	5	5	5
Phytase	0,08	0,09	0,08	0,09	0,08	0,08
<i>Prix (€)</i>	246,7	247,8	250,8	242,5	242,7	243,3

Annexe XIV : Formules d'aliment complémentaire pour une baisse de l'impact occupation des sols

- Formule des régions Rennes, Allier et Midi-Pyrénées

	Rennes				Allier				Midi-Pyrénées			
	0%	5%	10%	20%	0%	5%	10%	20%	0%	5%	10%	20%
Blé	229	166	167	104	235	205	172	113	177	112	119	54
Maïs sec	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
Sorgho									50	50	50	50
Son				7	3	13	22				18	
Remoulage	33	143	95	114	11	29	53	92	32	143	75	116
Drèches de blé		8	71	61	18	17	18	58		7	70	62
Drèches de maïs				2				7				
Gluten feed de blé			1	53			11	53				48
Pulpes de betteraves			7	35		22	35	45			5	36
Tourteau de soja	12	53	15	38		6	19	28	11	54	18	31
Tourteau de colza	108	35	36	57	110	136	139	77	108	33	35	65
Tourteau de tournesol	92	67	77	3	95	45	7		95	72	80	9
Huile végétale	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Sel	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Carbonate de calcium	12,39	14,64	14,09	13,24	13,40	12,01	11,89	12,53	12,99	14,60	14,07	13,15
L-Lysine	3,72	3,42	4,34	3,87	3,99	3,72	3,50	3,92	3,76	3,44	4,35	3,95
L-Threonine	0,21	0,28	0,48	0,47	0,26	0,26	0,28	0,46	0,21	0,29	0,48	0,47
DL-Méthionine				0,02			0,01	0,02				0,01
Tryptophane	0,10	0,06	0,13	0,15	0,11	0,13	0,14	0,17	0,11	0,07	0,14	0,17
Prémix	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Phytase	0,08	0,10	0,11	0,10	0,09	0,08	0,08	0,09	0,08	0,10	0,11	0,10
<i>Prix (€)</i>	248,5	249,3	250,8	255,6	237,3	237,7	239,1	244,2	244,4	245,3	246,7	252,2

- Formules pour les régions Nord et Rhône-Alpes

	Nord		Rhône-Alpes			
	0%	5%	0%	5%	10%	20%
Blé	171	155	187	167	136	99
Maïs sec	500	500	500	500	500	500
Son	111	98	128	132	112	60
Remoulage	52	76		5	37	
Drèches de blé		34	18	52	64	60
Drèches de maïs						9
Gluten feed de blé					15	133
Pulpes de betteraves		4		7	18	27
Tourteau de soja	78	68	61	54	55	53
Tourteau de colza	39	37	52	37	34	29
Tourteau de tournesol	21		26	18		
Huile végétale	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Sel	4	4	4	4	4	4
Carbonate de calcium	14,72	14,25	14,32	14,17	14,01	13,06
L-Lysine	3,02	3,35	3,34	3,69	3,75	3,98
L-Threonine	0,27	0,37	0,32	0,44	0,49	0,51
DL-Méthionine					0,02	0,03
Tryptophane	0,06	0,08	0,08	0,11	0,13	0,18
Prémix	5	5	5	5	5	5
Phytase	0,08	0,09	0,09	0,10	0,10	0,10
<i>Prix (€)</i>	246,7	247,4	242,5	242,6	244,8	256,1

Annexe XV : Formules d'aliment complémentaire pour une baisse de l'impact eutrophisation*

- Formule des régions Rennes et Allier

	Rennes			Allier			
	0%	5%	10%	0%	5%	10%	15%
Blé	229	203	162	235	179	154	76
Maïs sec	500	500	500	500	500	500	500
Triticale					18	18	50
Sorgho							
Son				3	18	34	
Remoulage	33	47	64	11	27	1	57
Drèches de blé		53	67	18	26	46	56
Drèches de maïs							14
Gluten feed de blé			23		6	38	53
Pulpes de betteraves		3	20		23	31	53
Tourteau de soja	12	2	7		7	7	22
Tourteau de colza	108	71	76	110	129	127	91
Tourteau de tournesol	92	92	53	95	41	16	
Huile végétale	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Sel	4	4	4	4	4	4	4
Carbonate de calcium	12,39	13,22	13,16	13,40	12,21	12,30	11,51
L-Lysine	3,72	4,31	4,28	3,99	3,78	3,94	3,94
L-Threonine	0,21	0,40	0,46	0,26	0,30	0,37	0,44
DL-Méthionine							0,02
Tryptophane	0,10	0,13	0,15	0,11	0,14	0,17	0,20
Prémix	5	5	5	5	5	5	5
Phytase	0,08	0,10	0,10	0,09	0,08	0,07	0,09
<i>Prix (€)</i>	248,5	249,97	252,3	237,3	238,4	241,1	245,8

