

Influence de la source de phosphate inorganique dans l'aliment du porc charcutier sur les performances zootechniques et la minéralisation osseuse

David GUILLOU (1), Ludovic LAHAYE (2), Emmanuel LANDEAU (1), Erlanda UPTON (2)

(1) INZO°, 1 rue de la Marébaudière, Montgermont, BP 96669, 35766 Saint Grégoire Cedex

(2) KEMIRA GROWHOW AB, Industrigatan 70, PO Box 902, SE 251 09 Helsingborg, Suède

dguillou@inzo-net.com

avec la collaboration technique de F. Viard (1)

Influence de la source de phosphate inorganique dans l'aliment du porc charcutier sur les performances zootechniques et la minéralisation osseuse

Plusieurs sources de phosphates sont disponibles pour l'alimentation des porcs : phosphates monocalciques, bicalciques, mono-bicalciques, etc... La littérature et les données expérimentales montrent des écarts significatifs de digestibilité du phosphore inter et intra source de phosphate inorganique. Trois phosphates ont été sélectionnés dans des usines d'alimentation animale sur la base de l'appellation générique (un bicalcique, un monocalcique et un mono-bicalcique) et d'après une analyse de solubilité différentielle du P. Quatre régimes alimentaires ont été comparés (croissance, puis finition) : DCP, à base de phosphate bicalcique ; DCPbas, incorporé à demi-dose par rapport à DCP ; MCP, à base de phosphate monocalcique ; MDCP, à base de phosphate mono-bicalcique. DCP, MCP et MDCP étaient iso-phosphorés et iso-calciques. 96 porcs ont été logés individuellement et affectés à l'essai, jusqu'à l'abattage vers 105 kg de poids vif. La croissance des porcs était proportionnelle aux quantités de P alimentaire, mais insensible à la nature des phosphates. L'indice de consommation était amélioré significativement par MCP en comparaison à DCP, MDCP étant intermédiaire. La minéralisation de la phalange répondait à la quantité de P. Le poids de la phalange variait à l'inverse de la quantité de carbonate de calcium dans la formule. Les résultats sont cohérents avec les données de la littérature et les mesures de digestibilité du P. Cette étude permet d'envisager un critère supplémentaire pour discriminer les sources de phosphates inorganiques de bonne qualité à partir d'analyses physico-chimiques approfondies.

Influence of inorganic phosphate source in the feeding of grow finish pigs on growth performance and bone mineralization.

Various types of inorganic feed phosphate sources are suitable for swine. Monocalcium phosphate (MCP), Dicalcium phosphate (DCP), Mono-dicalcium phosphate (MDCP), etc. Literature studies and experimental data show significant differences in phosphorus digestibility between and within these sources. In the absence of an obtained digestibility coefficient, *in vitro* methods exist which can be used as tools to differentiate between good quality sources. Three phosphate sources were selected from animal feed factories, based on their generic name (i.e. one DCP, one MCP, one MDCP) and their respective P solubility. The sources were used in four dietary treatments (DCP, DCP_{low} MCP, and MDCP) in grower finisher pigs, to investigate the influence on growth performance and bone mineralization. Treatments were iso-phosphorus and iso-calcium. 96 pigs were housed individually up to a slaughter weight of about 105kg. Growth rate was proportional to the dietary P level, but unaffected by P source. Feed conversion ratio improved with MCP compared to DCP, MDCP being intermediate. Toe bone mineralization responded to increased dietary P. Toe bone weight was decreased when calcium carbonate inclusion increased. A positive correlation existed between the selection criteria used and the zoo technological results. This study supports, in the absence of existing digestibility coefficients the use of additional criteria to distinguish between good quality inorganic feed phosphates.

