

# Analyse de cycle de vie de la production porcine - Effet d'une réduction de la teneur en protéines des aliments et de l'origine des acides aminés - Cas pratique en Allemagne du Nord

Nicolo BRACONI (1), Daniele CASTELLANA (1), Hans BLONK (1), Nicolas MARTIN (2), William LAMBERT (2),  
Aude SIMONGIOVANNI (2), Josselin LE COUR GRANDMAISON (2)

(1) *Blonk Sustainability, Groen van Prinsterersingel 45, 2805 TD Gouda, Pays-Bas*

(2) *METEX Animal Nutrition, 32 rue Guersant, 75017 Paris, France*

[aude.simonqiovanni@metex-noovistaqo.com](mailto:aude.simonqiovanni@metex-noovistaqo.com)

## **Analyse de cycle de vie de la production porcine – Effet d'une réduction en protéine brute des aliments et de l'origine des acides aminés – Cas pratique en Allemagne du Nord**

Une analyse de cycle de vie (ACV ; ISO 14040/44) « du berceau à la porte de la ferme » a été réalisée dans un contexte de production porcine du nord de l'Allemagne. L'impact d'une réduction d'un point de pourcentage de la teneur en protéines brutes (PB) alimentaires sur l'ensemble des stades de production, ainsi que l'impact de l'origine des acides aminés (AA ; Europe vs Chine) ont été étudiés. L'unité fonctionnelle était un kg de poids vif (PV) de porc à la sortie de la ferme. Les aliments ont été formulés à moindre coût en fonction du stade physiologique et des pratiques observées sur le terrain. Des analyses de Monte-Carlo ont été réalisées afin de prendre en compte les incertitudes sur le rendement des cultures, les émissions dues au changement d'affectation des terres (CAT) pour la culture du soja et l'indice de consommation des animaux. Les principaux paramètres analysés étaient le potentiel de réchauffement climatique (PRC) incluant ou non le CAT, l'acidification (AC) terrestre et d'eau douce et l'eutrophisation terrestre (EU). Avec une origine européenne des AA, le PRC est évalué pour l'alimentation standard à 3,71 kg CO<sub>2</sub>eq/kg PV, l'AC à 0,07 mol H<sup>+</sup>/kg PV et l'EU à 0,3 mol Neq/kg PV. La diminution de la teneur en PB réduit le PRC de 8,1 ± 1,7 % et l'AC et l'EU de 9,0 ± 0,2 %. Avec une origine chinoise des AA, le PRC est plus élevé qu'avec l'origine européenne, soit 3,85 kg CO<sub>2</sub>eq/kg PV. Dans ce contexte la réduction de teneur en PB des aliments s'accompagne d'une diminution des impacts PRC, AC et EU de respectivement 5,7, 7,6 et 8,3 %. Réduire la teneur en PB alimentaires a un effet positif sur le PRC, l'AC et l'EU quelle que soit l'origine des AA, avec toutefois un impact plus fort lors de l'utilisation d'AA européens vs chinois, en particulier sur le PRC.

## **Life cycle analysis of pig production – Effect of a reduction in dietary crude protein content and the origin of amino acids – Case study in northern Germany**

A life cycle analysis (LCA; ISO 14040/44) "from cradle to gate" was performed in the context of pig production in northern Germany. Impacts of a one-percentage-point reduction in dietary crude protein (CP) and the origin of amino acids (AA; Europe vs. China) on all stages of production were studied. The functional unit was 1 kg of pig live weight (LW) at the exit of the farm. The feeds were least-cost formulated as a function of the physiological stage and field practices. Monte-Carlo analyses were performed to assess the influence of uncertainty in crop yield, emissions due to land use change (LUC) for soya bean cultivation and the consumption index observed in pigs. The main parameters analysed were global warming potential (GWP) including LUC, terrestrial and freshwater acidification (AC) and terrestrial eutrophication (EU). With a European origin of AA, GWP was 3.71 kg CO<sub>2</sub>eq/kg LW, AC was 0.07 mol H<sup>+</sup>/kg LW and EU was 0.3 mol Neq/kg LW. The dietary CP reduction reduced GWP by 8.1 ± 1.7% and AC and EU by 9.0 ± 0.2%. With a Chinese origin of the AA, GWP was 3.85 kg CO<sub>2</sub>eq/kg LW and AC and EU were the same as in the European-origin scenario. The dietary CP reduction lowered GWP, AC and EU by 5.7%, 7.6% and 8.3%, respectively. Reducing dietary CP had a positive effect on GWP, AC and EU regardless of AA origin, with a stronger impact when using European vs. Chinese AA, especially on GWP.

