



Analyse du cycle de vie de la production porcine suisse selon des stratégies d'alimentation à faible teneur en protéines et sans phosphate minéral

Peng LIN (1,2), Patrick SCHLEGEL (1), Mohammed GAGAOUA (3), Marco TRETOLA (1), Luciano PINOTTI (2), Giuseppe BEE (1), Florence GARCIA-LAUNAY (3)

(1) Agroscope, Tioleyre, 1725 Posieux, Suisse

(2) Université de Milan, Via dell'Università, 26900 Lodi, Italie

(3) PEGASE, INRAE, Institut Agro, 35590 Saint Gilles, France

florence.garcia-launay@inrae.fr

Life cycle assessment of Swiss pig production with low-protein and mineral phosphate-free feeding strategies

Reducing nitrogen (N) and phosphorus (P) levels and using local feed sources in pig diets can lower the environmental footprint of pig production, but the effectiveness of these strategies largely depends on the production context. We assessed the environmental impacts of fattening pig production in high-density pig farming regions in Switzerland using an attributional life cycle assessment (LCA), comparing different N and P levels in feeds and varying degrees of imported resource use. Four isoenergetic treatments, previously experimentally tested, were compared: control (C), reduced protein content with minimal use of European soybean meal (N-), reduced phosphorus content without mineral phosphate (P-), and a combination of N- and P- (N-P-). The study focused on farm gate impacts for the fattening unit, including emissions up to manure storage. Compared to group C, N- reduced acidification (-2.4%), terrestrial eutrophication (-4.3%) and land use (-33.7%) potentials, but increased water resource depletion (RE: +13.6%) and climate change (2.17 vs. 2.08 kg CO₂-eq/kg weight gain); group P- reduced freshwater eutrophication (-1.6%), mineral use (-5.1%) and RE (3.81%); N-P- combined the benefits and trade-offs of N- and P-. Benefits were observed for impacts affected by N emissions in housing and storage and/or by the use of European soybean meal or mineral phosphate. However, trade-offs were observed in RE and climate change impact categories, linked to higher emissions due to greater inclusion of synthetic amino acids. This study confirms that dietary strategies aimed at reducing N and P excretion can effectively lower the environmental impacts, provided they are accompanied using feed ingredients with lower environmental impacts.

INTRODUCTION

La production des ressources alimentaires pour les animaux, ainsi que les émissions en bâtiment et lors du stockage des effluents sont les principaux contributeurs des impacts environnementaux en production porcine (Garcia-Launay et al., 2014). Malgré ce coût environnemental, les porcs ont besoin d'une alimentation adéquate pour soutenir leur croissance et satisfaire la demande croissante en viande porcine dans le monde (Pomar et al., 2021). L'azote (N), sous forme d'acides aminés (AA) digestibles (AAdig), et le phosphore digestible (Pdig) sont des nutriments indispensables à la croissance des porcs, mais un apport excessif entraîne des rejets importants vers l'environnement (Pomar et al., 2021). De plus, le P minéral est une ressource limitée (Lautrou et al., 2024). En UE, les principales sources d'AAdig et de Pdig utilisées en alimentation porcine sont le soja et le phosphate minéral (PM), tous deux importés (Parrini et al., 2023 ; Lautrou et al., 2024). Notre objectif était d'évaluer les impacts environnementaux, par analyse du cycle de vie (ACV), de la production de porcs en engraissement avec des aliments à faible teneur en protéines et en P, avec apport d'AA industriels mais sans PM et une utilisation minimale du tourteau de soja importé.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. Définition de l'objectif et du périmètre de l'étude

L'objectif était de comparer les impacts environnementaux de l'engraissement de porcs en sortie de ferme, obtenus avec quatre traitements alimentaires avec des aliments croissance et finition isoénergétiques et iso-AAdig : i) des aliments témoins (C) contenant du tourteau de soja importé de l'Est de l'UE et du PM finlandais ; ii) des aliments à teneur réduite en N, avec un minimum de tourteau de soja importé, remplacé par de la pois protéagineux et du tourteau de colza suisses, et des AA industriels produit en Asie et en France (N-); iii) des aliments sans PM (P-); et iv) des régimes combinant les caractéristiques des aliments N- et P- (N-P-). L'unité fonctionnelle (UF) pour la production porcine était de 1 kg de gain de poids vif pendant la période d'engraissement.

