

Modèle du devenir métabolique de phosphore et calcium alimentaires et de la dynamique de dépôt des cendres corporelles : inversion du modèle

Marie-Pierre LETOURNEAU-MONTMINY (1), Agnès NARCY (2), Thomas D. CRENSHAW (3), Jean-Yves DOURMAD (4), Candido POMAR (5)

(1) Université Laval, 2125 rue de l'Agriculture, G1V0A6, Québec, QC, Canada

(2) INRA - Unité de Recherches Avicoles, Domaine de l'Orfrasière, 37380 Nouzilly, France

(3) Université du Wisconsin, Madison, 53706 Wisconsin, États-Unis

(4) INRA, UMR1348, PEGASE, 35590 Saint-Gilles, France

(5) Agriculture et Agroalimentaire Canada, J1M 0C8 Sherbrooke, Québec, Canada

Marie-Pierre.letourneau@fsaa.ulaval.ca

Modeling the metabolic fate of dietary phosphorus and calcium in growing pigs and the dynamics of body ash: model inversion

As a first step in understanding the complexity of phosphorus (P) utilization by growing pigs, a compartmental mechanistic model of the fate of dietary P in the digestive tract until its absorption was performed. Then a model simulating the metabolic fate of dietary P and calcium (Ca) in growing pigs and the dynamics of body ash was developed. It integrates the animal growth potential and dietary Ca and P intake and the most relevant physiological processes involved in pig P metabolism; it simulates the impact of different feeding strategies and estimates dietary P and Ca requirements over time. In the present work, the model was inverted to predict dietary recommendations and was compared with published models. The P recommendations of NRC (2012, USA) are the lowest and INRA (Jondreville and Dourmad, 2005; France) the highest. The current model recommendations are close to the French ones for young pigs and progressively approach the USA recommendations for older pigs. The evolution of dietary P requirements is modulated in the proposed model by the amount of P associated with body protein, lipid and ash, and the retention of these chemical body constituents over time. For dietary Ca recommendations, the current model provides results close to France while the USA results are lower.

INTRODUCTION

Plusieurs critères d'utilisation du phosphore (P) peuvent être utilisés pour établir des recommandations en fonction de l'objectif de la production visé, par exemple la rentabilité, le bien-être ou l'environnement. Ceci est difficile à prendre en compte dans la pratique compte tenu d'un besoin unique considéré dans les tables d'alimentation. Un modèle robuste et multicritère visant à simuler le devenir du P et du calcium (Ca) et leur rétention dans les différentes fractions anatomiques a été développé afin de prédire les cendres corporelles indépendamment de la protéine corporelle. Cet outil a ainsi été utilisé pour estimer le besoin d'un porc en croissance pour une rétention corporelle maximale de P.

1. MATERIEL ET METHODES

Le modèle a été construit avec une approche mécaniste dans laquelle les mécanismes sous-jacents menant à l'utilisation métabolique de P et Ca sont représentés (Létourneau-Montminy *et al.*, 2015). Les valeurs des paramètres ont été estimées à partir de données expérimentales. Il inclut trois modules, soit un module de digestion, de tissus mous et de cendres corporelles. Le module de digestion simule l'absorption de P et Ca, soit le passage de l'intestin au milieu

extracellulaire, et leur excrétion au niveau fécal. Il s'agit d'une simplification du modèle décrivant le devenir digestif de P et Ca (Létourneau-Montminy *et al.*, 2011) qui s'appuie notamment sur un travail de méta-analyse (Létourneau-Montminy *et al.*, 2012). Les différentes formes de P, l'apport de Ca, de phytase végétale et microbienne et les sécrétions endogènes intestinales sont prises en compte. Le module des tissus mous simule le dépôt de protéines et lipides corporels d'après le modèle InraPorc (van Milgen *et al.*, 2008). Comparativement à ce modèle et à d'autres publiés (ex. NRC, 2012), le présent modèle simule indépendamment les cendres et la protéine corporelle. Les cendres corporelles se retrouvent dans trois compartiments : le milieu extracellulaire, les tissus mous et l'os. Elles incluent le P, le Ca et les autres minéraux qui sont exprimés en ratio fixe par rapport à Ca. Au niveau extracellulaire, compte tenu des régulations connues du métabolisme phosphocalcique, P et Ca sont des pools nuls. Au niveau des tissus mous, le P et le Ca se déposent soit dans les compartiments protéiques ou lipidiques et les proportions dans ces dépôts ont été estimées à partir de données de dissection chez le porc (Nielsen, 1973). Enfin, au niveau osseux, le dépôt potentiel de Ca a été estimé à partir de données de composition corporelle de porcs alimentés au besoin. Faute de données de dépôt osseux, le ratio Ca:Protéine a été établi à partir de données de composition corporelle de