## INTRODUCTION

La production animale est confrontée à de nombreux défis en matière de durabilité, tels que la manière de réduire son impact sur le changement climatique, l'eutrophisation et l'acidification. Dans ce contexte, différentes études ont montré que l'amélioration de l'efficacité de l'utilisation de l'azote (N) des systèmes de production animale permet d'améliorer leur performance environnementale globale (Cappelaere *et al.*, 2021). La baisse de la teneur en protéines brutes (PB) des régimes est ainsi une méthode reconnue et efficace pour réduire les rejets azotés des porcs à l'engrais et les impacts environnementaux associés (Cappelaere *et al.*, 2021). Cette stratégie nutritionnelle fait partie des Meilleures Techniques Disponibles (MTD) identifiée par la Commission Européenne (BREF IRPP, 2017) pour réduire les émissions des élevages porcins. Cette technique et ses impacts sur les émissions azotées des élevages porcins sont bien documentés dans la littérature (Cappelaere *et al.*, 2021). Une méta-analyse a notamment quantifié qu'une baisse d'un point de la teneur en PB dans les aliments porcs réduit linéairement l'excrétion azotée totale, l'excrétion azotée urinaire, l'excrétion azotée fécale et les émissions d'ammoniac de, respectivement, 8, 10, 3 et 10 % et améliore l'efficacité azotée de 1,6 points (Cappelaere *et al.*, 2021). Garcia-Launay *et al.* (2014) ont montré également qu'une réduction de 2 points de la teneur en PB des aliments des porcs à l'engrais entraînait une réduction de respectivement 17 et 11 % des impacts acidification et eutrophisation. Cependant, cette réduction des teneurs en PB requiert une supplémentation en acides aminés (AA) libres afin de couvrir les besoins nutritionnels des porcs et maintenir leurs performances de croissance (Gloaguen *et al.*, 2014 ; Zhao *et al.*, 2019). En termes de potentiel de réchauffement climatique (PRC), une récente méta-analyse a quantifié qu'une baisse de la teneur en PB alimentaires de 1 point permet de réduire l'inclusion de tourteau de soja de 33 kg/T d'aliment porc mais que l'impact sur le PRC dépend de l'origine de production des AA supplémentés ; l'utilisation d'AA européens permettant une réduction du PRC deux fois plus importante que l'utilisation d'AA d'origine chinoise (Simongiovanni *et al.*, 2022).

La présente étude analyse, à travers la méthodologie d'analyse du cycle de vie (ACV), l'impact de la réduction de la teneur en PB des régimes porcs, formulés en proposant tous les AA autorisés pour la nutrition animale. L'objectif de cette ACV était de calculer et analyser la performance environnementale du berceau à la porte de la ferme d'un système de production de porcs conventionnel dans le nord de l'Allemagne, tout en comparant les régimes standards à une stratégie de réduction de la teneur en PB des régimes. La présente étude est, à notre connaissance, la première évaluant tous les avantages d'une réduction de la teneur en PB alimentaires en utilisant les résultats de l'ACV de tous les types et origines d'AA supplémentés dans l'inventaire du cycle de vie (ICV) des porcs.

## 1. MATERIEL ET METHODES

### 1.1. Normes et guidelines

La méthodologie et les approches de cette ACV sont basées sur la norme ISO 14040/44 et alignées, dans la mesure du possible, sur les règles de définition des catégories de l'empreinte environnementale de la viande rouge de l'UECBV pour le porc et le porcelet (Footprint Category Rules Red Meat, Technical Secretariat for the Red Meat Pilot, 2019), la directive LEAP sur

les additifs (FAO, 2020) et la directive LEAP sur les nutriments (FAO, 2018). L'étude a fait l'objet d'une relecture par un panel externe selon les normes ISO 14040/14044 (ISO, 2005, 2006).

### 1.2. Système de référence : unité fonctionnelle et limite du système

Le système de production de porcs a été modélisé sur la base d'un système conventionnel représentatif des pratiques actuelles dans le nord de l'Allemagne. Le système est une production de porcs du sevrage à l'abattage où 11 093 porcelets sevrés sont élevés jusqu'à un poids moyen de 28 kg avec une mortalité moyenne de 2,5 %. En phase d'engraissement, 10816 porcs sont élevés sur une période de 120 jours jusqu'à un poids vif (PV) cible moyen de 123 kg. La mortalité moyenne considérée pour ce stade est de 2 %. Cinq types d'aliments sont distribués : Porcelet post-sevrage 1<sup>er</sup> et 2<sup>ème</sup> âge (respectivement de 6,5 à 12 kg PV puis de 12 à 28 kg PV), Croissance 1 & 2 (respectivement de 28 à 50 kg PV puis de 50 à 85 kg PV), et Finition (de 85 à 123 kg PV), avec un indice de consommation (IC) de respectivement 1,72 et 2,50 kg/kg, pour le porcelet en post-sevrage et le porc charcutier. L'aliment est fourni sous forme d'aliment composé optimisé à moindre coût. Les animaux sont logés en bâtiments, sur caillebotis avec production de lisier, sans accès à l'extérieur. Le lisier est transporté pour être épandu sur les terres arables comme engrais organique pour la production agricole. Dans le nord de l'Allemagne, la forte densité d'élevages fait que la gestion du lisier devient une dépense plutôt qu'une source de revenus, car il doit être transporté vers les lieux d'épandage.

