

Effets de l'évolution de la nutrition azotée chez les monogastriques : modélisation à l'échelle de la France

Approche historique et prospective, focus sur l'espèce porcine

*Thomas GUILBAUD (1), Nicolas MARTIN (2), William LAMBERT (2),
Josselin LE COUR GRANDMAISON (2), Emmanuelle BOURGEAT (3)*

(1) Céréopa, 16 Rue Claude Bernard, 75005 Paris, France

(2) Ajinomoto Animal Nutrition Europe, 32 Rue Guersant, 75017 Paris, France

(3) AgroParisTech/Céréopa, 16 Rue Claude Bernard, 75005 Paris, France

thomas.guilbaud@cereopa.fr

Effets de l'évolution de la nutrition azotée chez les monogastriques : modélisation à l'échelle de la France ; approche historique et prospective, focus sur l'espèce porcine.

L'objectif de cette étude était d'évaluer les conséquences de l'évolution de la fraction azotée des aliments pour monogastriques formulés par les fabricants d'aliments du bétail (FAB) en France, sur les consommations de matières premières, la performance économique, et l'impact environnemental. Le modèle Prospective Aliments du Céréopa qui a été utilisé permet d'appliquer à l'échelle de la France les principes de la formulation par programmation linéaire. L'étude comprend une approche historique et une approche prospective. Pour l'approche historique, une interdiction de l'accès aux acides aminés (AA) a été simulée pour en évaluer les effets. Ainsi, les FAB consommeraient environ 50% de tourteau de soja en plus (+366% chez les porcs) et les émissions de GES associés à la production des aliments augmenteraient entre 7 et 20% (entre 18 et 66% pour les porcs). De façon prospective, une baisse de 1 (MAT-1) puis 2 (MAT-2) points de teneur en matières azotées (MAT) a été appliquée à la situation actuelle. A l'échelle de l'ensemble des espèces, les consommations de matières premières évoluent fortement : davantage de céréales, le maïs remplaçant le blé, davantage de tourteau de colza et moins de tourteau de soja (-445 000T pour MAT -2). En porc, les graines protéagineuses, les coproduits de maïs et les tourteaux secondaires sont remplacés par des céréales, des issues de céréales et des AA. Une baisse importante des émissions d'ammoniac en élevages porcins est observée (-2 700 et -5 400 tonnes respectivement pour MAT-1 et MAT-2). Il est donc possible de réduire la teneur en MAT des aliments du commerce à l'échelle nationale, avec des bénéfices environnementaux significatifs.

Effects of the change in protein nutrition of pigs and poultry: modelling at the scale of France; historical and prospective approach, with a focus on swine

The present study evaluated consequences of the change in protein nutrition over time by commercial feed producers (CFP) in France for pig and poultry on raw material use, economic performance and environmental impacts. The "Prospective Aliments" model by Céréopa, which applies the principles of linear programming at the scale of France, was used. The study included historical and prospective approaches. For the historical approach, prohibition of access to feed-grade amino acids (AA) was simulated in order to evaluate the effects. In this situation, CFP were predicted to use 50% more soybean meal (+366% for pigs), and greenhouse gas emissions increased by 7-20% (18-66% for pigs). In the prospective study, a decrease of 1 or 2 percentage points in dietary crude protein (CP) was applied (MAT-1 or MAT-2, respectively) in pigs and poultry diets. Considering all French feed production, the use of raw materials changed drastically: more cereals, maize replacing wheat, more rapeseed meal, and less soya bean meal (-445 000 T for MAT-2). For pigs, protein grain, maize by-products and secondary meals were replaced by cereals, cereal by-products and AA. Ammonia emissions from pigs decreased greatly (-2 700 and -5 400 T for MAT-1 and MAT-2, respectively). Thus, the dietary CP content of commercial feeds can be decreased at the national scale, yielding significant environmental benefits. This raises the question of developing an incentive-based policy to absorb potential overcosts.

INTRODUCTION

La nutrition azotée est un élément essentiel de la compétitivité et de la durabilité des filières d'élevage en France. Les productions animales sont de plus en plus remises en cause pour leur impact sur l'environnement : qualité de l'air et qualité de l'eau notamment, en lien avec les rejets azotés, mais également changement climatique et déforestation associés aux importations de soja.

