

ÉLÉMENTS FERTILISANTS

LE CYCLE DES ÉLÉMENTS

Les déjections animales ont traditionnellement été utilisées comme fertilisant pour les productions végétales. Ce processus de recyclage des éléments nutritifs rejetés, incluant la production animale et les produits végétaux nécessaires à leur alimentation, est une manière durable d'assurer une balance et une récupération de ces éléments (Jongbloed et Lenis, 1993). Toutefois la nouvelle tendance de développer la production animale sur une base intensive, en augmentant de manière importante la capacité des bâtiments d'élevage, peut mener à des situations débalancées du point de vue du recyclage des éléments nutritifs/fertilisants. La concentration de l'élevage dans certaines régions, les améliorations de la productivité et de la mécanisation, l'importation d'aliments pour animaux et le développement de fertilisants inorganiques à faibles coûts sont tous des éléments qui jouent un rôle important dans la gestion des éléments fertilisants d'origine animale. Des situations débalancées aux niveaux des éléments fertilisants peuvent être observées au niveau de la ferme ou au niveau d'une région lorsque l'ensemble des fertilisants d'origine animale et des engrais inorganiques qui sont épandus excèdent les besoins en fertilisants des cultures et d'un sol donné (Jongbloed et Lenis, 1992). De plus l'efficacité globale des fermes pour la rétention des éléments nutritifs/fertilisants est très faible. Par exemple pour la production porcine, 3.6 à 10% du potassium (K) de la ration est retenu par l'animal et, pour l'azote (N) et le phosphore (P) de 18 à 40% des intrants sont retenus (de Lange, 1997). Comme le décrit de Lange (1996), la situation des éléments nutritifs/fertilisants de l'Ontario peut être présentée comme suit: pour chaque truie en inventaire par an, 18 porcs destinés à l'abattage sont produits. Les éléments fertilisants rejetés d'une telle production sont approximativement 114 kg de N, 23 kg de P et 70 kg de K. Ces quantités seront excrétées dans le lisier et de celles-ci, environ 70% du N, 65% du P et 70% du K proviendront des porcs qui sont au stade de croissance-finition (de Lange, 1996). Cette situation peut créer de la pollution et des nuisances (voir les autres sections du document) si le cycle des éléments nutritifs/fertilisants n'est pas bien balancé.

AZOTE (N)

L'azote et les acides aminés (AA) qui sont dans la ration sous forme de protéines sont essentiels à la croissance des porcs. Les AA sont essentiels pour la déposition de protéine (croissance de nouveaux tissus) et pour rencontrer les besoins d'entretien. Une partie des protéines ingérées n'est pas digestible et est excrétée dans les fèces. Les protéines digestibles ingérées en excès des besoins ou non absorbées dû à une mauvaise balance des AA et qui ne peuvent être utilisées pour rencontrer les besoins de croissance et d'entretien et sont excrétées dans l'urine.

Au niveau du porc en croissance, le mouvement ou cycle du N peut être représenté de la manière suivante: des 100% de N qui sont dans la ration, 34% sera retenu pour la croissance (incluant l'entretien), 36% sera éliminé sous forme d'urée dans les urines et 30% se retrouve dans les fèces (CIGR, 1994).

Pour que le porc puisse utiliser le plus possible de protéines contenues dans la ration et excréter le moins de N possible dans ses urines, les AA de la ration doivent être balancés de manière à rencontrer les besoins de l'animal (Jongbloed et Lenis, 1992). Une mauvaise balance des AA dans la ration peut être la cause de près de la moitié de la quantité du N excrété (de Lange, 1997). Des recherches récentes réalisées par Tuitoek et al. (1997a, b) ont montré que l'excrétion du N chez des porcs en croissance pouvait être réduite par près de 40% en variant la balance des AA dans une ration maïs - fèves soya. Des changements dans la balance des AA peuvent être réalisés en remplaçant certaines sources standard de protéines par des AA de synthèses purifiées (lysine HCl, thréonine, méthionine et tryptophan) (de Lange, 1997). La seule addition de lysine peut réduire l'excrétion de N par 11% pour une réduction de coût de ration d'environ 1%. Cependant une plus grande réduction de l'excrétion de N (24%) peut être obtenue