Les limites du système comprenaient les étapes de la production de carburant, de gaz naturel et d'électricité, la production et le transport de machines, de semences, de pesticides et d'engrais, la production d'ingrédients alimentaires végétaux et non végétaux, la production des aliments et leur

transport, et l'engraissement des porcs. Les limites du système comprenaient la gestion du lisier jusqu'au stockage à la ferme, et le lisier était considéré comme un résidu.

1.2. Inventaires du cycle de vie et évaluation des impacts

Les inventaires de cycle de vie (ICV) de la production de porcs engraisés ont été construits pour chaque traitement alimentaire avec l'outil MEANS InOut (Auberger et al., 2018) puis modifiés directement dans SimaPro v9.6. Ils sont basés sur les performances de 48 porcs (femelles et mâles castrés – 22,3 ± 3,3 kg à 109,3 ± 1,0 kg) engraisés avec les 4 traitements alimentaires à la station expérimentale d'Agroscope. Les émissions dans l'air en bâtiment et au stockage du lisier ont été estimées avec les modèles Agribalyse 3.2. intégrés dans MEANS InOut (Auberger, 2024). L'excrétion totale d'azote a été extraite de l'essai *in vivo* en tenant compte de la composition des aliments, de la consommation alimentaire et de la composition corporelle des porcs acquise par absorptiométrie biphotonique à rayons X (DXA) (Lin et al., 2026).

Pour les ressources alimentaires, les ICV suisses de l'orge, du blé et du pois proviennent de la base ecoinvent 3.9. Les ICV des AA sont issus d'Agribalyse 3.2. Les inventaires des autres ressources alimentaires ont été construits à partir de ceux disponibles dans Agribalyse 3.1.1. avec des modifications des données d'arrière-plan pour l'énergie et l'eau et des distances de transport pour un rendu en Suisse.

Huit catégories d'impact ont été estimées à l'aide de la méthode Environmental Footprint 3.1 dans SimaPro® v. 9.6. : le changement climatique (CC), acidification (AC), eutrophisation (EU) terrestre et des eaux douces, utilisation des terres (UT), utilisation de l'eau (EAU), épuisement des ressources énergétiques (EN) et épuisement des ressources minérales (EM).

2. RÉSULTATS ET DISCUSSION

Les performances zootechniques des porcs n'ont pas été affectées par le traitement alimentaire (Lin et al., 2026) et n'ont donc pas influencé les différences d'impacts observées (Tableau 1). Comparé à C, P- a légèrement réduit les impacts EU des eaux douces (-1,6 %), EAU (-3,8 %) et EM (-5,1 %), grâce à l'économie de phosphate monocalcique. N- a légèrement réduit les impacts AC (-2,4 %) et EU terrestre (-3.4%) grâce à la réduction de l'excrétion d'N et des émissions associées (NH₃, NO_x), bien que les impacts AC et EU terrestre des aliments aient augmenté. Dans N-P-, AC reste stable car la réduction de l'excrétion d'N ne compense plus l'augmentation des impacts des aliments. Cette réduction des émissions azotées par la diminution du niveau de protéines des aliments est bien documentée et permet en

général une réduction de ces impacts (Garcia-Launay et al., 2014).

N- a réduit EU des eaux douces (-4,3 %) et UT (-33,7 %) grâce à la réduction des impacts des aliments permise par la diminution de l'incorporation de tourteau de soja Européen. Pour la même raison, N-P- a également réduit ces impacts. L'économie de phosphate monocalcique a aussi contribué à réduire EU des eaux douces pour N-P-.

