

Optimisation des coûts d'alimentation et des rejets chez le porc charcutier

Émilie JOANNOPOULOS (1,2), François DUBEAU (1), Jean-Pierre DUSSAULT (3), Mounir HADDOU (2), Candido POMAR(4)

(1) Université de Sherbrooke, Département de mathématiques, Sherbrooke (QC) J1K 2R1, Canada

(2) INSA Rennes, 20 Avenue des Buttes de Coësmes, CS 70839, 35708 Rennes cedex 7, France

(3) Université de Sherbrooke, Département d'informatique, Sherbrooke (QC) J1K 2R1, Canada

(4) Agriculture et Agroalimentaire Canada, 2000 rue collège, Sherbrooke (QC) J1M 0C8, Canada

emilie.joannopoulos@usherbrooke.ca

Optimization of feeding costs and excretions during growing-finishing pig operations

The aim of this study is to find a formulation method to reduce both the total feed cost and the nitrogen (N) and phosphorus (P) excretions. We will compare two new formulation methods, applied to a precision-feeding system using two feeds, with the traditional three phase (25-50, 50-90, 90-130 kg of body weight) feeding system using complete feeds. In the latter one, simulated pigs are fed using complete feeds formulated at fixed energy density (10.36 MJ EN / kg), while in the two former ones, they are fed according to a precision-feeding system (daily phases) using two feeds without predetermined energy density, which, when mixed into several proportions, satisfy the requirements for each day. Without trying to reduce N and P excretions, the precision-feeding system reduced the feed cost by 4.1%, while the amount of N and P excretions were reduced by 14.8% and 3.3% respectively. When the excretions are forced below some levels, many possibilities are available to reduce the P and N excreted without increasing the feed cost. One of them can reduce N by 22.4% and P by 11.1%. Other alternatives could be good trade-offs between low excretion level and low cost.

INTRODUCTION

Le coût de l'alimentation représente plus de 70% du coût total de production du porc charcutier et une gestion optimale de la composition des aliments en accord avec le programme alimentaire aura un impact majeur sur la rentabilité des exploitations (Morel *et al.*, 2012). Les conséquences environnementales de la production porcine sont également très importantes, il est donc essentiel de les diminuer. L'effet de différentes stratégies alimentaires sur le coût des aliments et leur impact environnemental a été étudié récemment (Brossard *et al.*, 2010 ; Dubeau *et al.*, 2011 ; Pomar *et al.*, 2014). Le but de ce travail est de proposer une nouvelle méthode de formulation des aliments destinés aux porcs charcutiers permettant de réduire à la fois les coûts d'alimentation et les rejets de phosphore (P) et d'azote (N).

1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

La simulation faite dans cette étude a été réalisée pour un animal moyen. Au lieu de minimiser uniquement le coût unitaire de l'aliment (\$/kg), nous avons cherché à minimiser le coût total de l'alimentation (\$/porc) tout en réduisant les rejets de P et N. Nous avons comparé le coût de l'alimentation et les rejets de N et de P pour toute la période de croissance d'un porc nourri selon une alimentation à phases quotidiennes utilisant deux prémélanges uniques, déterminés lors de l'optimisation, en début de croissance, et pouvant avoir chacun une concentration énergétique différente (nouvelle méthode, NM),