par l'addition de thréonine, tryptophan et lysine; les coûts d'une telle ration sont toutefois augmentés de 8% (de Lange, 1997). La balance des AA essentiels (lysine, méthionine, cystine, thréonine et tryptophan) est aussi nécessaire pour rencontrer les besoins des animaux et pour améliorer la disponibilité et la qualité de la protéine (Lenis 1989; Jongbloed et Lenis 1992). Le ratio des AA a aussi un effet sur la digestibilité du N; un ratio optimum a été établi à la suite d'expériences réalisées par Wang et Fuller (1990), et il peut être exprimé comme suit : lysine 1.00, méthionine + cystine 0.61, thréonine 0.64 and tryptophan 0.20.

D'autres moyens peuvent être pris pour réduire l'excrétion de N dans les fèces et les urines des porcs. Fournir aux porcs une ration qui rencontre le mieux possible leur besoin en N pour les différents stades (croissance - finition, gestation et lactation) est une étape importante (Lenis, 1989). Ceci implique de bien connaître le contenu en N de chacun des produits et sous-produits utilisés dans la préparation de la ration, connaître leur composition et la digestibilité de leurs AA (de Lange, 1997). De plus il est essentiel de mieux connaître les besoins des animaux et ceux-ci peuvent varier selon les conditions de logement, le génotype des animaux (Dourmad et al. 1993), le sexe (mâles entiers ou castrés et femelles), le niveau d'alimentation et les ingrédients de la ration qui sont dominants.

Pour être en meilleur accord avec les besoins des porcs et les éléments nutritifs contenus dans la ration, des modifications peuvent être faites pour ajuster cette ration en fonction du stade physiologique de l'animal (Lenis, 1989). La concentration en AA pour rencontrer les besoins des porcs en croissance-finition devrait être réduite à mesure que les porcs croissent de 30 à 110 kg. À chaque ajustement pour mieux balancer la ration en AA dans la période de croissance-finition, il y a diminution de l'excrétion de N par les porcs (ex: une ration pour les porcs en croissance [40 à 70 kg] et une autre pour les porcs en finition [70 à 110 kg]). L'alimentation en multi phase consiste à mélanger deux rations de concentrations en N et en minéraux différents et ce à des ratios qui sont généralement changés de manière hebdomadaire pour rencontrer les besoins changeants des animaux durant les périodes de croissance et finition. Cette technique améliore l'efficacité du N et réduit de 15% l'excrétion de cet élément comparativement à un système utilisant deux rations différentes pour la croissance-finition (van der Peet-Schwering et al. 1993). L'utilisation de différentes rations pour la gestation et la lactation comparativement à une seule ration pour ces deux stades permet de réduire de 10% l'excrétion de N chez les truies (Lenis 1989; Jongbloed and Lenis 1992).

Pour réduire l'excrétion de N, les rations peuvent être formulées en choisissant des aliments qui contiennent beaucoup de AA digestibles. Une augmentation de la digestibilité des AA devrait entraîner une réduction de la quantité totale de N nécessaire dans la ration et une réduction de 1% du contenu en protéines brutes réduira l'excrétion de N de 8.5% (Lenis, 1989). La réduction de l'excrétion d'éléments nutritifs pourrait aussi être faite en augmentant le potentiel de croissance de tissus comme par exemple en alimentant des mâles entiers plutôt que des castrats. Ce changement de régime résulterait en une réduction de l'excrétion de N de 15% (Jongbloed and Lenis, 1992). Les femelles sont aussi plus efficaces que les castrats et la séparation des sexes en croissance-finition entraîne une réduction de l'excrétion de N de 11% (Dourmad et al., 1993).

Toutes les mesures prises pour améliorer l'efficacité de la production porcine, comme produire plus de porcelets sevrés par truie, maintenir une meilleure conversion alimentaire, un meilleur état de santé du troupeau et un taux de mortalité plus bas, auront un impact sur la réduction des rejets de N (Dourmad et Henry, 1994). Aarnik et al. (1993) ont trouvé qu'une réduction de la prise alimentaire de 0.1 kg/jour représente une réduction de 4% de l'ammonium (NH₄) présent dans le lisier. Une augmentation de la croissance des porcs de 50 g/jour correspond à une réduction de 5% de NH₄.