Récemment, la crise de la COVID 19 a mis en lumière les fragilités des chaînes d'approvisionnement européennes, conduisant les pouvoirs publics à accorder à la question de la souveraineté alimentaire, qui comprend la dépendance protéique, un niveau de priorité politique élevé.

Dans ce contexte, cette étude s'est fixée pour objectif d'évaluer les effets environnementaux, à l'échelle des industries de l'alimentation animale française, associés d'une part à l'intégration des acides aminés dans l'approvisionnement en matières premières (approche historique) et d'autre part, à une baisse de la teneur en matière azotée totale (MAT) des formules monogastriques (approche prospective). Cette évaluation environnementale a été mise en regard d'une analyse économique.

Cette approche macro-économique à l'échelle de la France, en tenant compte notamment des interactions entre filières pour l'utilisation des matières premières, se place en complément des travaux déjà disponibles sur la réduction de la MAT au niveau d'une espèce ou d'une formule d'aliments.

En raison du développement de l'utilisation des acides aminés dans la formulation des rations des vaches laitières, l'étude visait initialement à inclure les aliments pour ruminants dans le périmètre de la réduction de la MAT. Cette option a dû finalement être abandonnée, la part de l'alimentation prise en compte par le modèle Prospective Aliments pour cette espèce (c'est-à-dire uniquement les aliments du commerce) étant trop faible au regard de l'ensemble de la ration.

Pour cet article, l'accent a été mis sur les impacts de ces stratégies sur les productions porcines, même si des comparaisons ont été faites avec la filière volailles ainsi qu'avec les effets indirects et de nature systémique observés sur les autres filières et à l'échelle nationale.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. Présentation du modèle Prospective Aliment

1.1.1. La structure du modèle

Les deux parties de ce travail (approches historique et prospective) reposent sur la mise en œuvre du modèle Prospective Aliment développé par le Céréopa. Il est utilisé depuis 1989 pour étudier les stratégies d'approvisionnement en matières premières du secteur des industries de l'alimentation animale. Fondé sur une approche zootechnique précise et recourant aux mêmes techniques d'optimisation que celles mises en œuvre par les industriels, il permet d'étudier la compétitivité relative des matières premières. Mis en œuvre à l'échelle de la France (Prospective Aliment France) pour cet article, le modèle a par ailleurs été adapté à la situation des principaux pays européens.

Prospective Aliment a été conçu pour fonctionner sur différents pas de temps. Pour ce travail, il a été mis en œuvre sur un pas de temps unique qui correspond à la campagne 2017-2018

nommé « situation initiale ». Ainsi, les prix des matières premières considérés correspondent à la moyenne des cotations mensuelles sur les 12 mois de la campagne (juillet à juin).

Le modèle Prospective Aliment France intègre :

72 matières premières,

65 formules d'aliment impliquées dans la nutrition de six groupes d'animaux - volailles, porcins, bovins laitiers, bovins allaitants, petits ruminants, lapins. Le cas échéant, les formules sont dupliquées en version « sans OGM <0,9% »,

9 régions françaises, et

90 variables nutritionnelles et techniques permettant de caractériser les formules.

Les taux d'incorporation de chacune des matières premières dans les formules sont définis par programmation linéaire (algorithme du simplexe). Représentant le coût d'approvisionnement national, la fonction d'optimisation ou « fonction objectif » est minimisée.

Les consommations de matières premières à l'échelle régionale sont calculées à partir des taux d'incorporation régionaux et des tonnages d'aliments régionaux. Les tonnages nationaux sont déterminés par addition des tonnages régionaux.

Les simulations portent sur 93% des volumes d'aliments produits par les fabricants d'aliments du bétail (FAB), hors aliments issus de l'agriculture biologique. Les volumes d'aliments sont issus des statistiques fournies par le Syndicat National de l'Industrie de la Nutrition Animale (SNIA) et Coop de France.

1.1.2. Les indicateurs de résultats

Plusieurs indicateurs économiques et environnementaux peuvent être calculés à partir des niveaux d'utilisation des matières premières proposés par le modèle.

