

La tomographie rayons X chez le porcelet comme prédicteur de l'état de minéralisation du squelette

Bruno BERTAUD du CHAZAUD (1), Mathieu MONZIOLS (2), Didier GAUDRÉ (2), Benoît QUEMENEUR (1)

(1) MiXscience, Centre d'Affaires Odyssee, Rue des Courtilons, 35172 Bruz, France

(2) IFIP-Institut du porc, La Motte au Vicomte, BP 35104, 35651 Le Rheu Cedex, France

bruno.bernaud@mixscience.eu

The X-ray tomography on piglets as a predictor of the body mineralization

Widely used in human medicine, the X-ray tomography is an effective method for studying the body mineralization. A total of 66 piglets (13.5 kg bodyweight) were equitably randomized in 22 pens of three animals. Two digestible phosphorus dietary contents (0.29 and 0.15% for the control and the tested diet, respectively) were compared over the 13.5-30.6 bodyweight range. Calcium dietary content was 0.77%. Eight piglets by group were euthanized by the end of the trial (70 days of age) for mineralization measurement with two different methods. The first one applied X-ray tomography on full animal body and on several bones (humerus, metacarpus and rib). The second one consisted in chemical analysis of the total ash content of the same bones. The correlation between mineralization results obtained by X-ray tomography on full animal body and the chemical mineralization of the metacarpus is high (correlation coefficient at least 0.80). The full animal tomography seems to be a good predictor of the mineralization of the skeleton and allows us to adjust, with a no invasive method, the phosphorous requirements of pigs.

INTRODUCTION

Limiter les apports alimentaires de phosphore (P) des porcs pour réduire les rejets suppose la mise en place de stratégies d'alimentation permettant de mieux ajuster les apports aux besoins des animaux en mettant en œuvre des voies d'amélioration de la disponibilité du P (Jondreville et Dourmad, 2005). Selon Poulsen *et al.*, (1999) les porcelets sevrés excrètent environ 52% du phosphore qu'ils ingèrent. Il est donc nécessaire de bien définir leurs besoins et d'être en mesure d'évaluer l'impact des apports sur la minéralisation du squelette pour éviter tout apport excessif.

Le but de cette étude était d'évaluer l'intérêt d'une méthode non invasive, la tomographie par rayons X, pour déterminer l'état de la minéralisation du squelette des porcelets en 2^{ème} âge (entre 13,5 et 30,6 kg) en comparant les résultats à ceux obtenus par le dosage de la teneur en matières minérales des os dans deux situations d'apport en phosphore.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. Animaux et conditions expérimentales

Au total, 66 porcs mâles et femelles sevrés (Large White x Landrace) x Piétrain, d'un poids moyen de 13,5 ± 1,3 kg en début d'expérience (42 jours d'âge) sont répartis entre 22 cases (170 x 154 cm) de trois porcs. Les animaux sont logés dans une même salle. Ils sont sevrés à 21 jours d'âge et ont reçu de l'aliment premier âge pendant 21 jours avant le début de l'essai. La mise en lots a été faite en prenant en compte l'origine de la portée ainsi que le poids moyen des porcelets des deux lots (lot témoin et lot testé) et au sein des cases. Les animaux ont un accès à volonté à l'eau et à l'aliment.

1.2. Aliments expérimentaux

Deux aliments sont formulés avec le même profil de matières premières dans le but de ne faire varier que le niveau de phosphore digestible. La teneur en P digestible des aliments témoin et testé est respectivement de 0,29 et 0,15%. La teneur en calcium est identique pour les deux aliments qui ne contiennent pas de phytase.

Tableau 1 – Composition et caractéristiques des aliments

Régime	Témoin	Testé
Ingrédients, %		
Blé	47,50	48,10
Orge	15,00	15,00
Son de blé	5,00	5,00
Tourteau de soja 48	16,50	16,50
Tourteau de colza	6,00	6,00
Pulpe de betterave	2,00	2,00
Huile de soja	1,00	0,80
Phosphate bicalcique	1,27	0,19
Carbonate de calcium	0,64	1,40
Sel	0,39	0,39
Acides aminés de synthèse	4,20	4,12
Complément oligo- vitamines ³	0,50	0,50
Caractéristiques, / kg¹		
Matières azotées totales, g	180	180
Matière grasse, g	25	23
Matières minérales, g	52	50
Phosphore digestible, g	2,9	1,5
Energie nette, MJ ²	9,60	9,60

¹ Pour une mesure de 88% de matière sèche.

² Calculée d'après les valeurs analytiques et selon l'équation de Noblet *et al.*, (2003).

³ Sans phytase ajoutée

1.3. Mesures, calculs et analyses statistiques

Les porcelets sont pesés individuellement à la mise en place de l'essai (J1), en milieu de période de deuxième âge (J14) et en fin de post-sevrage (J28). Un bilan alimentaire est effectué en même temps que les pesées individuelles à J14 et à J28 permettant d'obtenir les consommations par case.

Au total, huit animaux par lot (de poids équivalent au poids moyen des porcs du lot) sont euthanasiés à J28 puis analysés au tomographe à rayons X afin d'estimer la minéralisation du squelette entier.

L'humérus et le métacarpe de la patte avant droite ainsi que la septième côte du flanc droit de chacun de ces porcelets sont ensuite prélevés et analysés au tomographe à rayons X.