L'unité fonctionnelle utilisée dans cette étude est de 1 kg de PV de porc à la sortie de l'exploitation. Le rendement en carcasse est supposé de 79 % du PV et la proportion de viande maigre de 67 %, sur la base de la base de données Agri-Footprint (Van Paassen *et al.*, 2019).

Le système a été modélisé du berceau à la porte de l'exploitation. Les limites du système intègrent l'élevage des cochettes, suivi de cycles successifs de gestation-lactation produisant les porcelets sevrés, jusqu'à la réforme des truies. Les porcelets sevrés sont ensuite élevés et engraisés jusqu'au PV cible d'abattage. La culture des ingrédients des aliments, la transformation et le transport des aliments, ainsi que les différentes étapes de production des aliments composés sont tous entièrement modélisés (Figure 1).

### 1.3. Inventaire de cycle de vie

Nous avons utilisé la base de données Agri-Footprint 5.0 comme principale source de données. Agri-Footprint est une base de données d'ICV largement acceptée, couramment utilisée par l'industrie alimentaire, les praticiens de l'ACV, la communauté scientifique et les gouvernements du monde entier. Il s'agit d'une base de données complète et de haute qualité centrée sur les processus agricoles et les produits alimentaires (environ 11 000 processus) qui a été soumise à une évaluation critique (Van Paassen *et al.*, 2019).

Pour la phase de production des porcelets incluant l'élevage des truies et des porcelets jusqu'au sevrage, notre étude s'est basée sur un système de production néerlandais typique, qui est supposé représentatif de l'approvisionnement en porcelets sevrés dans le nord de l'Allemagne (Blonk Consultants, 2020). Les données utilisées issues des statistiques néerlandaises disponibles (CBS, 2019 ; Wageningen UR, 2020, 2021) sont plus récentes que celles Agri-Footprint 5.0. L'ensemble des données