la littérature et utilisé pour prédire le potentiel. Ainsi, le dépôt maximal de cendres est estimé en utilisant un ratio fixe par rapport à celui de la protéine qui est mieux connu, le dépôt de cendres demeure lié à la protéine. Par contre, le dépôt réel dépend des quantités de Ca et P absorbées en considérant que ces deux minéraux se déposent dans un ratio de 2,2 jusqu'à atteindre le potentiel.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

L'inversion du modèle consiste à transformer le modèle pour estimer les besoins en Ca et en P en fonction du potentiel de croissance de l'animal.

2.1.1. Comparaison avec des modèles de besoins existant

Le présent modèle a été comparé à deux autres modèles d'estimation des besoins en simulant un porc type. Le présent modèle simule le besoin pour le dépôt maximal de P et Ca dans les tissus mous et osseux avec le dépôt protéique comme force motrice. Dans le modèle de Jondreville et Dourmad (2005, modèle « INRA »), le besoin est basé sur une maximisation de la minéralisation osseuse avec le GMQ comme force motrice du dépôt de P. Dans le modèle NRC (2012), les performances de croissance sont maximisées en considérant un dépôt de P à 85% du maximum, avec le dépôt protéique comme force motrice du dépôt de P. La rétention de P simulée par chaque modèle montre que les prédictions du présent modèle sont proches de celles de l'INRA pour des porcs jeunes alors qu'elles se rapprochent de celles du NRC (2012) pour des porcs en croissance (Figure 1).

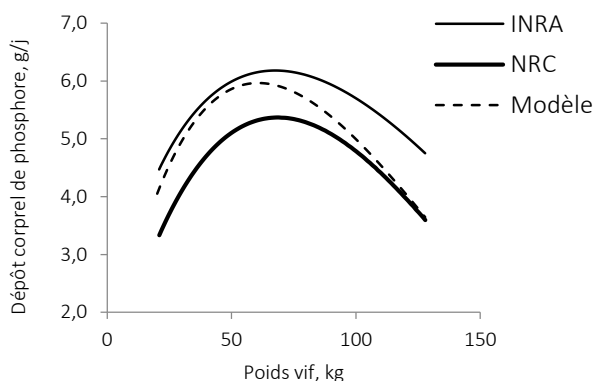


Figure 1 – Dépôt de phosphore corporel en fonction du poids vif simulé par différents modèles (voir texte)

Le fait que le présent modèle se rapproche du NRC (2012) quand le poids augmente vient du fait qu'il simule de façon distincte le P dans les tissus protéiques, lesquels sont riches en P, et les tissus lipidiques qui sont relativement pauvres en P.

Concernant le besoin en Ca, le modèle NRC considère un ratio de 2,15 Ca : P digestible standardisé et le modèle INRA 2,9 Ca : P digestible apparent. Dans le présent modèle, le besoin de Ca est calculé en divisant le dépôt de Ca par l'ingéré et en y ajoutant des pertes basales de 0,174 g/kg matière sèche ingérée (MSI, González-Vega *et al.*, 2013). Les résultats montrent un besoin de Ca plus élevé à partir du modèle INRA, suivi du présent modèle et enfin du modèle NRC (Figure 2). La différence entre le présent modèle et le modèle INRA vient du fait que le présent modèle représente le dépôt différentiel de P dans les tissus protéiques et lipidiques, ce dernier augmentant au dépend de l'autre avec la croissance.