INTRODUCTION

La majorité des régimes alimentaires conçus pour les porcs ne permette pas une couverture des besoins en phosphore (P) suffisante sans le recours à des phytases exogènes (microbiennes) ou à des phosphates inorganiques. Par ailleurs, les teneurs en P des aliments doivent être limités pour réduire les risques de pollution environnementale (CORPEN, 2003). Ainsi, le phosphore est parfois considéré comme le troisième nutriment le plus coûteux de la formule, après l'énergie et la lysine. Plusieurs sources de phosphates inorganiques sont disponibles pour l'alimentation des porcs : phosphates monocalciques, bicalciques, mono-bicalciques, etc... (Bleukx, 2005). Pour l'alimentation animale, on recommande les sources de phosphates à haute digestibilité (Upton, 2006). Même si le classement des phosphates inorganiques est reconnu (MCP > MDCP > DCP), leur valeur alimentaire ne peut pas être absolument garantie par le seul nom générique (Viljoen, 2001). La littérature et les données expérimentales montrent en effet des écarts significatifs de digestibilité du phosphore inter et intra source de phosphate inorganique (Jongbloed et al., 2002). Les données de solubilité chimique et éventuellement de digestibilité *in vivo* rattachées précisément à un phosphate inorganique ou à un nom commercial (données fournisseurs) sont fortement appréciables, mais il peut s'avérer difficile de classer plusieurs phosphates inorganiques de types et de fournisseurs différents sur une même base homogène. Grimbergen et al. (1985) ont corrélié les résultats d'une analyse de solubilité chimique du P avec la digestibilité fécale apparente mesurée sur des porcs. Nous avons réalisé un essai dont le but était de vérifier si la méthode de solubilité du P identifiée permettait de discriminer, parmi plusieurs sources, la qualité des phosphates inorganiques et si ces écarts de qualité pouvaient se traduire par des écarts zootechniques.

1. MATERIELS ET METHODES

1.1. Animaux et logement

L'essai a été réalisé au Centre de Recherches Zootechniques Appliquées d'INZO° à Montfaucon (Aisne), sur deux bandes de porcs consécutives, du 22/12/2004 au 11/04/2005. Les porcs, nés sur l'élevage et sevrés à 28 jours, sont issus de truies Alfa+ et de semence de verrats Défi+. Ils sont logés par case de 4 porcelets dans des salles de post-sevrage jusqu'à

70 jours d'âge, quand ils sont transférés en salle d'engraissement. Les mises en lots étaient réalisées de manière similaire pour les deux bandes : 12 blocs de 4 porcs homologues (sexe, poids vif) étaient constitués, soit 48 porcs en essai par salle. Les deux salles sont gérées en « tout plein-tout vide ». Les porcs y sont logés en cases individuelles de 1,60 m², équipées chacune d'un abreuvoir automatique et d'un nourrisseur. Le sol est un caillebotis béton intégral.

1.2. Aliments

1.2.1. Sélection des phosphates

17 échantillons de phosphates alimentaires ont été collectés dans des usines d'aliments du bétail et caractérisés par deux méthodes analytiques : l'analyse des constituants minéraux par diffraction des rayons X (XRD, Diffractomètre de poudre SIEMENS D500, Council of Geoscience, Pretoria, Afrique du Sud) ; la solubilité différentielle du P dans l'EDTA (méthode de Bernhart et Chess, 1963), qui permet de quantifier les fractions de phosphate monocalcique, bicalcique, tricalcique et les polyphosphates. Les deux méthodes donnaient des résultats convergents notamment pour les phosphates bicalciques (Figure 1). Les résultats obtenus ont permis d'identifier objectivement des phosphates de composition différentes. Ainsi, nous avons sélectionné trois produits pour cet essai : un phosphate bicalcique di-hydraté (DCP), un phosphate monocalcique hydraté (MCP), un phosphate mono-bicalcique di-hydraté (MDCP). Les caractéristiques analytiques des 3 phosphates inorganiques sont présentées au Tableau 1.