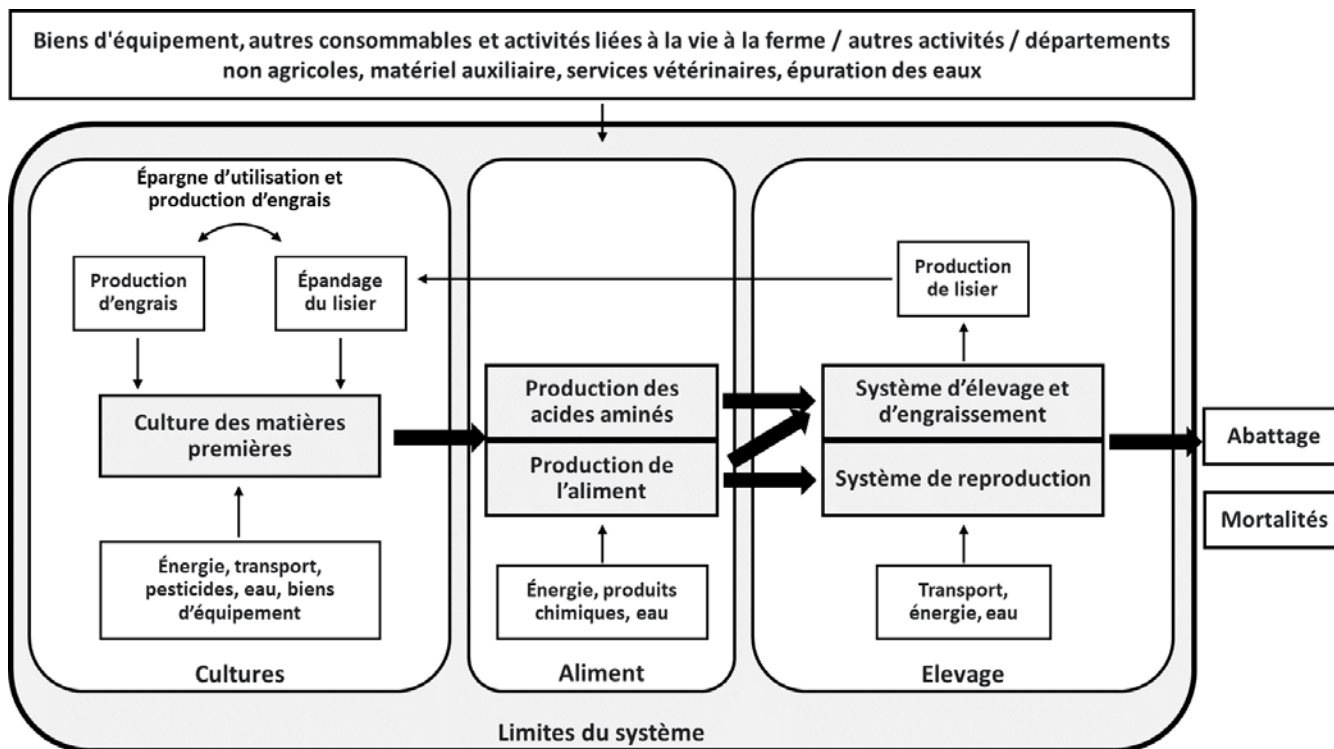


Figure 1 – Limites du système de production porcine utilisé pour l’analyse de cycle de vie

Agri-Footprint 5.0 a été utilisé pour les données secondaires relatives à l’élevages des truies, aux ingrédients alimentaires (à l’exception des AA) et aux « utilités » de production (transport, énergie, eau).

**1.4. Description des aliments**

Les aliments ont été optimisés à moindre coût avec le logiciel Allix3 en fonction du stade physiologique et des pratiques actuelles dans le nord de l’Allemagne. La liste de prix des matières premières est basée sur mai 2021. Divers ingrédients étaient disponibles au moment des formulations, mais tous n’ont pas été inclus dans les formules finales en raison de l’optimisation à moindre coût. Différentes disponibilités de matières premières ont été testées en fonction des saisons dans un scénario de sensibilité (résultats non présentés).

Les teneurs de référence en PB des aliments étaient basées sur les teneurs actuelles utilisées dans le nord de l’Allemagne ; pour les teneurs en AA, les rapports AA digestibles sur lysine (Lys) ont été utilisés pour tous les AA indispensables (thréonine (Thr), méthionine + cystéine (M+C), tryptophane (Trp), valine (Val), isoleucine (Ile), leucine (Leu), histidine (His) et phénylalanine + tyrosine (P+T)) selon les recommandations METEX Animal Nutrition (Gloaguen *et al.*, 2014 pour les porcelets post-sevrage et Lagadec *et al.*, 2016 pour les porcs charcutiers). L’impact d’une réduction d’un point de la teneur en PB sur l’ensemble des stades de production a été étudié. La teneur en PB a été réduite par rapport au niveau de référence en fixant un maximum sur la contrainte de la teneur en PB des aliments lors de l’optimisation au moindre coût. Le tourteau de soja a été remplacé par des céréales (principalement du blé) et des AA. Dans les régimes à faible teneur en PB, de nouveaux AA sous forme libre ont été nécessaires pour maintenir des niveaux adéquats, en particulier, L-Ile, L-Leu et L-His en phase de post-sevrage et, L-Ile et L-Leu en phase d’engraissement. La composition moyenne pondérée des aliments est présentée dans le Tableau 1.

**1.5. Calcul des émissions et évaluation des impacts**

Conformément aux règles de définition des catégories de l’empreinte environnementale de la viande rouge de l’UECBV pour le porc et le porcelet (Footprint Category Rules Red Meat, Technical Secretariat for the Red Meat Pilot, 2019), tous les impacts environnementaux tels qu’ils sont traités dans le guide PEF (Commission européenne, 2017) ont été calculés pour le système porcelet/porc. Les calculs sont effectués avec la méthode d’évaluation d’impact « Environmental Footprint » (EF) 2.0, développée dans le cadre de l’initiative PEF (Fazio *et al.*, 2018). Même si une nouvelle version (EF 3.0) a été récemment publiée, nous avons décidé d’utiliser EF 2.0 puisque la base de données Agri-Footprint 5.0 (utilisée comme source principale de données secondaires) a été développée avec les flux élémentaires disponibles dans EF 2.0.