Cependant une ration ayant une digestibilité optimale n'est pas toujours la ration la plus économique particulièrement lorsque des sous-produits sont utilisés. Les rations qui sont formulées pour être économiques sont généralement des rations contenant trop de certains AA (Lenis 1989; Jongbloed and Lenis 1992).

Dans certaines régions où des sous-produits provenant de l'industrie alimentaire sont utilisés couramment comme ingrédients de ration, il est important de considérer l'impact de ces ingrédients sur la balance éléments nutritifs/fertilisants. Dans une balance régionale, l'intégration de sous-produits dans la diète des porcs augmente l'excrétion de N dans les déjections mais réduit toutefois le volume des déchets et de N qui se rendent aux dépotoirs ou rejetés sous d'autres formes. Cette balance des éléments nutritifs/fertilisants peut être considérée de manière régionale ou locale en prenant en compte toutes les sources possibles qu'elles soient d'origine agricole (production animale ou non) ou autre (Jongbloed et Lenis 1992; Jongbloed et Lenis 1997).

PHOSPHORE (P)

Comme le mentionnent Jongbloed et Lenis (1992), le P est aussi un élément important dans la composition corporelle du porc car il est essentiel au développement et au maintien du squelette et a un rôle dans d'autres fonctions métaboliques. Les aliments d'origine végétale contiennent naturellement une importante proportion de P. Cependant selon la plante environ 66% de ce P est sous forme de phytate qui est difficilement digestible pour les porcs et est donc excrété dans les fèces. Tout en considérant la faible digestibilité du P des produits végétaux, du P inorganique est ajouté à la ration de manière à rencontrer les besoins en P des porcs. Tout excès de P digestible qui est ingéré par les porcs sera excrété dans les urines. Les facteurs qui causent la variation de la digestibilité du P dans les aliments utilisés dans la préparation de la ration incluent: l'origine de l'aliment (végétale, animale, inorganique [phosphate]), la concentration de phytate par rapport à la quantité totale de P, et la présence de l'enzyme phytase (Jongbloed et al., 1991).

Comme pour le N, l'excrétion de P sera réduite si la quantité de P fournie au porc est près de ses besoins, de son stade physiologique et de son génotype (de Lange 1997). Par exemple, le porc de carcasse maigre aura des besoins en P de 5 à 6% plus élevés comparé à un porc de carcasse plus grasse (Jongbloed et al., 1991). Comme la digestibilité du P dans les aliments varie (de 10 à 50% pour les végétaux, par exemple: 17% pour le maïs, 39% pour l'orge, 45% pour les pois; de 65 à 90 % pour les produits animaux et les suppléments de phosphates) il est important de considérer la digestibilité du P dans la formulation de la ration (Jongbloed et Kemme, 1991). Une alimentation en phase ou multi-phase peut aussi contribuer à réduire l'excrétion de P. Pour les stades de gestation et de lactation, une ration spécifique pour chacun des stades résulterait en une réduction de 5% du P dans le lisier (Lenis 1989; Jongbloed et Lenis 1992).

La phytase, une enzyme naturellement présente dans les aliments pour les porcs comme le blé, l'orge et le seigle, et aussi produite par la flore microbienne peut améliorer considérablement l'assimilation du P provenant des phytates. La formulation de ration basée sur le blé ou l'orge réduira considérablement l'excrétion de P comparativement à une ration basée sur le maïs. L'addition de phytase à la ration est un autre moyen de réduire l'excrétion de P. Avec l'utilisation de phytase microbienne, la digestibilité du P peut être améliorée de 20% ou plus et ce pour des rations où aucun ou bien peu de P en supplément a été ajouté. Pour les porcs en croissance ainsi que les truies en gestation, l'excrétion de P peut être réduite de 20 à 30% par l'ajout de phytase à la ration (Jongbloed et al. 1991; Jongbloed et Lenis 1992). Comme la digestibilité du P est augmentée par l'usage de la phytase, la quantité totale de P dans la ration peut être réduite (de Lange, 1997). Toutefois le processus à haute température (80°C) qui met la moulée en cubes peut inactiver la phytase et conséquemment réduire la digestibilité du P (Jongbloed et Kemme, 1990). De plus, l'ajustement du ratio calcium / phosphores influence la digestibilité du P (de Lange 1997; Jongbloed et al. 1993).