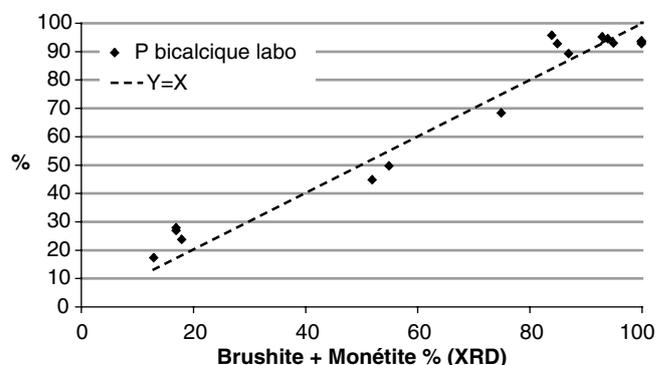


Figure 1 - Relation entre la teneur en P bicalcique déterminée par mesure de solubilité différentielle et par la diffraction des rayons X (somme de brushite et monétite)

Tableau 1 - Caractéristiques analytiques des sources minérales utilisées

		DCP	MCP	MDCP	sépiolite	carbonate de calcium
Humidité NF V18-109	%	8,9	3,5	3,7	7,3	0,1
Matières minérales NF V18-101	%	79,9	80,7	83,3	88,7	99,0
Calcium NF V18-108	%	23,9	15,2	21,0	1,2	39,5
Phosphore total NF V18-106	%	18,5	23,4	17,6	0,02	<50 mg/kg
Phosphate monocalcique ⁽¹⁾	%	0,8	17,2	10,4		
Phosphate dicalcique ⁽¹⁾	%	15,6	3,6	5,0		
Phosphate tricalcique ⁽¹⁾	%	0,2	0,2	0,5		
Polyphosphates ⁽¹⁾	%	1,9	2,4	1,6		
Orthophosphates totaux ⁽¹⁾	%	16,6	21,0	15,9		

⁽¹⁾ d'après analyse du profil de solubilité dans l'EDTA

1.2.2. Régimes expérimentaux

L'essai consiste à comparer 4 traitements, en croissance puis en finition : le traitement « DCP » correspond à un niveau sublimitant de phosphore digestible (0,19 % P digestible en croissance, 0,175 % en finition), incorporant la source DCP ; dans le traitement « DCPbas », on incorpore la moitié de DCP, en réduisant donc l'apport de P, mais en maintenant la teneur en calcium et en matières minérales en faisant varier le carbonate de calcium et la sépiolite ; par rapport au traitement « DCP », le traitement « MCP » et le traitement « MDCP » sont iso-phosphorés, iso-calciques et iso-matières

Tableau 2 - Conception des régimes expérimentaux

	DCP	DCPbas	MCP	MDCP
Croissance				
DCP	0,530	0,265	-	-
MCP	-	-	0,430	-
MDCP	-	-	-	0,550
Carbonate de calcium	1,020	1,190	1,170	1,060
Sépiolite	0,200	0,295	0,150	0,140
Finition				
DCP	0,470	0,235	-	-
MCP	-	-	0,375	-
MDCP	-	-	-	0,490
Carbonate de calcium	0,620	0,770	0,750	0,650
Sépiolite	0,200	0,285	0,165	0,150

minérales, seule change la source de phosphore : MCP et MDCP respectivement pour les traitements du même nom. Les substitutions entre sources minérales par traitement sont présentées au tableau 2 pour les aliments croissance et les aliments finition.

Les aliments sont formulés à base de maïs, orge, pois, drêches de blé, tourteau de soja, tourteau de colza, mélasse de betterave, sel, acides aminés purs, carbonate de calcium, sépiolite et une source phosphate chacun. Ils sont présentés en granulés (diamètre des trous de la filière : 3,5 mm).

Les niveaux nutritionnels calculés des aliments croissance et finition pour le traitement « DCP » sont présentés au tableau 3, ainsi que les résultats des contrôles analytiques des 8 aliments.