Le coût économique, mesuré en euros (€) ou en euros par tonne d'aliment (€/t), procède de la conjonction des taux d'incorporation et des prix de matières premières. Ces coûts de formules peuvent être agrégés par espèce, par région ou encore à l'échelle du territoire français telle que définie par le périmètre des aliments considérés.

Les émissions de gaz à effet de serre (GES), évaluées en unités de masse d'eqCO₂, résultent de l'application de coefficients environnementaux propres à chaque matière première. Ceux-ci sont issus d'analyses de cycles de vie (ACV) produites dans le cadre du programme ECO-ALIM (RMT élevages et environnement, 2019).

L'autonomie protéique française, exprimée en pourcents, découle de coefficients appliqués à chaque matière première représentant la part de la production française dans l'utilisation par les FAB. Ces parts, conjuguées aux teneurs en MAT des matières premières, fournissent une évaluation de l'autonomie protéique des FAB en France.

Enfin, les émissions d'ammoniac liées à la gestion des déjections des monogastriques sont calculées à partir de la quantité d'azote contenue dans les aliments industriels en considérant comme invariante la quantité d'azote apportée par les aliments fabriqués à la ferme. Plus précisément, la quantité d'azote excrétée a été définie selon le modèle CORPEN (CORPEN 2006, 2003). Les taux d'azote volatilisé en ammoniac sont issus du modèle EMEP/EEA (EMEP/EEA, 2019) modérés par des coefficients d'abattement qui dépendent de la teneur en MAT des aliments selon les équations (Belloir *et al.*, 2017) et

(Cappelaere *et al.*, 2021). Les émissions d'ammoniac liées à la gestion des déjections des ruminants ne sont pas calculées dans le modèle car la part de l'aliment du commerce est trop faible dans la ration totale de ces animaux.

1.2. Paramétrages des simulations

1.2.1. Approche historique : évaluation de l'impact du retrait des acides aminés (AA)

Dans cette évaluation, les spécifications en AA et en MAT ont été définies par le Céréopa sur la base, d'une part de revues de la littérature technique et scientifique mais également pour une large part sur la base d'échanges réguliers avec ses partenaires du secteur de l'alimentation animale.

Les volumes totaux d'acides aminés (en tonnes) utilisés dans Prospective Aliment ont été fixés dans le modèle en situation initiale (« Situ. Ini » dans le Tableau 1).

A partir de la situation initiale, l'évaluation de l'impact des acides aminés sur l'utilisation de matières premières par les FAB a été réalisée en interdisant successivement et de façon cumulée le recours aux acides aminés dans le modèle (Simul 1, 2, 3 et 4 dans le Tableau 1). Les interdictions successives ont été appliquées par ordre inverse des mises en marché en France sur le plan historique (Tableau 1).

Tableau 1 – Contraintes appliquées, selon les situations, aux tonnages d'acides aminés disponibles pour l'évaluation de l'impact de l'utilisation d'AA chez les fabricants d'aliment du bétail en France

Volumes d'acides aminés utilisés chez les FAB ($\times 10^3$ tonnes)	Situ. ini	Simul 1	Simul 2	Simul 3	Simul 4
L-Lysine		53			0
L-Thréonine		13		0	
L-Tryptophane	1		0		
L-Valine	1	0			

1.2.2. Approche prospective : évaluation de l'impact d'une baisse du contenu en MAT des formules porcs et volailles

Pour cette évaluation, toutes les contraintes sur la MAT des formules monogastriques ont été levées. Les spécifications en acides aminés ont été définies à 100% des recommandations Ajinomoto Animal Nutrition Europe pour la lysine et à 97% de ces recommandations pour les autres acides aminés.

En situation initiale (« Situ. Ini. » dans le Tableau 2), les volumes d'AA n'ont pas été fixés et les valeurs présentées correspondent donc à l'optimum de coût d'approvisionnement.