à une alimentation conventionnelle à trois phases (25-50, 50-90 et 90-130 kg de poids vif) utilisant trois aliments complets (un aliment par phase) dont la densité énergétique a été fixée à 10,36 MJ d'énergie nette (méthode de référence, MR). On suppose dans tous les cas que les porcs consomment suffisamment pour satisfaire leur besoin en énergie nette et que la capacité d'ingestion augmente avec l'âge (Black *et al.*, 1986). Pour une alimentation suivant la méthode de référence MR, les aliments ont été déterminés de manière à ce que chacun d'eux satisfasse les besoins en nutriment (NRC, 1998) de la phase à laquelle il est associé. Pour une alimentation suivant la nouvelle méthode NM, les deux prémélanges ont été déterminés de façon à ce que leur combinaison quotidienne satisfasse ou dépasse les besoins journaliers. Ces deux prémélanges pris séparément ne satisfont pas nécessairement les besoins des animaux à des poids particuliers, mais leur mélange à des proportions spécifiques le permet tout au long de la période de croissance. De plus, cette combinaison est obtenue en minimisant le coût de l'alimentation (\$/porc). Seulement le ratio entre un nutriment (ex. lysine) et l'énergie peut être contrôlé avec deux prémélanges. Le ratio entre les autres nutriments et la lysine peut cependant varier de façon proportionnelle au cours de la croissance.

Tous les aliments utilisés dans cette étude ont été obtenus à partir de la liste d'ingrédients disponibles et de leur prix moyen pour l'ensemble de la période allant de novembre 2010 à octobre 2011 (Aliments Bretons Inc, QC, Canada). Les coûts fixes tels que celui de la fabrication de l'aliment, de l'entreposage, du transport et de la distribution ne sont pas considérés dans cette étude.

Les performances d'un porc type sont considérées ici et il a été simulé à l'aide d'un modèle mathématique déterministe (NRC, 1998). La méthode de formulation utilisée dans cette étude permet de déterminer simultanément la composition des deux prémélanges et les proportions quotidiennes de manière à minimiser le coût total de l'alimentation (Joannopoulos et al., 2015), tout en rajoutant des contraintes sur les rejets de P et de N. Des modèles linéaires monocritères ont été utilisés pour les aliments MR. Deux types de modélisation ont été utilisés pour la nouvelle méthode NM. La première consiste à minimiser seulement le coût de l'alimentation avec un modèle bilinéaire monocritère (NM-MC). La seconde consiste à rajouter les contraintes sur les rejets de P et de N utilisant un modèle bilinéaire tricritère (NM-TC). Toutes ces modélisations ont été réalisées en langage AMPL (Fourer et al., 2002) et l'optimisation a été faite à partir de serveur NEOS (Czyzyk et al., 1998 ; Dolan, 2001).

2. RESULTATS ET DISCUSSION

Tableau 1 – Coût de l'alimentation et rejets de phosphore et d'azote selon les différentes méthodes de formulation (entre parenthèses, écart en pourcentage avec la méthode de référence)

Méthode ¹	Coût de l'alimentation \$/porc	P excrété kg/porc	N excrété kg/porc
MR	100,33	1,203	4,062
NM-MC	96,232 (-4,1%)	1,163 (-3,3%)	3,463 (-14,8%)
NM-TC	100,31 (-0,02%)	1,070 (-11,1%)	3,151 (-22,4%)

¹MR : méthode de référence ; NM-MC : nouvelle méthode avec modèle bilinéaire monocritère ; NM_TC : nouvelle méthode avec modèle bilinéaire tricritère.

L'alimentation avec un aliment complet pour chacune des trois phases (méthode MR) est utilisée comme référence dans cette étude (Tableau 1). Lorsqu'on utilise une alimentation à phases quotidiennes avec prémélanges non nécessairement complets et sans contraintes environnementales (méthode NM-MC), le coût de l'alimentation est réduit de 4,1% ; les rejets de P et de N sont réduits de respectivement 3,3 et 14,8%.

Les simulations suivantes ont consisté à forcer les rejets à être réduits de 3% à 23% pour le P, et de 15% à 30% pour le N, par pas de 1%, tout en utilisant une alimentation journalière avec des prémélanges à concentration énergétique libre (Figure 1 ; méthode NM-TC). La courbe A présentée sur la surface de la figure 1 correspond aux paires de réductions des rejets de P et de N avec un coût de l'alimentation égal à celui de MR. Toutes les paires situées sous cette courbe et jusqu'à un rejet de P = 0% et un rejet de N = 0%, sont des situations permettant de réduire à la fois les rejets et le coût de l'alimentation. La méthode proposée permet de quantifier le coût des réductions des rejets en N et P, en fonction de l'intensité de cette réduction.