Pour améliorer la digestibilité du maïs, des travaux sont présentement réalisés par le USDA et Pioneer Hi-Bred International pour développer des hybrides de maïs à faible contenu en phytate; les conséquences de l'intégration de tels hybrides dans la ration des porcs entraîneraient une réduction de l'excrétion du P dans le lisier car la digestibilité de cet élément serait améliorée (Duxbury-Berg, 1997c).

CUIVRE (CU) ET ZINC (ZN)

Le Cu et le Zn sont généralement ajoutés à la ration en quantités plus grandes que les besoins minimums des porcs et ce en considérant une performance normale (minimum de 5-25 ppm pour le Cu et de 50-125 ppm pour le Zn dépendant du stade physiologique). La sur-supplémentation peut être faite pour les deux raisons suivantes: 1) s'assurer que les besoins minimums sont satisfaits et 2) bénéficier des avantages comme agents de croissance de ces minéraux lorsqu'ils sont présents dans la ration à de fortes concentrations. Au Canada, pas plus de 125 ppm de Cu et 500 ppm de Zn peuvent être ajoutés à la ration selon l'Acte fédéral sur l'alimentation des animaux (de Lange, 1997). Comme estimé par Jongbloed et Lenis (1992), une réduction du Cu et Zn dans la ration pour ne rencontrer que les besoins, réduirait considérablement les quantités rejetées dans le lisier.

AUTRES CONTRAINTES ENVIRONNEMENTALES POSSIBLES

Dans Jongbloed et Lenis (1992), une attention est portée à d'autres minéraux qui ne sont pas considérés comme dommageables pour l'environnement. Présentement, les niveaux de potassium sont aussi révisés.

MODÉLISATION

Différents modèles ont été développés pour évaluer la croissance et les besoins en éléments nutritifs des porcs pour tous les stades physiologiques. Quelques uns de ces modèles peuvent considérer le niveau d'éléments nutritifs fournis au porc et estimer les éléments qui seront excrétés dans les urines et les fèces. L'impact de l'utilisation de différents aliments et de différentes formulations de ration sur l'environnement et les coûts de ration peuvent aussi être évalués (Pomar et al. 1991, Dourmad et al. 1992; Moughan 1993; Susenbeth 1993; van der Peet-Schwering et al. 1993). Aarnik et al. (1992) ont développé un modèle qui estime la quantité ainsi que la composition de lisier produit par des porcs en croissance-finition. Un tel outil peut aider à vérifier l'impact de la formulation de la ration ainsi que ses effets sur la composition du lisier (urine et fèces).

QUELLES AUTRES MESURES DEVRAIENT ÊTRE PRISES?

Plus d'information sur la digestibilité des AA, du P et finalement de la plupart des autres éléments nutritifs est nécessaire. Pour ce qui est des protéines, les facteurs affectant la digestibilité comme les polysaccharides non amidon, les facteurs anti-nutritionnels et d'autres composantes alimentaires comme le niveau de gras, les différentes sources d'amidon et le contenu en minéraux (Gatel, 1993), doivent être étudiés plus à fond. Une meilleure connaissance des besoins des animaux selon leur génotype, leurs conditions de logement et leur stade physiologique, doit être développée pour nourrir les porcs de manière plus précise et ainsi éviter une supplémentation excessive.

Des améliorations dans la formulation et le service de la ration aux porcs sont essentielles de façon à rencontrer le plus adéquatement possible leurs besoins alimentaires. La manière traditionnelle de formuler les éléments nutritifs en excédant les besoins des animaux doit être revue car ces éléments nutritifs dans la ration se retrouvent aussi en excès dans le lisier.

Plus de travaux sont aussi requis pour le développement d'alternatives en vue d'améliorer la digestibilité comme par exemple : développer de nouveaux hybrides, de nouvelles méthodes de préparation de la ration et améliorer les fonctions digestives des porcs (effet des enzymes, probiotiques) (Gatel, 1993).

Sur une plus grande échelle, le cycle des éléments nutritifs/fertilisants à l'échelle de la ferme et à l'échelle régionale devrait aussi être développé et intégré dans le système de production animale en considérant la capacité régionale à produire ces éléments, l'importation et l'exportation de ceux-ci ainsi que l'utilisation faite des fertilisants minéraux

Références

(N.B. Certaines références présentent une lettre suivant l'année de publication. Cette lettre aide à retrouver la bonne référence dans le texte mais aussi dans la base de données.)