L'évaluation de l'impact d'une baisse du contenu en azote des formules monogastriques chez les FAB procède de l'application d'une contrainte abaissant de 1 puis 2 points la teneur en MAT des formules par rapport à la situation 2017-2018 (Simulations « MAT -1 point » et « MAT -2 points » dans le Tableau 2). Les tonnages de L-Leucine, L-Isoleucine, L-Histidine et L-Arginine, sont considérés nuls en situation initiale car les volumes actuellement commercialisés sont très marginaux (valeur « 0 » dans le Tableau 2). En revanche, leurs niveaux d'utilisation dans les simulations « MAT -1 point » et « MAT -2 points » est défini par l'optimisation algorithmique (valeur « Libre » dans le Tableau 2).

Tableau 2 – Contraintes appliquées aux tonnages d'acides aminés pour l'évaluation de l'impact d'une baisse du contenu en azote des formules monogastriques des fabricants d'aliment du bétail en France

Volumes d'acides aminés utilisés chez les FAB ($\times 10^3$ tonnes)	Situation initiale	Simulations « MAT-1 point » et « MAT-2 points »
L-Arginine	0	Libre
L-Histidine		
L-Isoleucine		
L-Leucine		
L-Lysine	55	Libre
L-Thréonine	14	
L-Tryptophane	1	
L-Valine	2	

1.2.3. Paramétrisations communes à l'approche historique et à l'approche prospective

Des niveaux de flexibilité de l'utilisation de chaque matière première face à un gain ou à une perte de compétitivité dans les nouveaux contextes techniques étudiés ont été définis. Par exemple, l'utilisation totale de tourteaux de soja a été considérée comme flexible, l'utilisation de tourteaux de colza a été considérée comme moyennement flexible et l'utilisation d'issues de meunerie ou encore de tourteaux de soja d'origine française comme peu flexible. Par ailleurs, une analyse de sensibilité des résultats d'émissions de gaz à effet de serre a été effectuée. La valeur de 2,5 kg eqCO₂/ kg de tourteau de soja a été testée contre une valeur de 1,37 kg eqCO₂/kg de tourteau de soja « Brésil, déforestation moyenne, trituré au Brésil, rendu port (Brest) » consignée dans la base de données ECO-ALIM. La valeur de 2,5 kg eqCO₂/ kg de tourteau de soja a été considérée comme une valeur intermédiaire entre la valeur ECOALIM et celles présentent dans d'autres bases de données. Ainsi, la base de données Agrifootprint (Blonk Consultants, 2019) propose une valeur de 5,6 kg eqCO₂/ kg et la base GFLI (Global Feed LCA Institute, 2018) une valeur de 4,29 kg eqCO₂/ kg.

2. RESULTATS

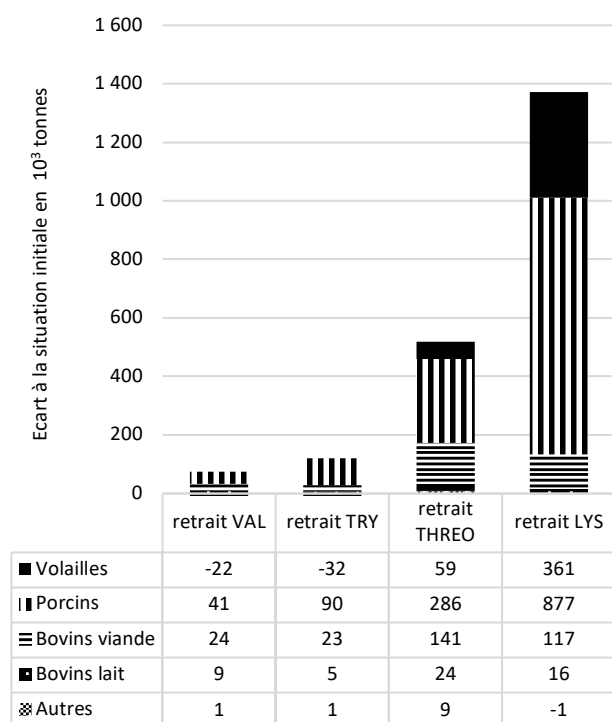
2.1. Approche historique

2.1.1. Impact sur les consommations de matières premières

L'interdiction du recours aux AA étudiés entraîne une hausse de l'utilisation de tourteaux de soja d'importation (Figure 1). En effet, la suppression de la valine (VAL) et du tryptophane (TRY) implique des hausses d'utilisation de tourteaux de soja de l'ordre de 100 000 tonnes. La suppression additionnelle de la thréonine (THREO) fait passer la hausse à 500 000 tonnes par rapport à la situation initiale. Enfin, la suppression de l'ensemble des AA étudiés aboutit à un surcroît d'utilisation de tourteaux de soja d'importation de 1,4 million de tonnes (retrait LYS), soit une augmentation de 50% par rapport à la situation initiale.