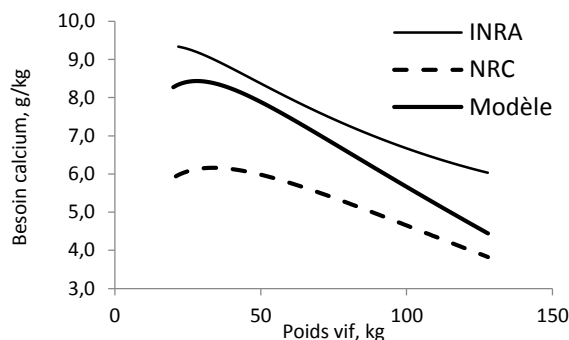


Figure 2 – Besoin de calcium en fonction du poids vif simulé par différents modèles

2.1.2. Résultats de simulation du modèle

Le présent modèle peut servir à réfléchir sur la façon d'établir le besoin, notamment celui de Ca. En effet, il montre que le P et le Ca digestibles doivent être absorbés dans un ratio de 1,5 pour maximiser le dépôt des deux minéraux. Cependant, davantage d'études sont nécessaires pour prédire la digestibilité du Ca des ingrédients et utiliser ce ratio en conditions commerciales. Le présent modèle permet également d'estimer le P retenu / kg de gain, valeur clé du bilan alimentaire en P. Le modèle montre qu'il diminue avec l'augmentation du poids de l'animal, lequel suit une relation de Gompertz, compte tenu du fait que le dépôt protéique suit cette dynamique dans le modèle lorsqu'on simule un animal au potentiel, avec une valeur moyenne de 4,7 g P/kg gain.

CONCLUSION

L'outil précédemment développé permet de redéfinir les besoins en P. Une étape ultérieure consistera à tester le modèle, notamment ajuster le potentiel de dépôt de Ca osseux indépendamment de la protéine. Il servira par la suite d'outil de réflexion pour la mise en place de recommandations phosphocalciques dans le cadre de nouvelles stratégies basées sur l'utilisation de l'alimentation de précision.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- González-Vega J.C., Walk C.L., Liu Y., Stein H.H., 2013. Endogenous intestinal losses of calcium and true total tract digestibility of Ca in canola meal fed to growing pig. *J. Anim. Sci.*, 91, 4807-4816.
- Jondreville C., Dourmad J.Y., 2005. Le phosphore dans la nutrition des porcs. *INRA Prod. Anim.*, 18,183-192.
- Létourneau-Montminy M.P., Narcy A., Lescoat P., Bernier J.F., Magnin M., Sauvant D., Jondreville C., Pomar C., 2011. Modeling the fate of dietary phosphorus in the digestive tract of growing pigs. *J. Anim. Sci.*, 89, 3596-3611.
- Létourneau-Montminy M.P., Jondreville C., Sauvant D., Narcy A., 2012. Meta-analysis of phosphorus utilization by growing pigs: effects of dietary phosphorus, calcium and exogenous phytase. *Anim.*, 6, 1590-1600.
- Létourneau-Montminy M.P., Narcy A., Dourmad J.Y., Crenshaw T.D., Pomar C., 2015. Modeling the metabolic fate of dietary phosphorus and calcium dynamics and body ash content in growing pigs. *J. Anim. Sci.*, 93, 1200-1217.
- Nielsen A.J., 1973. Anatomical and chemical composition of Danish Landrace pigs slaughtered at 90 kilograms live weight in relation to litter, sex, and feed composition. *J. Anim. Sci.*, 36, 476-483.
- NRC, 2012. Nutrient requirement of swine. 11th Ed. Natl. Acad. Press. Washington, DC. 400 p.
- van Milgen J., Valancogne A., Dubois S., Dourmad J.Y., Noblet J., 2008. InraPorc: a model and decision support tool for the nutrition of growing pigs. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 165, 201-209.