- Aarnik, A.J.A., E.N.J. van Ouwerkerk et M.W.A. Verstegen. 1992. A Mathematical Model for Estimating the Amount and Composition of Slurry from Fattening Pigs. *Livestock Production Science*, 31: 133-147.
- CIGR. Commission Internationale de Génie rural. 1994. Aerial Environment in Animal Housing. Concentration in and Emissions from Farm Buildings. Working Group Report Series No. 94.1.
- de Lange, C.F.M. 1997. Manipulation of Diets to Minimize the Contribution of Private Pigs to Environmental Pollution. 1997 Canadian BASF Tour. La nutrition porcine, Séminaire Technique BASF. 17 décembre, St-Hyacinthe, Québec, p. 15.
- de Lange, C.F.M. 1996. Animal and Fed Factors Determining N and P Excretion with Pig Manure. In *Managing Manure for Dairy and Swine. Towards Developing a Decision Support System*. Edited by M.J. Goss, D.P. Stonehouse and J.C. Giraldez. SOS Publications, Fair Haven, NJ. Chapter 3.
- Dourmad, J.Y., D. Guillou et J. Noblet. 1992. Development of a Calculation Model for Predicting the Amount of N Excreted by the Pig: Effect of Feeding, Physiological Stage and Performance. *Livestock Production Science*, 31: 95-107.
- Dourmad, J.Y., Y. Henry, D. Bourdon, N. Quiniou et D. Guillou. 1993. Effect of growth potential and dietary protein input on growth performance, carcass characteristics and nitrogen output in growing-finishing pigs. Dans *Nitrogen Flow in Pig Production and Environmental Consequences*. Édité par M.W.A Verstegen, L.A. den Hartog, G.J.M. van Kempen et J.H.M. Metz, pp. 206-211.
- Duxbury-Berg, L. 1997c. Low-phytate corn may decrease phosphorus. *National Hog Farmer* – 15 septembre, pp. 38.
- Gatel, F. 1993. Dietary Factors Affecting Protein Digestibility in Pigs. Dans *Nitrogen Flow in Pig Production and Environmental Consequences*. Édité par M.W.A Verstegen, L.A. den Hartog, G.J.M. van Kempen et J.H.M. Metz, pp. 70-89.
- Jongbloed, A.W. et N.P. Lenis. 1992. Alteration of Nutrition as a Mean to Reduce Environmental Pollution by Pigs. *Livestock Production Science*, 31: 75-94.
- Jongbloed, A.W. et N.P. Lenis. 1993. Excretion of Nitrogen and Some Minerals by Livestock. Dans *Nitrogen Flow in Pig Production and Environmental Consequences*. Édité par M.W.A Verstegen, L.A. den Hartog, G.J.M. van Kempen et J.H.M. Metz, pp. 22-36.
- Jongbloed, A.W. et P.A. Kemme. 1990. Effect of Pelleting Mixed Feeds on Phytase Activity and the Apparent Absorbability of Phosphorus and Calcium in Pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 28: 233-242.
- Jongbloed, A.W., H. Everts et P.A. Kemme. 1991. Phosphorus Availability and Requirements in Pigs. *Recent Advances in Animal Nutrition*. Haresign, W. and D.J.A. Cole editors. Butterworths, London, pp. 65-80.
- Lenis, N.P. 1989. Lower Nitrogen Excretion in Pig Husbandry by Feeding : Current and Future Possibilities. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, 37: 61-70.
- Mougham, P.J. 1991. Towards an Improved Utilization of Dietary Amino Acids by the Growing Pig. *Recent Advances in Animal Nutrition*.

