

Méta-analyse de l'utilisation digestive et métabolique du P chez le porc en croissance: effet de l'apport alimentaire de phosphore, de calcium et de phytase

Marie-Pierre LETOURNEAU-MONTMINY (1) et Agnès NARCY (2)

(1) Agriculture et Agroalimentaire Canada, 2000 Rue College, CP 90, J1M 1Z3 Sherbrooke, Canada

(2) INRA de Tours, UR83, 37380 Nouzilly, France

anarcy@tours.inra.fr

Meta-analysis of phosphorus digestive and metabolic utilization by growing pigs: effect of dietary phosphorus, calcium and exogenous phytase

Optimizing phosphorus (P) utilization efficiency is a key element for the sustainability of pig production. Given the large number of P digestibility data in growing pigs, a meta-analysis was conducted using 74 publications to quantify the effect of the main factors modulating digestive and metabolic P utilization, such as P forms, calcium (Ca) and phytase. The results showed that digestible P (g/kg) increases linearly with dietary P with digestibility of 21, 73 and 80 % for phytate P (PP) and non-phytate P from plant and mineral origin, respectively. The effect of microbial phytase on digestible P is two-times that of plant and depends on PP. Digestible P decreases with increasing Ca and decreasing body weight of pig. For the metabolic utilization of P, average daily gain (ADG, g/d) and retained P (g/kg) increase curvilinearly with dietary P. The impact of dietary Ca depends on dietary P; the negative impact of increasing Ca on ADG is increased in low-P diet. Besides, high Ca concentration decreased retained P in low-P diet while it increased it in high-P diet. This interaction reflects the relationship between P and Ca in bone compared to soft tissue. The impact of microbial phytase on ADG decreases with increasing dietary P and its impact on retained P also depends on dietary Ca. This meta-analysis provided a better understanding of digestive and metabolic P utilization in pigs, which is a prerequisite to formulating diets geared to high economic and environmental performances.

INTRODUCTION

Un modèle mathématique mécaniste a été développé pour prédire l'utilisation digestive de phosphore (P) chez le porc en croissance en fonction des principaux facteurs de variations afin d'optimiser l'utilisation digestive de P chez le porc (Létourneau-Montminy *et al.*, 2010).

Le développement du modèle a cependant été limité par les données disponibles, notamment concernant l'utilisation des différentes formes alimentaires de P et l'impact de l'apport de Ca. Compte tenu du nombre important de données de digestibilité de P disponibles dans la littérature, une méta-analyse dont l'objectif était d'étudier et de quantifier l'effet des principaux facteurs modulant l'utilisation digestive et métabolique du P a été réalisée en appui de la modélisation.

1. MATERIEL ET METHODES

Une base de données exhaustive des publications avec les mots clés "phosphore", "porc" et "digestibilité" entre 1974 et 2009 a été construite. La sélection des publications selon différents critères a conduit à une base de données composée de 74 publications, 86 essais et 377 traitements alimentaires.

Seules les publications étudiant la phytase microbienne d'*Aspergillus niger* ont été retenues compte tenu du faible nombre concernant d'autres phytases (25%).

Les formes de P (phytique (PP), non-phytique végétal (PNPv), non-phytique minéral (PNPm)) ont été recalculées pour chaque traitements à partir des tables INRA-AFZ (2004). Les variables indépendantes étudiées étaient le P digestible (g/kg) (P total x coefficient d'utilisation digestive apparente, le P retenu (g/kg) (P total x coefficient de rétention apparente de P) et le gain moyen quotidien (GMQ; g/j).

Différents sous-groupes de données ont ensuite été formés, soit 1) la base totale pour étudier le P digestible (n = 377), 2) une base où P digestible et retenu étaient mesurés dans tous les essais (n = 122) et 3) une base où P digestible et GMQ étaient mesurés dans tous les essais (n = 117). L'analyse statistique des bases de données a été réalisée en plusieurs étapes selon la méthode proposée par Sauvart *et al.* (2008) en incluant notamment l'effet de l'essai dans les modèles. Les modèles ont été réalisés avec la procédure GLM (Minitab, 2009) en incluant toutes les variables indépendantes ainsi que les interactions.

2. RESULTATS-DISCUSSION

2.1. Utilisation digestive du phosphore

Les résultats montrent une augmentation linéaire de P digestible (g/kg) avec l'apport de P. Les digestibilités apparentes des différentes formes de P sont 21 % pour PP et 73 et 80 % pour le PNP d'origine végétale et minérale respectivement (P < 0,01).

Seules des valeurs de digestibilités de P minéral sont disponibles dans la littérature et la digestibilité obtenue est conforme (Jongbloed *et al.*, 2002). L'effet de la phytase microbienne sur P digestible ($P < 0,001$) est environ deux fois plus important que celui de la phytase végétale ($P < 0,001$).

Une sensibilité différente au pH (Eeckhout et De Paepe, 1992) ainsi qu'aux protéases (Phillippy, 1999) pourrait expliquer cette différence. Une interaction entre la phytase microbienne et PP ($P < 0,001$) montre que le P digestible rendu disponible par l'enzyme augmente avec la quantité de substrat. L'augmentation de l'apport de Ca réduit le P digestible, mais est sans effet sur l'efficacité de la phytase microbienne en accord avec de précédents travaux (Létourneau-Montminy *et al.*, 2010). Enfin, la digestibilité de P augmente avec le poids vif ($P < 0,01$), possiblement en raison de conditions digestives différentes.