Cette hausse d'utilisation de tourteaux de soja est répartie à 60% dans les aliments porcins, à près de 30% dans les aliments volailles et à environ 10% dans les aliments bovins viande et autres aliments. La somme de ces utilisations correspond au total de l'utilisation dans le modèle Prospective Aliment.

Figure 1 - Évolution de l'utilisation de tourteaux de soja par espèce suite aux retraits successifs et cumulés d'acides aminés - écart à la situation initiale -



2.1.2. Impact climatique et autonomie protéique

L'impact climatique lié au retrait des AA étudiés est significatif. À l'échelle des aliments industriels porcins, l'augmentation d'émissions de GES est comprise entre 18% et 66% selon la valeur d'émission de GES considérée pour les tourteaux de soja d'importation. Ces augmentations d'émissions s'établissent à respectivement 7% et 20% à l'échelle nationale (Tableau 4). L'interdiction du recours aux AA étudiés entraîne une baisse très importante de l'autonomie protéique à l'échelle de la filière

porcine (-28 points) et une baisse de 8 points à l'échelle de l'ensemble du modèle.

2.2. Approche prospective

2.2.1. Impact sur les consommations de matières premières

La baisse de 1 (MAT-1) puis 2 points de MAT dans les formules monogastriques entraîne un recul des protéagineux, des tourteaux de tournesol décortiqués et des coproduits de maïs dans les aliments porcins. Ces familles de matières premières sont remplacées par des céréales, des issues et des acides aminés (Tableau 3). Pour MAT-2 les évolutions d'utilisation sont de mêmes natures que celles observées pour MAT-1 mais à des amplitudes très supérieures. On observe également un léger retrait du tourteau de colza et du tourteau de tournesol pailleux (Tableau 3), ce qui n'était pas le cas pour MAT-1. Au sein des évolutions de consommation de céréales, l'utilisation de blé est réduite de 38% pour MAT-1 puis de 91% pour MAT-2 alors que dans le même temps l'incorporation de maïs est multipliée par 2 puis par 5, atteignant 1,26 million de tonnes (Tableau 3).

À l'échelle du modèle Prospective Aliment (toutes espèces confondues), les évolutions d'utilisation sont assez différentes de celles observées pour les aliments porcins. Pour MAT-1, on observe un recul de l'utilisation des tourteaux de soja d'import, des graines protéagineuses et des tourteaux de tournesol décortiqués importés. Ceux-ci sont principalement remplacés par des céréales et des tourteaux de colza. En revanche, la substitution de forte ampleur qui s'opère à la faveur du maïs et au détriment du blé dans les aliments porcins est une constante qui s'observe également à l'échelle de l'ensemble du modèle.

Ainsi, à l'échelle nationale, l'utilisation de maïs augmente de 70% et l'utilisation de blé diminue de 37% (Tableau 3). Pour MAT-2, l'amplitude des substitutions observées s'accroît : l'utilisation de maïs augmente de 110% (+2,7 10⁶ tonnes) par rapport à la situation initiale. L'utilisation de blé, quant à elle, baisse de 59%. En définitive, la consommation de céréales chez les FAB augmente de 4%, soit de 350 000 tonnes.

Tableau 3 – Évolutions de l'utilisations de certaines familles de matières premières suite à la baisse d'1 (MAT-1) puis 2 (MAT-2) points de MAT dans les formules monogastriques.