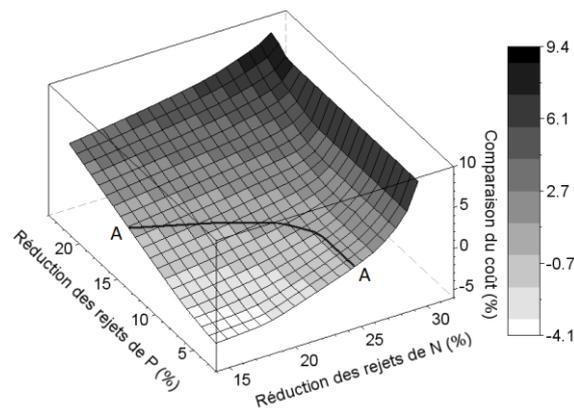


Figure 1 – Évolution du coût de l'alimentation NM-TC (nouvelle méthode, modèle bilinéaire tricritère) par rapport à MR (méthode de référence) en fonction des rejets de phosphore et d'azote

Le scénario NM-TC permet des diminutions de 11% de l'excrétion de P et de 22% de l'excrétion N tout en maintenant un coût de l'alimentation semblable à celui de la méthode traditionnelle (MR).

CONCLUSION

Une alimentation en phases quotidiennes utilisant deux prémélanges à concentration énergétique libre permet de réduire considérablement le coût total de l'alimentation. De plus, ces aliments permettent de réduire légèrement les rejets de P et, de manière plus importante, ceux de N. Toujours en utilisant une alimentation à phases quotidiennes, il est possible de réduire davantage les rejets, mais le gain monétaire est alors moins important.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Black J.L., Campbell R.G., Williams I.H., James K.J., Davies G.T., 1986. Simulation of energy and amino acid utilisation in the pig. Res. Dev. Agric., 3, 121-145
- Brossard L., Quiniou N., Dourmad J.Y., Salaün Y., Van Milgen J., 2010. Définir des stratégies alimentaires alliant performance économique et impact environnemental grâce à la modélisation du groupe de porcs en croissance. Journées Rech. Porcine, 42, 131-132.
- Czyzyk J., Mesnier M.P., More J.J., 1998. NEOS server. IEEE Comput. Sci. Eng., 5, 68-75.
- Dolan E., 2001. The Neos server 4.0 administrative guide. Technical Memorandum ANL/MCS-TM-250. Eds, Mathematics and Computer Science Division, Argonne National Laboratory.
- Dubeau F., Julien P.-O., Pomar C., 2011. Formulating diets for growing pigs: economic and environmental considerations. Ann. Oper. Res., 190, 239-269.
- Fourer R., Gay D.M., Kernighan B.W., 2002. AMPL: A Modeling Language for Mathematical Programming. Col Publishing Company.
- Joannopoulos É., Dubeau F., Dussault J.-P., Pomar C., 2015. Diet problems. In : Plà-Aragónés L. M. (Ed), Handbook of Operations Research in Agriculture and the Agri-Food Industry, 397-417. Springer-Verlag, New York.
- Morel P.C.H., Sirisatien D., Wood G.R., 2012. Effect of pig type, costs and prices, and dietary restraints on dietary nutrient specification for maximum profitability in grower-finisher pig herds: A theoretical approach. Livest. Sci., 148, 255-267.
- NRC, 1998. Nutrient Requirements of Swine. 10th ed., National Academy Press, Washington, DC, 189p.
- Pomar C., Pomar J., Dubeau F., Joannopoulos É., Dussault J.-P., 2014. The impact of daily multiphase feeding on animal performance, body composition, nitrogen and phosphorus excretions, and feed costs in growing-finishing pigs. Anim. Sci., 8, 704-713.