1.3. Conduite de l'essai et mesures réalisées

Les porcs étaient alimentés suivant un plan assez strict : 1,26 kg d'aliment le premier jour, progression de 25 g/j jusqu'à un plafond de 2,50 kg/j, atteint 51 jours après la mise en lots. Ils recevaient l'aliment croissance à partir du jour de la mise en lots, pendant 42 jours, puis, sans transition, ils recevaient l'aliment de finition jusqu'à la fin de l'essai. La durée de l'essai était la même pour tous les porcs, avec un seul départ pour l'abattoir pour chaque salle, 89 jours après la mise en lots. La distribution d'aliment était quotidienne, les refus éventuels étaient pesés chaque semaine. Les animaux ont été pesés individuellement le jour de la mise en lots, puis toutes les trois semaines jusqu'au jour de l'abattage. Pour

Tableau 3 - Niveaux nutritionnels des régimes et résultats des contrôles analytiques

			Analyses			
			DCP	DCPbas	MCP	MDCP
Croissance						
EN Porc	MJ/kg	9,656				
Matière sèche	%	87,628	87,23	87,38	87,02	87,44
Protéine	%	16,33	16,35	16,30	16,40	16,90
M. Grasses	%	2,179	2,32	2,33	2,28	2,24
Cellulose brute	%	4,076	4,42	4,82	4,12	4,19
Cendres	%	5,134	4,41	4,68	4,57	4,63
Lysine	%	0,934	0,96	0,94	0,96	0,95
Calcium	%	0,818	0,79	0,85	0,80	0,82
Phos. Total	%	0,467	0,46	0,42	0,47	0,46
Finition						
EN Porc	MJ/kg	9,901				
Matière sèche	%	87,551	87,43	87,72	87,99	87,89
Protéine	%	15,479	15,25	15,45	15,25	15,05
M. Grasses	%	2,686	2,75	2,70	2,74	2,87
Cellulose brute	%	3,775	3,94	4,12	3,95	3,94
Cendres	%	4,554	4,14	4,09	4,27	4,24
Lysine	%	0,866	0,86	0,87	0,88	0,84
Calcium	%	0,622	0,66	0,62	0,64	0,67
Phos. Total	%	0,445	0,47	0,43	0,46	0,45

ce dernier jour, les animaux ont été mis à jeun à 5 heures du matin le jour de la pesée qui s'est déroulée à 09H00. Les porcs ont ensuite été conduits à l'abattoir de Saint-Pol sur Ternoise (Nord), pour y être abattus la nuit suivante. Le temps entre le dernier repas et l'abattage des porcs était de 24 heures. Les mesures conventionnelles décrivant la carcasse ont été réalisées sur la chaîne d'abattage (poids de carcasse, épaisseurs de lard G1, G2 et de muscle M2). La Teneur en Viande Maigre et le rendement de carcasse ont été calculés à partir de ces différents critères selon les équations officielles. Après la pesée de la carcasse, la patte antérieure gauche était prélevée pour dissection et extraction de la première phalange interne. L'os était pesé, les teneurs en matières minérales et en phosphore étaient analysées.

1.4. Calculs et analyses statistiques

Les consommations individuelles d'aliment sont calculées à la semaine en tenant compte des quantités d'aliment offertes et refusées. Les indices de consommation ont été calculés sur les intervalles entre deux pesées.

Les données ont été analysées par analyse de variance à l'aide de la procédure GLM de SAS (Version 8.2). Les effets principaux étaient le régime, le sexe et le bloc intra-salle. Les traitements étaient comparés entre eux par calcul des contrastes linéaires pour les comparaisons suivantes : effet du niveau de phosphore (DCPbas vs. DCP, MCP et MDCP) ;

comparaison DCP et MCP ; comparaison DCP et MDCP ; comparaison MCP et MDCP.

2. RÉSULTATS

2.1. Observations sanitaires et pathologiques

Trois porcs sont morts brutalement en début d'essai (entérototoxicité), un pour chacun des traitements suivant : DCP, DCPbas et MDCP. Par ailleurs, trois porcs ont été exclus de l'analyse des données pour des problèmes pathologiques associés à des pertes de poids en finition : deux porcs du traitement DCP avec présence de sang dans les fèces et un porc du traitement MDCP, boiteux. Trois autres porcs ont été soignés pour boiteries, un pour le traitement DCP, un pour le traitement DCPbas et un pour le traitement MDCP. En terme de mortalité et de morbidité, le traitement MCP se distingue donc ici par l'absence de problèmes.