* Baisse de l'impact eutrophisation impossible pour la région Nord (formule incohérente car elle contient trop de méthionine)

- Formules pour les régions Midi-Pyrénées et Rhône-Alpes

	Midi-Pyrénées				Rhône-Alpes		
	0%	5%	10%	20%	0%	5%	10%
Blé	177	212	146	37	187	142	86
Maïs sec	500	500	500	500	500	500	500
Triticale			18	50		38	50
Sorgho	50	6					
Son					128	94	110
Remoulage	32	30	97	86			
Drèches de blé		40	72	58	18	72	65
Drèches de maïs				16			
Gluten feed de blé			3	99		3	49
Pulpes de betteraves			8	44		4	18
Tourteau de soja	11		17	50	61	31	51
Tourteau de colza	108	84	36	32	52	39	42
Tourteau de tournesol	95	99	73		26	49	
Huile végétale	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Sel	4	4	4	4	4	4	4
Carbonate de calcium	12,99	13,71	14,12	12,82	14,32	13,96	13,34
L-Lysine	3,76	4,22	4,31	3,88	3,34	4,13	3,80
L-Threonine	0,21	0,35	0,48	0,49	0,32	0,48	0,48
DL-Méthionine				0,03			
Tryptophane	0,11	0,12	0,13	0,18	0,08	0,14	0,14
Prémix	5	5	5	5	5	5	5
Phytase	0,08	0,09	0,11	0,11	0,09	0,10	0,09
<i>Prix (€)</i>	244,4	245,6	247,9	260,3	242,5	242,9	247,1

Annexe XVI : Formules d'aliment complémentaire pour une baisse de l'impact acidification

- Formule des régions Rennes, Allier et Midi-Pyrénées

	Rennes					Allier				Midi-Pyrénées			
	0%	5%	10%	20%	25%	0%	5%	10%	20%	0%	5%	10%	20%
Blé	229	195	153	124	52	235	201	164	109	177	147	96	52
Maïs sec	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
Sorgho										50	50	50	50
Son						3		8					
Remoulage	33	46	95	1	11	11	39	69	17	32	39	99	18
Drèches de blé		21	57	69	56	18	45	74	69		25	61	70
Drèches de maïs					14								
Gluten feed de blé				111	150			2	117				120
Pulpes de betteraves				1	41				1				4
Tourteau de soja	12	3	13	6	30			10	15	11		14	15
Tourteau de colza	108	87	27	19		110	69	9	0	108	87	20	6
Tourteau de tournesol	92	91	94	102	67	95	105	116	102	95	100	99	97
Pois		30	30	30	30		11	11	30		25	30	30
Graine de colza			2	8	20		2	8	10			2	9
Graine de tournesol					1								
Huile végétale	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Sel	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Carbonate de calcium	12,39	13,20	13,71	13,88	12,58	13,40	13,67	14,27	14,27	12,99	13,02	14,26	14,23
L-Lysine	3,72	3,79	4,09	4,46	4,11	3,99	4,22	4,46	4,40	3,76	3,94	4,16	4,42
L-Threonine	0,21	0,30	0,45	0,51	0,51	0,26	0,38	0,50	0,52	0,21	0,31	0,46	0,52
Tryptophane	0,10	0,14	0,14	0,19	0,23	0,11	0,14	0,13	0,18	0,11	0,15	0,15	0,19
Prémix	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Phytase	0,08	0,08	0,11	0,11	0,12	0,09	0,10	0,14	0,13	0,08	0,09	0,11	0,13
<i>Prix (€)</i>	248,5	249,2	250,6	257,7	265,8	237,3	238,4	240,4	249,8	244,4	245,2	246,8	258,0