2.2. Utilisation métabolique du phosphore

Le GMQ et le P retenu augmentent de façon curvilinéaire avec l'apport P, représenté ici par le PNP total (PNPv + PNPm) (Figures 1 et 2). L'effet de l'apport calcique dépend de l'apport de PNP. Pour le GMQ, l'effet de l'augmentation de Ca est d'autant plus négatif que l'apport de PNP est faible ($P < 0,001$; Figure 1) ce qui est conforme à de précédents travaux chez le porc (Reinhart et Mahan, 1986). De façon similaire, le P retenu est diminué lors de l'augmentation de l'apport de Ca dans des aliments pauvres en PNP ($P < 0,01$; Figure 2). Cependant, lorsque les apports de PNP sont élevés, le contraire se produit; une augmentation de l'apport de Ca permet de retenir plus de PNP. Cette interaction reflète le dépôt conjoint de P et Ca dans l'os principalement sous forme d'hydroxyapatite (Crenshaw, 2001). L'effet de la phytase microbienne sur le GMQ diminue avec l'augmentation de PNP dans l'aliment en raison de la réponse curvilinéaire ($P < 0,05$).

Pour le P retenu, dans les aliments pauvres en PNP l'effet de la phytase est plus important à bas Ca, alors que le contraire est observé pour les niveaux haut de P en raison de l'importance de Ca pour déposer P dans l'os ($P < 0,001$).

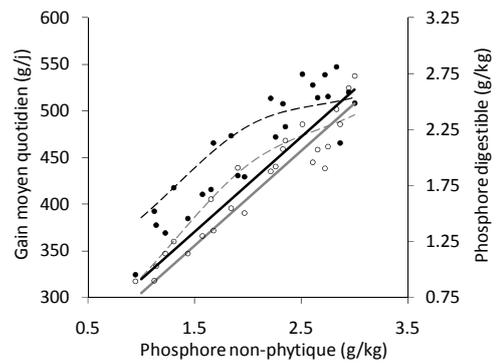


Figure 1 - Réponse de P digestible ($n = 117$, ETR (écart-type résiduel) = 0,016, $R^2 = 0,97$) et GMQ ($n = 117$, ETR = 2,74, $R^2 = 0,97$) à l'apport de P non-phytique et de Ca. Lignes pleines = P digestible, pointillées = GMQ, noires = 5 g Ca/kg, grises = 8 g Ca/kg. Points = somme des valeurs prédites et des résidus.

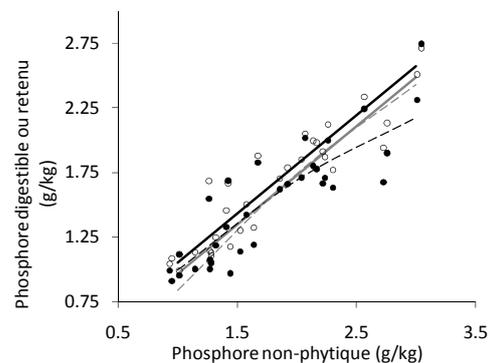


Figure 2 - Réponse de P digestible ($n = 122$, ETR = 0,016, $R^2 = 0,98$) et retenu ($n = 122$, ETR = 0,019, $R^2 = 0,95$) à l'apport de P non-phytique et de Ca. Lignes pleines = P digestible, pointillées = P retenu, noires = 5 g Ca/kg, grises = 8 g Ca/kg. Points = somme des valeurs prédites et des résidus.

CONCLUSION

Cette méta-analyse permet de mieux comprendre l'utilisation digestive et métabolique du P, information essentielle à la formulation de régimes permettant une utilisation optimale de P tout en minimisant l'impact environnemental de la production porcine.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Crenshaw T. D., 2001. Calcium, phosphorus, vitamin D, and vitamin K in swine nutrition. In: A.J. Lewis & L.L. Southern (Eds), Swine nutrition second edition, 187-212. CRC Press, Florida, USA.
- Eeckhout W., De Paepe M., 1992. Phytase de blé, phytase microbienne et digestibilité apparente du phosphore d'un aliment simple pour porcelets. *Rev. Agric.*, 45, 195-207.
- INRA-AFZ, 2004. Tables of composition and nutritional value of feed materials.. Sauvant D., Pérez J.M., Tran G., Coord., INRA Eds, Paris, 301 p.
- Jongbloed A. W., Kemme P. A., De Groote G., Lippens M., and Meschy F., 2002. Bioavailability of major and trace minerals. EMFEMA International Association of the European (EU) Manufacturers of Major, Brussels, 112 p.
- Létourneau-Montminy M.P., Narcy A., Lescoat P., Bernier J.F., Magnin M., Jondreville C., Sauvant D., Pomar C., 2010. Modeling the fate of dietary phosphorus along the digestive tract of growing pigs. *J. Anim. Sci.*, soumis.
- Minitab, 2009. Version 15. Minitab Inc., Pennsylvania, PA.
- Phillippy B. Q., 1999. Susceptibility of wheat and *Aspergillus niger* phytases to inactivation by gastrointestinal enzymes. *J. Agric. Food Chem.*, 47, 1385-1388.
- Reinhart G. A., Mahan D.C., 1986. Effect of various calcium:Phosphorus ratios at low and high dietary phosphorus for starter, grower and finishing swine. *J. Anim. Sci.*, 63, 457-466.
- Sauvant D., Schmidely P., Daudin J.J., St-Pierre N., 2008. Meta-analyses of experimental data in animal nutrition. *Anim.*, 2, 1203-1214.