Écarts d'utilisation par rapport à la situation initiale (10 ³ tonnes)	Porcins				Prospective Aliment			
	MAT-1	Évolution %	MAT-2	Évolution %	MAT-1	Évolution %	MAT-2	Évolution %
Céréales								
Total céréales	+150	+5%	+149	+5%	+233	+3%	+368	+4%
dont blé	-602	-38%	-1 442	-91%	-1 875	-37%	-2 972	-59%
dont maïs	+500	214%	+1 256	+539%	+1 737	+70%	+2 718	+110%
Tourteaux et graines								
Tourteaux de soja	-9	-4%	-3	-1%	-85	-4%	-427	-20%
Tourteaux de colza	-13	-2%	-55	-10%	85	5%	233	15%
Tourteaux tournesol décortiqués	-44	-90%	-49	-99%	-156	-19%	-132	-16%
Tourteaux tournesol pailleux	+5	12%	-38	-88%	0	0%	0	0%
Graines oléagineuses et huiles	+5	7%	7	9%	-20	-8%	-27	-10%
Graines protéagineuses	-103	-93%	-110	-100%	-123	-94%	-130	-100%
Coproduits et acides aminés								
Issues	64	13%	167	34%	0	0%	0	0%
Coproduits du blé	-21	-56%	-3	-9%	0	0%	0	0%
Coproduits du maïs	-43	-34%	-91	-73%	0	0%	0	0%
Acides aminés	6	14%	14	31%	23	24%	63	68%

2.2.2. Impact climatique, effet sur l'autonomie protéique et sur les émissions d'ammoniac

L'impact climatique de la baisse d'1 ou de 2 points de MAT dans les formules monogastriques est peu significatif. Ces baisses entraînent une très légère hausse des émissions associées à la production des aliments porcins quel que soit le contenu GES du tourteau de soja d'importation considéré. A l'échelle du modèle, la baisse de 1 point n'entraîne pas d'effet sur les émissions de GES. La baisse de 2 points de MAT induit un effet modéré à la baisse (-4%), seulement dans le cas où la valeur GES du tourteau de soja importé est de 2,5 kg eq CO₂/kg (valeur "Soja supérieur" dans le Tableau 4).

La réduction du niveau de MAT de 1 puis 2 points dans les formules monogastriques induit respectivement une hausse de 1 puis 4 points de l'autonomie protéique (Tableau 4).

Les réductions d'émissions d'ammoniac associées à la gestion des déjections des monogastriques consécutives à la baisse de 1 puis 2 points de MAT sont de 7% puis 13% pour les porcins (Figure 2). A l'échelle du modèle, ces réductions d'émissions d'ammoniac sont de 10% pour MAT-1 puis de 20% pour MAT-2. Pour MAT-1, les volailles de chair contribuent le plus à la réduction des émissions avec -3 500 tonnes de NH₃, viennent ensuite les porcins (-2 700 tonnes de NH₃) puis les poules (-1 300 tonnes de NH₃) pour une réduction totale de 7 500 tonnes de NH₃. Pour MAT-2, l'ordre des contributions ainsi que les proportions des contributions sont les mêmes et la réduction totale d'émissions est double (- 15 000 tonnes).

2.2.3. Impact sur le coût des formules

Étant donné que l'on contraint le niveau de MAT à évoluer à la baisse par rapport à un optimum initial, le coût des formules varie à la hausse par construction. Le surcoût moyen pour la filière porcine exprimé par tonne d'aliment est de 2€ pour une baisse de MAT de 1 point et de 9€ pour une baisse de 2 points, correspondant respectivement à 1% et 4% du coût matières premières des formules. En valeur absolue, cela représente un surcoût de 11 millions d'€ pour la filière porcine à MAT-1 et de 47 millions d'€ à MAT-2. A l'échelle de l'ensemble du modèle, ce surcoût atteint respectivement 60 millions d'€ et 200 millions d'€.

Tableau 4 – Impact des différentes simulations sur les indicateurs d'émission de GES et d'autonomie protéique.