Pour chaque individu ou os, la somme de la surface (exprimée en mm²) supérieure à un seuil de 500, 1000 et 1500 unités Hounsfield (HU) est calculée. Cette unité décrit l'intensité d'absorption des rayons X. On considère qu'au-delà de 500 HU l'os est largement majoritaire (Gaudré *et al.*, 2013). Cette somme de surface est ensuite exprimée en proportion de la surface comprise entre 250 et 3000 HU.

Les analyses statistiques des variables zootechniques sont réalisées à l'aide du logiciel SPSS version 19.

La consommation moyenne journalière (CMJ, g/j) et le gain moyen quotidien (GMQ, g/j) sont comparés entre les lots *via* un modèle linéaire général uni varié comportant le poids initial comme covariable. Le seuil de significativité est fixé à $P < 0,10$. L'unité expérimentale est la case.

Les analyses des résultats de minéralisation sont effectuées *via* un modèle d'analyse de variance prenant en compte l'effet du traitement et du sexe ; le poids final étant inclus en tant que covariable et l'unité expérimentale étant l'individu.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

2.1. Croissance et prise alimentaire

Des différences significatives sont mises en évidence concernant la CMJ (Aliment témoin : 1090 ± 110 g/j, Aliment testé : 971 ± 100 g/j) pendant les 28 jours d'expérimentation ainsi que sur le GMQ (Aliment témoin : 695 ± 119 g/j, Aliment testé : 567 ± 114 g/j). Ces différences significatives, en faveur du témoin sont observables dès les 14 premiers jours d'expérimentation et se maintiennent tout au long des 28 jours de l'étude avec un écart de poids des porcs en fin de post-sevrage de 3,05 kg (Aliment témoin: 30,75 ± 3,91 kg ; Aliment testé : 27,70 ± 3,62 kg). Ces résultats zootechniques valident notre modèle nutritionnel de déplétion en phosphore digestible.

2.2. Minéralisation du squelette

Les mesures réalisées avec le tomographe à rayons X permettent de mettre en évidence une minéralisation osseuse significativement diminuée avec l'aliment testé, que ce soit pour l'humérus, le métacarpe, la côte ou le porcelet entier (Figure 1). La corrélation entre la surface du métacarpe établie à partir de HU supérieurs à 500, 1000 et 1500 HU et la masse de cendres est élevée avec des coefficients de corrélation de Pearson respectivement, de 0,82, 0,83 et 0,83 indiquant que la tomographie par rayons X est une méthode efficace pour évaluer la minéralisation du métacarpe des porcelets.

Le passage des porcelets entiers puis de leur métacarpe seul dans le tomographe à rayons X montre que la corrélation entre la surface de porc (squelette entier) établie à partir de HU supérieurs à 500 HU et la surface de métacarpe supérieure à 500 HU est élevée ($r = 0,69$) tout comme la corrélation entre la surface de porc (squelette entier) supérieure à 1000 HU et la surface de métacarpe supérieure à 1000 HU ($r = 0,61$). Au même titre que le métacarpe, l'étude du squelette entier scanné par tomographie à rayon X est une méthode efficace d'évaluation de la minéralisation osseuse.

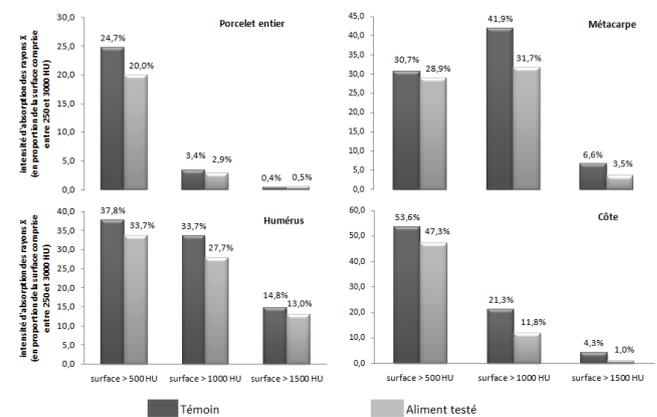


Figure 1 – Intensité d'absorption des rayons X du squelette et de trois os de porcs selon deux niveaux d'apports de phosphore digestible alimentaire

CONCLUSION

La tomographie par rayons X sur animal entier est une méthode pertinente de l'étude de la minéralisation du squelette en réponse à une teneur élevée ou basse en phosphore digestible dans l'aliment. Outre son caractère non invasif et donc non destructeur de valeur marchande, cette méthode est précise et permet d'analyser dans le temps, après anesthésies successives, avec efficacité l'état de minéralisation du porcelet. La corrélation entre la minéralisation globale du squelette obtenue par tomographie par rayons X et celle obtenue par analyse chimique du métacarpe est élevée.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Gaudré D., Monziols M., Lebas N., 2013. Incidence du rapport phosphore : énergie de l'aliment sur les caractéristiques du radius mesurées au scanner à rayons X. Journée Rech. Porcine, 45, 199-200.
- Jondreville C., Dourmad J.Y., 2005. Le phosphore dans la nutrition des porcs. INRA Prod. Anim., 18(3), 183-192.
- Poulsen H.D., Jongbloed A.W., Latimier P., Fernandez J.A., 1999. Phosphorus consumption, utilization and losses in pig production in France, The Netherlands and Denmark. Livest. Prod. Sci., 58, 251-259.