- Formules pour les régions Nord et Rhône-Alpes

	Nord				Rhône-Alpes			
	0%	5%	10%	20%	0%	5%	10%	20%
Blé	171	140	145	116	187	184	172	91
Maïs sec	500	500	500	500	500	500	500	500
Orge				4				
Son	111			5	128	94	52	9
Remoulage	52	145	111	19				11
Drèches de blé		10	54	68	18	61	73	66
Gluten feed de blé			4	116				129
Pulpes de betteraves		3						10
Tourteau de soja	78	43	20	15	61	30		20
Tourteau de colza	39	40	25	27	52	42	35	2
Tourteau de tournesol	21	60	81	70	26	55	102	90
Pois		30	30	30		6	30	30
Graine de colza							7	14
Huile végétale	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Sel	4	4	4	4	4	4	4	4
Carbonate de calcium	14,72	14,38	14,48	14,02	14,32	14,42	13,69	13,73
L-Lysine	3,02	3,28	3,98	4,31	3,34	4,05	4,35	4,29
L-Threonine	0,27	0,30	0,44	0,51	0,32	0,45	0,49	0,52
DL-Méthionine			0,01	0,02				
Tryptophane	0,06	0,10	0,14	0,19	0,08	0,13	0,17	0,19
Prémix	5	5	5	5	5	5	5	5
Phytase	0,08	0,09	0,11	0,10	0,09	0,10	0,11	0,12
<i>Prix (€)</i>	246,7	247,2	248,2	253,8	242,5	242,5	243,9	256,4



Diplôme : Ingénieur agronome de l'Institut Supérieur des Sciences Agronomiques, Agroalimentaires, Horticoles et du Paysage

Spécialisation : Ingénierie Zootechnique

Enseignant référent : Lucile MONTAGNE

Auteur : Morgane MAGNIN

Date de naissance : 13/11/1989

Nb pages : 100 Annexes : 40

Année de soutenance : 2013

Organisme d'accueil : IFIP Institut du Porc

Adresse : La Motte au Vicomte

BP 35104

35651 Le Rheu cedex

Maître de stage : Didier GAUDRE

Titre français : Amélioration des bilans environnementaux des porcs par la voie alimentaire.

Titre anglais : Improvement of the environmental balance sheets of pigs through feed.

Résumé : En élevage les aliments concentrés contribuent significativement au bilan environnemental global des filières animales ; or, la formulation ne prend en compte essentiellement que des contraintes d'ordre économique et nutritionnel. Cette étude permet de (1) dresser un état des lieux de l'impact environnemental de la production d'aliment complet et complémentaire pour des porcs charcutiers dans différents contextes géographiques et économiques pour cinq impacts environnementaux : le changement climatique (CC), la demande en énergie (CED), l'occupation du sol (SOL), l'eutrophisation (E) et l'acidification (A), (2) identifier la contribution du transport à chacun de ces impacts, (3) déterminer les diminutions possibles de chacun des impacts sans dégradation de la valeur nutritionnelle des aliments et (4) étudier les relations entre ces impacts. L'impact moyen de la production d'un aliment complet sur CC, CED, SOL, E et A est de 532kg CO₂ eq./T, 4817MJ/T, 1311m²/an/T, 4,10kg PO₄³⁻ eq./T et 3,54kg SO₂ eq./T d'aliment respectivement. La production de l'aliment complémentaire engendre des impacts plus faibles sauf pour E. Le transport contribue à 20% de CED et à moins de 13% de CC, SOL, E et A. Les impacts sur CC et CED peuvent être réduits de 5% et ceux sur SOL, E et A de 20% en moyenne. Il n'a pas été possible de réduire tous les impacts en même temps. Les résultats dépendent du contexte d'approvisionnement en matières premières des usines de fabrication d'aliment. L'optimisation de l'impact environnemental de la production d'aliment doit se faire à l'échelle de l'usine.

Abstract: Concentrated feed of the livestock production significantly contribute to the overall environmental impact of the animal sectors; however, formulation takes into account primarily only economic and nutritional constraints. This study allows us (1) to draw up an overview of the environmental impact of the whole-feed and complementary feed production for growing-finishing pigs in various geographical and economical contexts for five environmental impacts: climate change (CC), energy demand (CED), land use (SOL), eutrophication (E) and acidification (A), (2) to identify the contribution of transport to each of these impacts, (3) to identify potential decreases of each impacts without deterioration of the nutritional value of formulas and (4) to study the relationship between these impacts. The average impact of the production of whole-feed on CC, CED, SOL, E and A is 532 kg CO₂ eq./T, 4817 MJ/T, 1311 m²/year/T, 4,10 kg PO₄³⁻ eq./T and 3,54 kg SO₂ eq./T of feed. The production of complementary feed causes lower impacts except for E. The transport contributes 20% of CED and less than 13% of CC, SOL, E and A. The impacts on CC and CED can be reduced by 5% and those on SOL, E and A by 20% on average. It was not possible to reduce all impacts at the same time. The results depend on the context of supply of raw materials for feed manufacturing plants. The optimization of the environmental impact of the production of feed must be done across the plant.

Mots-clés : Impact environnemental ; production porcine ; alimentation, formulation

Key Words: Environmental impact; pig production; feed; formulation