2.2. Performances de croissance et de finition

A la mise en lots, les porcs pesaient 32,7 kg en moyenne. Le régime affectait significativement la croissance, la consommation et l'indice de consommation des porcs dès les premières semaines de l'essai (Tableau 4). Quel que soit le critère considéré, la réduction des apports de phosphore dégradait les performances de croissance. A l'abattage, les porcs du traitement DCPbas pesaient 2 à 3 kg de moins que ceux

Tableau 4 - Influence de la source de phosphate sur les performances zootechniques et le classement des carcasses

	Traitements				Ecart type résiduel	Contrastes			
	DCP	DCP bas	MCP	MDCP		DCPbas vs. DCP, MCP, MDCP	DCP vs MCP	DCP vs MDCP	MCP vs MDCP
Poids entrée	32,8	32,7	32,7	32,5	0,31	NS	NS	NS	NS
Poids E+21	47,3	46,5	47,5	47,3	0,78	p<0,0001	NS	NS	NS
Poids E+42	66,1	63,1	66,2	66,2	1,73	p<0,0001	NS	NS	NS
Poids E+63	85,9	83,9	86,3	86,6	2,47	p<0,01	NS	NS	NS
Poids E+77	98,9	96,7	99,3	99,3	2,82	p<0,01	NS	NS	NS
Poids abattage	105,2	103,3	106,3	106,3	2,81	p<0,01	p=0,15	p=0,14	NS
Durée	89,0	89,0	89,0	89,0	0,00	-	-	-	-
GMQ j0-jab	813	794	828	829	31,16	p<0,01	p=0,14	p=0,13	NS
CMJ j0-jab	2113	2080	2100	2108	39,22	p<0,05	NS	NS	NS
IC j0-jab	2,92	2,81	2,82	2,85	0,15	p=0,09	p=0,05	p=0,13	NS
Poids chaud	82,1	80,3	82,9	83,1	2,64	p<0,01	NS	NS	NS
TVM	62,3	62,2	62,6	62,9	1,86	NS	NS	NS	NS
G1	16,6	16,3	15,5	15,2	2,40	NS	NS	p=0,10	NS
G2	13,3	13,3	13,0	12,6	2,36	NS	NS	NS	NS
M2	59,5	58,8	59,2	59,0	-	-	-	-	-
Rendement, %	78,0	77,7	78,0	78,2	-	-	-	-	-
Poids phalange g	14,2	13,6	13,8	14,3	1,08	p=0,06	NS	NS	p=0,07
Phosphore % poids brut	4,8	4,5	4,8	4,8	0,28	p<0,0001	NS	NS	NS
Matières minérales % poids brut	23,4	22,0	23,9	23,8	1,21	p<0,0001	NS	NS	NS

affectés aux autres traitements ($P < 0,01$). L'indice de consommation était toutefois amélioré de 2,5 à 4 % ($P = 0,09$). Au niveau supérieur de phosphore digestible, la croissance n'était pas affectée, mais les porcs des traitements MCP et MDCP étaient plus lourds que ceux du traitement DCP ($P = 0,15$ et $0,14$, respectivement). L'indice de consommation du traitement MCP était meilleur que celui du traitement DCP ($P < 0,05$). Le traitement MDCP n'était pas différent du MCP, mais meilleur en tendance que le DCP ($P = 0,13$).

2.3. Caractéristiques de carcasse

Les carcasses des porcs du traitement DCPbas étaient plus légères, mais ni le rendement de carcasse, ni le classement n'étaient affectés (Tableau 4). Numériquement, les épaisseurs de gras G1 étaient plus importantes avec les traitements DCP et DCPbas, notamment en comparaison à MDCP ($P = 0,10$).

2.4. Paramètres osseux

Le poids de la phalange étudiée dépendait du régime (Tableau 4) : il était plus faible pour le traitement DCPbas en comparaison aux trois autres ($P = 0,06$), mais il était aussi plus faible pour MCP comparé à MDCP ($P = 0,07$). Le poids de la phalange n'était pas corrélé aux fractions des phosphates analysées, mais il était négativement corrélé à l'incorporation de carbonate de calcium dans les formules ($r = -0,937$ et $-0,949$ avec les taux d'incorporation en croissance et en finition, respectivement).