Les traitements N- et N-P- vs. C ont augmenté les impacts CC (+4,4 % et +6,7 %), EAU (+13,6% et +13,6 %) et l'épuisement des ressources minérales (+ 8% et +3,9 % respectivement) et énergétiques (+9% et +10,9 % respectivement). Dans les deux cas, ces dégradations d'impacts sont liées à l'incorporation accrue d'AA industriels pour équilibrer les aliments suite à la réduction de la teneur en protéines des aliments et la quasi-éviction du tourteau de soja. Ce résultat est assez logique compte-tenu des impacts CC, EN et EM élevés des AA industriels déjà bien documentés (Wilfart et al. 2016). Cela est d'autant plus vrai que les provenances de certains de ces AA industriels (Chine, Corée du Sud) sont associées à des impacts encore plus élevés en sortie d'usine de fabrication par rapport à une origine française, dans la base Agribalyse 3.2.

Tableau 1 – Impacts environnementaux potentiels d'1 kg de gain de poids vif pour les 4 traitements alimentaires

	Traitements			
	C	N-	P-	N-P-
CC (kg CO ₂ eq)	2.08	2.17	2.08	2.22
AC (mol H ⁺ eq)	0.027	0.026	0.027	0.027
EU terrestre (mol N eq)	0.114	0.109	0.115	0.113
EU eaux douces (g P eq)	0.404	0.391	0.398	0.398
UT (Pt)	92.5	61.4	92.1	70.8
EAU (m ³ depriv.)	0.485	0.551	0.467	0.552
EN (MJ)	17.7	19.3	17.7	19.6
EM (g Sb eq)	0.0124	0.0134	0.0118	0.0129

CONCLUSION

En manipulant les teneurs en N et P des aliments de porcs en engraissement, certaines catégories d'impacts peuvent être améliorées grâce à une réduction de l'excrétion de N et de P et des émissions associées, et/ou au remplacement/éviction d'ingrédients alimentaires à impacts élevés, en contexte Suisse. En revanche, l'utilisation accrue d'AA industriels peut annuler ces bénéfices selon l'utilisation plus ou moins importante de ressources fossiles pour leur production.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Auberger J. 2024. Emission models integrated into MEANS-InOut: description. Plateforme nationale, Recherche Data Gouv, <https://doi.org/10.57745/SXCIGT>.
- Auberger J., Malnoë C., Biard Y., Colomb V., Grasselly D., Martin E., van Der Werf H., Aubin J. 2018. MEANS-InOut: user-friendly software to generate LCIs of farming systems. 11th International Conference on Life Cycle Assessment of Food 2018 (LCA Food), Oct 2018, Bangkok, Thailand. (hal-02014939)
- 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.
- Lautrou M., Pomar C., Schmidely P., Létourneau-Montminy M.P., 2024. Effects of phosphorus and calcium depletion on growth performances and bone mineralisation in growing pigs. *animal*, 18, 101355.
- Lin P., Trelola M., Pinotti L., Bee G., Schlegel P. 2026. Engraissement sans soja, ni phosphate minéral ? Journées Rech. Porcine, 58, XXX-XXX.
- Parrini S., Aquilani C., Pugliese C., Bozzi R., Sirtori F., 2023. Soybean replacement by alternative protein sources in pig nutrition and its effect on meat quality. *Animals*, 13, 494.
- Pomar C., Andretta I., Remus A., 2021. Feeding strategies to reduce nutrient losses and improve the sustainability of growing pigs. *Front Vet Sci*, 8, 742220.
- Wilfart A., Espagnol S., Dauguet S., Tailleux A., Gac A., Garcia-Launay F. 2016. "Ecoalim: a dataset of environmental impacts of feed ingredients used in french animal production." *Plos One* 11(12): e0167343.