Tableau 1 – Composition moyenne des aliments standard et à taux réduit en protéine brute (PB) utilisés pour l’analyse de cycle de vie (moyenne pondérée avec l’ingéré alimentaire en fonction du stade physiologique)

	Aliment standard	Aliment bas en PB
<b>Matières premières, kg/T</b>		
Céréales et co-produits de blé <sup>1</sup>	832	871
Tourteau de soja et CPS <sup>2</sup>	77	54
Tourteau de colza	35	22
Huile de soja	22	13
Premix et minéraux	26	28
Acides aminés <sup>3</sup>	9	11
<b>Valeurs nutritionnelles</b>		
Protéine brute, %	14,6	13,7
Lysine DIS <sup>4</sup> , %	0,86	0,86
Energie Nette, kcal/kg	2379	2379

<sup>1</sup>blé, orge, maïs, seigle, son de blé, drêches de blé ; <sup>2</sup>concentré protéique de soja ; <sup>3</sup>L-Lys, L-Thr, DL-Met, L-Trp, L-Val, L-Ile, L-Leu, L-His ; <sup>4</sup>Digestible idéale standardisée

Sur les 19 catégories d'impact calculées selon la méthode EF 2.0, certaines ont été analysées en détail et les résultats sont présentés dans cette publication :

- Changement climatique ou PRC incluant et excluant les émissions liées au changement d'affectation des terres (CAT), en kg CO<sub>2</sub> eq.
- Acidification terrestre et eau douce (AC), en mol H+ eq.
- Eutrophisation terrestre (EU), en mol N eq.

Ces catégories ont été sélectionnées car elles sont généralement considérées comme relativement robustes et particulièrement pertinentes pour les productions animales.

Le tableau 2 résume le modèle utilisé pour le calcul de l'excrétion et des émissions.

### 1.6. Analyses d'incertitudes et de sensibilité

Des analyses de Monte-Carlo ont été réalisées afin de prendre en compte les effets des incertitudes sur l'IC observé en élevage, sur le rendement des cultures, et sur les émissions dues au CAT pour la culture du soja.

Dans le cadre d'une analyse de sensibilité, l'origine des AA est comparée entre l'Europe (UE – scénario de base) et la Chine (CN). Les données ICV sur la production des AA ont été fournies par METEX Animal Nutrition, et précédemment validées dans une étude ACV à comité de lecture conforme aux normes ISO 14040/14044 (ISO, 2005, 2006). Les AA d'origine CN utilisés

dans l'analyse de sensibilité ont été modélisés à l'aide de l'ICV pour des AA obtenus par fermentation : glucides, ammoniac, produits chimiques, électricité et vapeur, en adaptant les données de base à la Chine. Ces résultats ont indiqué de fortes différences d'impact des AA selon l'origine de production, comme illustré dans le tableau 3 pour les AA les plus importants. Pour l'impact sur le changement climatique, le principal facteur explicatif des différences entre les deux origines est la faible empreinte carbone du mix énergétique et de la source de sucre (betterave à sucre) pour l'UE.

**Tableau 2** – Méthodes utilisées pour les calculs d'excrétion et d'émissions des porcs inclus dans le système de l'analyse de cycle de vie

Paramètre	Référence
Excrétion azotée	IPCC Tier 2
Excrétion azote ammoniacal total	Cappelaere <i>et al.</i> (2021)
Excrétion de composés organiques volatils	IPCC Tier 2
CH <sub>4</sub> entérique	IPCC Tier 2
CH <sub>4</sub> déjections	IPCC Tier 2
Emissions N <sub>2</sub> O direct	IPCC Tier 2
Emissions N <sub>2</sub> O Indirect	IPCC Tier 2
Emissions NH <sub>3</sub>	EMEP/EEA Tier 2
Emissions NO <sub>x</sub>	EMEP/EEA Tier 2
Emissions de composés organiques volatils (hors méthane)	EMEP/EEA Tier 2
Emissions de particules	EMEP/EEA Tier 1

**Tableau 3** – Facteurs d'impact (/T) des acides aminés enregistrés pour la nutrition animale en fonction de l'origine de production

Origine de production	Changement climatique, kgCO <sub>2</sub> eq		Acidification, mol H+eq		Eutrophisation terrestre, mol Neq	
	Europe	Chine	Europe	Chine	Europe	Chine
L-Lysine HCl	1 859	9 147	12	79	32	182
L-Thréonine*	-	10 949	-	99	-	210
L-Tryptophane	4 228	23 444	37	202	81	467
L-Valine	4 934	25 062	23	203	63	381
L-Isoleucine	12 329	63 316	53	513	157	945
L-Leucine*	8 211	-	36	-	97	-

\*La L-Thréonine n'est produite qu'en Chine, alors que la L-Leucine n'est produite qu'en Europe

## 2. RESULTATS ET DISCUSSION

La robustesse des résultats de l'ACV a été confirmée par les résultats des analyses de Monte Carlo qui montrent que tous les écart-types calculés étaient inférieurs aux moyennes ; ce qui indique que les impacts mesurés restent valables malgré l'incertitude inhérente aux choix des hypothèses liées aux données primaires et secondaires, ainsi qu'aux allocations.