Scénario	Porcins	Prospective Aliment
Emissions GES (ECO-ALIM)		
Retrait des AA	+18%	+7%
MAT-1	+2%	+1%
MAT-2	+3%	+1%
Emissions GES (Soja supérieur)		
Retrait des AA	+66%	+20%
MAT-1	+1%	0%
MAT-2	+2%	-4%
Autonomie protéique		
Retrait des AA	-28 points	-8 points
MAT-1	+2 points	+1 point
MAT-2	+2 points	+4 points

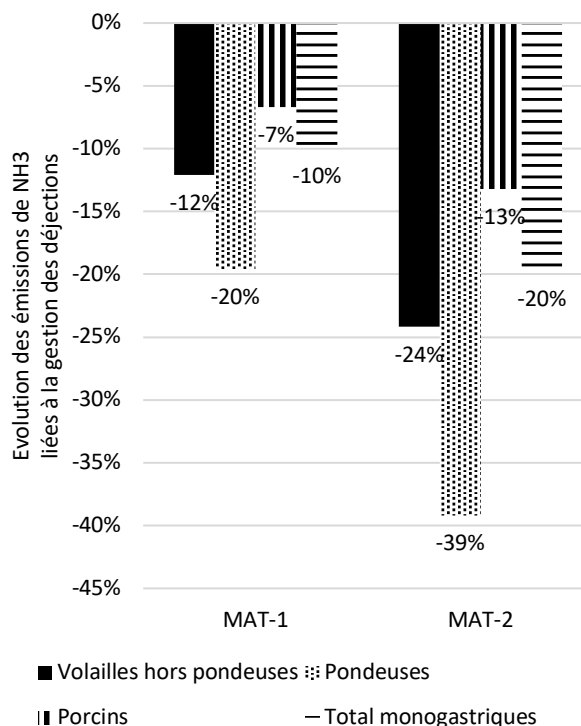


Figure 2 – Évolutions des émissions d'ammoniac liées à la gestion des déjections des monogastriques

DISCUSSION

Cette étude montre que l'intégration des acides aminés dans l'approvisionnement des industries de l'alimentation animale française, dans une approche historique, a contribué de façon majeure à réduire le recours au tourteau de soja d'importation au cours des dernières décennies, de l'ordre de 50% par rapport à une situation sans acides aminés. C'est l'espèce porcine qui a le plus diminué sa dépendance au tourteau de soja d'importation, en lien avec un développement du marché des acides aminés initialement plus orienté vers cette espèce.

L'analyse prospective d'une baisse progressive de la MAT montre qu'il existe un réservoir de baisse du recours aux tourteaux de soja toujours relativement important au niveau national, de l'ordre du 20% (427 000 tonnes) pour une baisse de deux points de la MAT. Cette baisse de MAT entraîne une évolution importante de la consommation de matières premières, avec une forte substitution du blé au profit du maïs dont la consommation augmente de 110% à MAT-2. Bien que ce niveau d'utilisation de maïs n'ait jamais été observé chez les FAB, il semble compatible avec le niveau de la collecte française de maïs (12 millions de tonnes en 2017/2018). En revanche, l'appel d'air observé sur le tourteau de colza à l'échelle nationale pourrait éventuellement se heurter à des contraintes telles une concurrence avec la fabrication à la ferme ou encore des contraintes de production : sécheresse, réduction de la gamme de produits phytosanitaires disponibles en France.

La diminution du recours au tourteau de soja d'importation mis en évidence dans la première partie de l'étude a permis une réduction importante des émissions de gaz à effet de serre, dont l'espèce porcine a pleinement profité. La deuxième partie de l'étude n'indique en revanche pas de forte corrélation entre baisse de la MAT et réduction des émissions de GES (-4% d'émissions de GES à MAT-2 pour la valeur « soja sup »). Cela

peut s'expliquer par le périmètre des émissions de GES pris en compte, qui se limite à la production et à l'acheminement des matières premières utilisées par les FAB. Les émissions à la ferme d'élevage ne sont pas prises en compte, ce qui exclut du calcul notamment la réduction des émissions de protoxyde d'azote permise par la baisse de la MAT. Les calculs des émissions de GES sont par ailleurs fortement liés à la valeur choisie pour l'empreinte carbone du tourteau de soja d'importation. Celle-ci est principalement déterminée par le changement d'affectation des sols. La base de données ECO-ALIM a été utilisée pour cette étude, mais il est à noter que l'empreinte carbone du tourteau de soja varie fortement en fonction des bases de données, au-delà de la valeur maximale testée en analyse de sensibilité dans cette étude. Une application harmonisée de la méthodologie permettant d'évaluer les émissions de GES en lien avec le changement d'affectation des sols est plus que jamais nécessaire pour disposer de références robustes et reconnues.