- Moughan, P.J. 1993. Animal Factors Affecting Protein Utilization in the Pig. Dans Nitrogen Flow in Pig Production and Environmental Consequences. Édité par M.W.A Verstegen, L.A. den Hartog, G.J.M. van Kempen et J.H.M. Metz, pp. 39-48.
- Pomar, C., D.L. Harris et F. Minvielle. 1991. Computer Simulation Model of Swine Production Systems: 1. Modeling the Growth of Young Pigs. Journal of Animal Science, 69: 1468-1488.
- Susenbeth, A. 1993. A Model to Describe the Effect of Nutrition on Growth, Body Composition and Nitrogen Excretion in Pigs. Dans Nitrogen Flow in Pig Production and Environmental Consequences. Édité par M.W.A Verstegen, L.A. den Hartog, G.J.M. van Kempen et J.H.M. Metz, pp. 90-95.
- Tuitoek, J.K., L.G. Young, C.F.M. de Lange et B.J. Kerr. 1997a. Body Composition and Protein and Fat Accretion in Various Body Components in Growing Gilts Fed Diets with Different Protein Levels but Estimated to Contain Similar Levels of Ideal Protein. Journal of Animal Science, 75: 1584-1590.
- Tuitoek, J.K., L.G. Young, C.F.M. de Lange et B.J. Kerr. 1997b. The Effect of Reducing Excess Dietary Amino Acids on Growing-Finishing Pig Performance: An Evaluation of the Ideal Protein Concept. Journal of Animal Science, 75: 1575-1583.
- van der Peet-Schwering, C.M.C., G.F.V. van der Peet, H.J.P.M. Vos, M.W.A. Verstegen, E. Kanis, C.H.M. Smits, A. G. de Vries et N.P. Lenis. 1993. Optimization of the Feeding Strategy to Minimize the N-excretion by Using the Dutch Technical Pig Feeding Model. Dans Nitrogen Flow in Pig Production and Environmental Consequences. Édité par M.W.A Verstegen, L.A. den Hartog, G.J.M. van Kempen et J.H.M. Metz, pp. 96-101.
- Wang, T.C. et M.F. Fuller. 1990. The Effect of the Plane of Nutrition on the Optimum Dietary Amino Acid Pattern for Growing Pigs. Animal Production, 50: 155-164.

Abstract ou résumé de publications intéressantes

de Lange, C.F.M. 1997. Manipulation of Diets to Minimize the Contribution of Private Pigs to Environmental Pollution. 1997 Canadian BASF Tour. La nutrition porcine, Séminaire Technique BASF. 17 décembre, St-Hyacinthe, Québec, 15 p.

Une revue complète est faite sur la manipulation de la ration de manière à minimiser les impacts de la production porcine sur la pollution. Pour le Cu et le Zn, les concentrations dans la ration devraient viser à rencontrer les besoins minimums des animaux de manière à ce que l'excrétion de ces éléments dans le lisier de porcs ne constitue plus une inquiétude. Une grande variation dans l'efficacité de la rétention du P et du N peut être observée entre fermes et peut provenir de différentes sources: gaspillage de ration, disponibilité du P et du N, quantité minimale de P et de N requise par les animaux et différences entre les besoins des porcs et les quantités disponibles dans la ration. Pour améliorer l'efficacité du P, deux moyens principaux peuvent être pris: améliorer et mieux évaluer la disponibilité du P et fournir à l'animal des quantités qui sont plus près de ces besoins. Des réductions dans les quantités de P disponibles fournies aux porcs auront comme effet de réduire les quantités de P excrétées dans le lisier et aussi de réduire les coûts de la ration. 10% moins de P dans la ration entraîne une réduction d'au moins 15% de P dans le lisier. Pour améliorer l'efficacité de l'utilisation du N, deux mesures peuvent aussi être prises: améliorer la balance des AA dans la ration (car presque la moitié de l'excrétion du N peut être attribuée à une mauvaise balance des AA dans la ration) et d'ajouter de la lysine de manière à rencontrer les besoins des porcs et finalement, bien évaluer la disponibilité de la lysine dans les aliments utilisés pour produire la ration. Une réduction de 10% des niveaux de protéines brutes entraîne une réduction d'au moins 15% de N dans le lisier. Des changements dans la régie peuvent améliorer considérablement la balance minérale sur une ferme de production animale comme entre autres l'alimentation en phase et la séparation des sexes, un contrôle du gaspillage de la ration et le maintien d'un bon statut sanitaire. Toutefois plus de

précision dans l'évaluation, la formulation, la préparation, la fabrication ainsi que la livraison de la ration aux porcs est nécessaire pour améliorer la situation.