### 2.1. Scénario de base et contributions aux impacts

Avec une origine UE des AA (scénario de base), le PRC est évalué à 3,71 et 2,64 kg CO<sub>2</sub> eq/kg PV, respectivement en incluant ou non le CAT, l'AC à 0,068 mol H+/kg PV et l'EU à 0,30 mol N eq/kg PV (Tableau 4). La plus grande contribution au changement climatique, y compris en considérant le CAT, était la production d'aliments avec 61 % du total, suivie des émissions à la ferme et lors de l'épandage du lisier qui s'élevaient à 23 %. L'AC était principalement associée aux émissions de NH<sub>3</sub> du lisier (59 %).

### 2.2. Impact de la réduction de protéines brutes

La réduction de PB a fortement réduit le PRC de 8,1 ± 1,7 %, a réduit le PRC hors CAT de 0,4 ± 0,0 % et a réduit l'AC et l'EU de

9,0 ± 0,2 % (Tableau 4). Pour le PRC, la réduction est principalement liée à la baisse de l'impact du CAT associé aux protéines végétales et aux huiles utilisées dans l'aliment, le tourteau et l'huile de soja provenant en grande partie d'Amérique du Sud, avec un fort impact CAT. Si l'on ne considère pas le CAT, l'impact changement climatique n'est pas influencé par la teneur en PB. Pour l'AC et l'EU, les différences s'expliquent principalement par une plus faible excrétion de composés azotés, entraînant une réduction des émissions d'ammoniac (NH<sub>3</sub>) et de protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O), et une meilleure efficacité de la rétention azotée par les animaux lors de la réduction de la teneur en PB. Ces effets s'expliquent par une croissance maintenue chez les porcs nourris avec des aliments à faible teneur en PB. Ces résultats sont en accord avec Cappelaere *et al.* (2021) et valables tant que les contraintes nutritionnelles, notamment sur les apports en AA, sont satisfaites.

### 2.3. Impact de l'origine des acides aminés

L'origine des AA a un effet sur les résultats finaux de l'ACV, en particulier sur l'impact changement climatique. Pour la situation de l'aliment standard, dans le cas d'AA d'origine

chinoise, le PRC est évalué à 3,85 et 2,78 kg CO<sub>2</sub>eq/kg PV, respectivement en incluant et excluant le CAT, ce qui correspond à une augmentation de 3,8 et 5,3 % comparativement au scénario utilisant des AA européens. Pour les impacts AC et l'EU les différences sont moindres avec des impacts accrus de respectivement 1,9 et 1,0 % pour le scénario CN comparé à UE (Tableau 4).

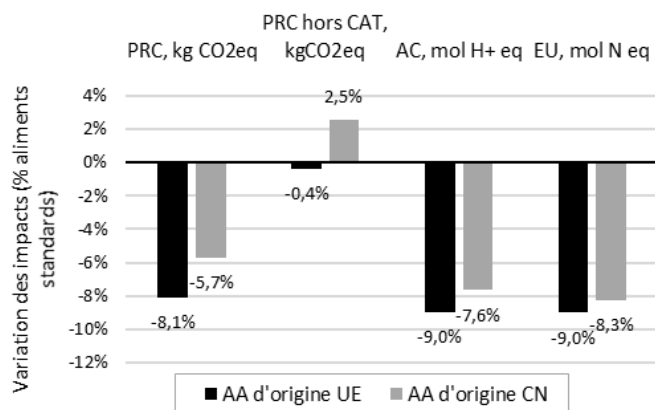
Ces différences s'accroissent dans un contexte d'aliments à basse teneur en PB, avec un impact augmenté de 6,5, 3,4 et 1,8 % pour le PRC, l'AC et l'EU, respectivement en cas d'utilisation d'AA d'origine Chinoise vs. Européenne. Ces résultats mettent en évidence, qu'au-delà des solutions nutritionnelles, l'origine des matières premières utilisées peut fortement influencer les impacts environnementaux des productions animales et doivent donc faire partie des premiers leviers à actionner afin de réduire ces impacts.