L'étude s'est appuyée sur le modèle Prospective Aliments du Céréopa, qui permet d'estimer les consommations de matières premières par l'industrie de la nutrition animale à l'échelle de la France. La prise en compte des acides aminés dans la formulation des rations des vaches laitières étant en développement, il est également possible de réduire la MAT dans les aliments des bovins laitiers. Ainsi, il serait intéressant d'étudier les effets d'une baisse de MAT à l'échelle de l'alimentation animale française de façon encore plus systémique en y incluant une baisse de MAT dans la totalité de la ration des vaches laitières.

La deuxième partie de l'étude montre un potentiel de baisse très important des émissions d'ammoniac en lien avec la réduction de la MAT (-20% d'émissions sur le périmètre considéré).

Il est toutefois à noter que les conséquences des évolutions des consommations de matières premières sur les émissions agrégées au champ n'ont pas été prises en compte dans la modélisation des émissions d'ammoniac, le modèle n'intégrant que les émissions liées à la gestion des déjections des monogastriques. Dans une suite à cette étude, il serait utile de quantifier cette réduction des émissions d'ammoniac en termes d'acidification, mais également d'eutrophisation au moment où la France entame la révision de son plan d'action national « nitrates ».

CONCLUSION

Il est possible de réduire la teneur en MAT des aliments pour animaux à l'échelle de la France, entraînant des bénéfices environnementaux significatifs et une amélioration de l'autonomie protéique. Ces bénéfices, au premier rang desquels la diminution des émissions d'ammoniac, ne sont aujourd'hui pas pris en compte dans la formation des prix des productions animales. La réduction de la MAT générant une augmentation du coût de l'alimentation, il convient de réfléchir à des mécanismes économiques permettant de valoriser ces externalités positives.

Si la multiplication des initiatives visant à mieux informer les consommateurs des impacts environnementaux des produits qu'ils achètent ouvre un certain nombre de pistes, il semble également nécessaire d'envisager un mécanisme de soutien dans le cadre de la future Politique Agricole Commune (PAC), dont les ambitions environnementales sont élevées. Il est aujourd'hui possible de quantifier ces bénéfices environnementaux de manière robuste, ce qui ouvre la voie à un développement de la rétribution des éleveurs qui s'engagent vers une amélioration de leur performance environnementale.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Belloir P., Meda B., Lambert W., Corrent E., Juin H., Lessire M., Tesseraud S., 2017. Reducing the CP content in broiler feeds: impact on animal performance, meat quality and nitrogen utilization. *Animal*, 11, 1881-1889.
- Blonk Consultants, 2019. Données Agri-footprint 5.0, base de données, Blonk Consultants, <https://www.agri-footprint.com/>.
- Cappelaere L., Van Milgen J., Syriopoulos K., Lambert W., 2021. Quantification des bénéfices de la baisse de protéine sur les rejets azotés des porcs à l'engrais : approche par méta-analyse. *Journées Rech. Porcine*, 53, 273-278.
- EMEP/EEA, 2019. EMEP/EEA air pollutant emission inventory Guidebook 2019. Technical guidance to prepare national emission inventories. 3.B Manure Management. In: Amon B., Hutchings N., Dämmgen U., Sommer S., Webb J. (Eds), 70p.
- Global Feed LCA Institute (GFLI), 2019. Données GFLI database version 28-dec-2018, base de données, GFLI, <http://globalfeedlca.org/>.
- RMT élevages et environnement, 2019. Données ECO-ALIM version 7, base de données, INRAE, <https://www6.inrae.fr/ecoalim/>.
- CORPEN, 2006. Estimation des rejets d'azote, phosphore, potassium, calcium, cuivre, zinc par les élevages avicoles – Influence de la conduite alimentaire et du mode de logement des animaux sur la nature et la gestion des déjections. Ed CORPEN, Paris, France. p55.
- CORPEN, 2003. Estimation des rejets d'azote, phosphore, potassium, cuivre et zinc des porcs – Influence de la conduite alimentaire et du mode de logement des animaux sur la nature et la gestion des déjections. Ed CORPEN, Paris, France. p41.