Gatel, F. 1993. Dietary Factors Affecting Protein Digestibility in Pigs. Dans Nitrogen Flow in Pig Production and Environmental Consequences. Édité par M.W.A Verstegen, L.A. den Hartog, G.J.M. van Kempen et J.H.M. Metz, pp. 70-89.

Les facteurs affectant la digestibilité de la protéine chez les porcs sont discutés dans cet ouvrage. Les causes de variations de la digestibilité apparente des protéines sont présentées et elles incluent : les facteurs reliés à la protéine elle-même, le rôle des polysaccharides non-amidon, l'effet des facteurs antinutritionnels comme les inhibiteurs protéinases, lectines, tannins, et autres constituants alimentaires comme les gras. Les possibilités d'améliorer la digestibilité apparente de la protéine et des acides aminés incluent le développement de nouveaux croisements de plantes, la préservation et la transformation des aliments constituant la ration et l'effet des enzymes et des probiotiques.

Jongbloed, A.W., H. Everts et P.A. Kemme. 1991. Phosphorus Availability and Requirements in Pigs. Recent Advances in Animal Nutrition. Haresign, W. and D.J.A. Cole editors. Butterworths, London, pp. 65-80.

Comme le P digestible ou disponible de la ration des porcs provient principalement de plantes, des quantités additionnelles de P provenant de sources inorganiques doivent aussi être ajoutées à la ration. Pour réduire l'excrétion du P, les besoins des porcs doivent être bien connus et la digestibilité du P de source végétale, animale ou provenant de phosphate doit avoir été bien estimée. Les résultats des tests de digestibilité réalisés sur plusieurs ingrédients sont présentés et la digestibilité apparente varie de 10 à 50% pour les ingrédients d'origine végétale et de 65 à 90% pour les ingrédients d'origine animale et les suppléments phosphatés. Les facteurs qui affectent la digestibilité du P sont : l'origine de l'ingrédient, la concentration en phytate et sa proportion par rapport au P total ainsi que la présence de phytase. La phytase végétale et aussi microbienne améliore la digestibilité du P. L'addition de 1000 unités de phytase microbienne dans la ration des porcs augmentera la digestibilité du P de 20%. Les besoins en P des porcs doivent aussi être bien déterminés et peuvent varier selon les stades physiologiques, l'environnement de l'animal, le génotype (des porcs maigres ont des besoins de 5 à 6% supérieurs), le niveau d'alimentation et les ingrédients majeurs utilisés (de grandes variations peuvent être observées entre les pays). Les recommandations sur les besoins en P devraient être faites en considérant la digestibilité du P et non pas sur la base du P total disponible.

Pomar, C., D.L. Harris et F. Minvielle. 1991. Computer Simulation Model of Swine Production Systems: 1. Modeling the Growth of Young Pigs. Journal of Animal Science. 69: 1468-1488.

Des concepts et des relations théoriques ont été utilisés pour développer un modèle déterministe de croissance des porcs qui prédit la croissance et la composition de mâles entiers, castrats et femelles de 20 à 85 kg de poids vif selon le génotype, la diète et la régie. Le modèle à l'échelle de l'animal entier inclut trois éléments principaux de la composition corporelle (ADN total, masse protéique totale et masse lipidique totale); la masse protéique détermine les éléments secondaires de la composition corporelle (cendre et teneur en eau). Les facteurs primaires qui règlent la croissance sont associés avec l'hyperplasia et l'hypertrophie cellulaires et sont en accord avec les concepts de base décrits précédemment. Des équations différentielles représentant l'accrétion de ADN ainsi que la synthèse et la dégradation protéique ont été adaptées d'études antérieures et la croissance protéique normale est caractérisée à l'aide de données publiées. La masse protéique corporelle a été utilisée pour refléter plusieurs activités métaboliques reliées à la taille de l'animal et son âge, comme d'ailleurs d'autres modèles le font. L'énergie et les protéines alimentaires sont utilisées en séquence jusqu'à ce que les besoins soient satisfaits, premièrement pour l'entretien, ensuite pour la croissance protéique et finalement pour la croissance lipidique. Une comparaison entre les résultats obtenus avec le modèle et des

résultats expérimentaux a démontré que le modèle peut simuler adéquatement la croissance et la composition de jeunes porcs.