**Tableau 4** – Effet d'une réduction d'un point de pourcentage des protéines brutes (PB) des aliments et de l'origine<sup>1</sup> des acides aminés (AA) sur les résultats de l'analyse de cycle de vie de la production porcine pour les impacts potentiel de réchauffement climatique (PRC, kg CO<sub>2</sub> eq ; incluant ou non le changement d'affectation des terres (CAT)), acidification terrestre et d'eau douce (AC, mol H+ eq) et eutrophisation terrestre (EU, mol N eq)

Impact	AA d'origine UE (scénario de base)			AA d'origine CN			Δ AA d'origine CN vs AA d'origine UE	
	Aliments standards	Aliments bas PB	Δ bas PB vs standard	Aliments standards	Aliments bas PB	Δ bas PB vs standard	Aliments standards	Aliments bas PB
PRC, kg CO <sub>2</sub> eq	3,71	3,41	-8,1%	3,85	3,63	-5,7%	3,8%	6,5%
PRC hors CAT, kg CO <sub>2</sub> eq	2,64	2,63	-0,4%	2,78	2,85	2,5%	5,3%	8,4%
AC, mol H+ eq	0,068	0,062	-9,0%	0,069	0,064	-7,6%	1,9%	3,4%
EU, mol N eq	0,300	0,273	-9,0%	0,303	0,278	-8,3%	1,0%	1,8%

<sup>1</sup>L'origine des AA est comparée entre l'Europe (UE – scénario de base) et la Chine (CN)

On note également que lors d'une réduction de la teneur en PB des aliments, les réductions d'impacts les plus importantes sont observées en utilisant les AA d'origine UE comparativement aux AA d'origine CN (Tableau 4 ; Figure 2). En effet, en utilisant des AA d'origine CN le PRC est réduit de 5,7 % vs. 8,1 % pour le scénario utilisant des AA d'origine UE. Avec des AA d'origine CN, le PRC hors CAT est augmenté de 2,5 % rendant la stratégie de baisse de PB contre-productive sur ce critère. Avec des AA d'origine CN, l'AC et l'EU ont été réduites de 7,6 % et 8,3 % respectivement vs. 9.0 % pour le scénario utilisant des AA d'origine UE (Tableau 4 ; Figure 2).



**Figure 2** – Effet d'une réduction d'un point de pourcentage de la teneur en protéines brutes des aliments sur les résultats de l'analyse de cycle de vie de la production porcine en fonction de l'origine des acides aminés (AA, origine européenne (UE) et chinoise (CN))

PRC = potentiel de réchauffement climatique ; CAT = changement d'affectation des terres ; AC = acidification terrestre et d'eau douce ; EU = eutrophisation terrestre

Ces différences s'expliquent par la contribution plus élevée au changement climatique (hors CAT) des AA d'origine CN. Les différences plus élevées observées dans le scénario bas PB s'expliquent par l'inclusion plus élevée d'AA dans les régimes à

basse teneur en PB par rapport aux régimes témoins. D'après une récente méta-analyse, la réduction d'un point de PB dans les aliments porc se traduit en moyenne par une augmentation de l'inclusion d'AA de 2,9 kg/T, accompagnée d'une augmentation de l'incorporation de céréales de 24 kg/T et d'une réduction du tourteau de soja de 33 kg/T (Simongiovanni *et al.*, 2022). Dans le contexte actuel d'utilisation de régimes à teneur réduite en PB, il est donc important de tenir compte de l'origine des AA et du tourteau de soja dans les calculs des impacts environnementaux, en particulier pour le changement climatique.

## CONCLUSION

Ce système d'élevage du nord de l'Allemagne a été sélectionné car il est très spécialisé, représentatif du contexte local et situé dans une zone fortement soumise à des pressions environnementales et sociales.

Cette ACV a mis en évidence que la réduction de la teneur en PB dans les aliments est une stratégie efficace pour réduire les impacts PRC, AC et EU de la production porcine. La réduction des impacts AC et EU observée lors de la baisse de la teneur en PB s'expliquait principalement par une réduction des émissions de composés azotés (NH<sub>3</sub> et N<sub>2</sub>O). La réduction de PRC était principalement liée à une réduction de l'utilisation d'ingrédients issus du soja (remplacé par des céréales et des AA) dans les régimes à basse teneur en PB. Ceci explique les effets moindres de la réduction de la teneur en PB obtenus pour l'impact PRC hors CAT.

L'analyse de sensibilité montre que l'origine de production des AA doit être prise en compte puisqu'elle affecte les résultats de l'ACV. En effet les impacts PRC, AC et EU sont plus élevés lors de l'utilisation d'AA d'origine CN vs UE et cet écart est accentué dans un contexte d'utilisation d'aliment à teneur réduite en PB. Le PRC hors CAT est même augmenté par la baisse de PB dans le cas de l'utilisation d'AA d'origine CN. L'origine des AA est donc importante à considérer dans les calculs d'impact environnemental.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Blonk Consultants, 2019. GFLI Database of Animal Feed Production. LCA Feed database. <https://globalfeedlca.org/gfli-database/lcia-download/>.
- Blonk Consultants, 2020. APS footprint methodology for pig. Gouda, the Netherlands.
- BREF IRPP, 2017. Best Available Techniques (BAT) reference document for the intensive rearing of poultry or pigs.
- Cappelaere L., Le Cour Grandmaison J., Martin N., Lambert W., 2021. Amino Acid Supplementation to Reduce Environmental Impacts of Broiler and Pig Production: A Review. *Frontiers in Veterinary Science*, 8, 1-14. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.689259>.
- CBS, Centraal Bureau voor de Statistiek, 2019. Dierlijke mest en mineralen 2019. <https://www.cbs.nl/nl-nl/publicatie/2020/40/dierlijke-mest-en-mineralen-2019>.
- EMEP/EEA, 2016. Chapter 3.B Manure Management. EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2016, 62.
- European Commission, 2017. Product Environmental Footprint Category Rules Guidance - Version 6.3. Brussels, Belgium.
- FAO, 2018. FAOstat. <http://www.fao.org/faostat/en/#data>.
- FAO LEAP, 2018. Nutrient flows and associated environmental impacts in livestock supply chains. <http://www.fao.org/3/ca1328en/CA1328EN.pdf>
- FAO. 2019, FAOstat trade statistics. <http://faostat3.fao.org/download/T/TM/E>.
- FAO. 2020. Environmental performance of feed additives in livestock supply chains. <https://www.fao.org/documents/card/en/c/ca9744en/>
- Fazio S., Biganzioli F., De Laurentiis V., Zampori L., Sala S., Diaconu E., 2018. Supporting information to the characterisation factors of recommended EF Life Cycle Impact Assessment methods (version 2). European Commission. <https://doi.org/10.2760/002447>.
- Garcia-Launay F., Van der Werf H.M.G., Nguyen T.T.H., Le Tutour L., Dourmad J.Y., 2014. Evaluation of the environmental implications of the incorporation of feed-use amino acids in pig production using Life Cycle Assessment. *Livest. Sci.*, 161, 158-175.
- Gloaguen M., Le Floc'h N., Corrent E., Primot Y., van Milgen J., 2014. The use of free amino acids allows formulating very low crude protein diets for piglets. *J. Anim. Sci.*, 92, 637-644.
- IPCC. 2019. 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Calvo Buendia E., Tanabe K., Kranjc A., Baasansuren J., Fukuda M., Ngarize S., Federici S., Eds., IPCC: Switzerland.
- ISO. 2005. Environmental management — Life cycle assessment — Principles and framework.
- ISO. 2006. ISO 14044 - Environmental management — Life cycle assessment — Requirements and guidelines. ISO.
- Lagadec S., Roy H., Landrain P., Hassouna M., Lécuelle S., 2016. Effet d'une alimentation multiphase à bas taux protéique sur les performances animales, la composition des effluents et les émissions gazeuses. *Journées Rech. Porcine*, 48, 165-170.
- Simongiovanni A., Le Cour Grandmaison J., Lambert W., 2022. Quantification of the benefits of reducing dietary crude protein level for fattening pigs in terms of global warming potential depending on the origin of amino acids: a meta-analysis. 7th EAAP International Symposium on Energy and Protein Metabolism and Nutrition (ISEP), Grenade, Spain, 12-15 September 2022.
- Technical Secretariat for the Red Meat Pilot, 2019. Footprint Category Rules Red Meat, version 1.0. <http://www.uecbv.eu/UECBV/documents/FootprintCategoryRulesRedMeat16661.pdf>.
- Van Paassen M., Braconi N., Kuling L., Durlinger B., Gual P., 2019. Agri-footprint 5.0 - Part 2: Description of Data. Gouda, the Netherlands. Retrieved from <https://www.agri-footprint.com/wp-content/uploads/2019/11/Agri-Footprint-5.0-Part-2-Description-of-data-17-7-2019-for-web.pdf>.
- Wageningen UR. 2020. BINternet - Agrimatie.
- Wageningen UR. 2021. Kwantitatieve Informatie Veehouderij, 2020-2021. Wageningen University and Research.
- Zhao Y., Tian G., Chen D., Zheng P., Yu J., He J., Mao X., Huang Z., Luo Y., Luo J., Yu B., 2019. Effect of different dietary protein levels and amino acids supplementation patterns on growth performance, carcass characteristics and nitrogen excretion in growing-finishing pigs. *J. Anim. Sci. Biotechnol.*, 10, 75.