La teneur en matières minérales et la teneur en phosphore étaient réduites au bas niveau de phosphore digestible ($P < 0,001$, Tableau 4). Numériquement, au niveau supérieur de phosphore digestible dans l'aliment, la teneur en phosphore de la phalange est constante pour les trois sources de phosphates. En revanche, la teneur en matières minérales est numériquement supérieure avec MCP et MDCP (non significatif).

3. DISCUSSION

Nous avons observé une réduction des performances zootechniques en réduisant les apports de phosphore digestible en croissance et en finition, conformément aux observations de Castaing et al. (2003) et Pomar et al. (2006). Comme ces auteurs, nous constatons que de bonnes performances zootechniques peuvent être obtenues à des niveaux bas de phosphore dans les aliments, à condition d'assurer les apports de phosphore digestible.

La réduction de l'indice de consommation avec MCP et MDCP est conforme à l'hypothèse d'une meilleure digestibilité du P dans ces produits en comparaison à des phosphates bicalciques, en accord avec les mesures de Dourmad (1999), à la synthèse de Jongbloed et al. (2002) et à la digestibilité *in vivo* renseignée par le fournisseur du MCP. Comme l'ont montré les analyses de solubilité du P dans l'EDTA et les analyses minérales par XRD, une grande variété de produits est présente dans les usines d'aliments du bétail, sous une nomenclature simple, ne reflétant bien souvent que le

constituant majeur de la source de phosphate inorganique et dont le nom générique seul ne garantit donc pas la valeur alimentaire (Viljoen, 2001). Cette variabilité est normale, bien connue des producteurs de phosphates, mais, dans le contexte Européen de réduction des rejets, il est important de pouvoir sélectionner les sources de phosphates de haute digestibilité, que ce soit sous forme monocalcique ou bicalcique (Bleux, 2005 ; Upton, 2006). En complément des critères de qualité reconnus, une méthode objective serait appréciable pour discriminer les différentes sources de phosphates inorganiques disponibles. A ce titre, les résultats de cet essai semblent favorables aux hypothèses formulées par Grimbergen et al. (1985) à partir de la méthode de Bernhart et Chess (1963), qui proposent d'estimer une digestibilité du P à partir du profil de solubilité. De même, Létourneau Montminy et al. (2006) ont intégré un critère de solubilité des phosphates pour leur modélisation du métabolisme phosphocalcique. Une meilleure description des caractéristiques physico-chimiques des phosphates alimentaires, validée sur animaux, devrait donc apporter plus de précision dans la compréhension du métabolisme phospho-calcique et dans la prévision de la réponse animale.

Par ailleurs, nos données obtenues sur des phalanges corroborent celles de Pomar et al. (2006) qui mettaient en évidence un effet linéaire de l'apport de phosphore alimentaire sur la masse des os tibia et fibula, sur la rétention corporelle de matières minérales et de phosphore. Sans grande conséquence quantitative sur le calcul des rejets, cette variation a tout de même le mérite de faire percevoir la possibilité de modifier la composition des os en modifiant les apports alimentaires au delà des phénomènes de carence nutritionnelle. Les conséquences sur la fréquence de certains phénomènes pathologiques pourraient alors être envisagées. De plus, l'influence de la source de calcium sur la masse de la phalange nous rappelle le rôle déterminant de ce nutriment dans le développement du squelette, et de possibles interactions entre calcium et phosphore.

CONCLUSION

Cet essai nous a permis de mettre en évidence des réponses zootechniques à la qualité de phosphates alimentaires, quand ceux-ci étaient sélectionnés d'après des analyses approfondies. La méthode de diffraction aux rayons X et la méthode de Bernhart et Chess (1963) paraissent discriminer correctement les phosphates. L'influence de la qualité des phosphates sur des caractéristiques osseuses semble plus compliquée à mettre en évidence, peut-être en rapport avec la source de calcium utilisée.

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier Kemira GrowHow pour la fourniture du phosphate monocalcique utilisé dans cet essai, ainsi que les animaliers du CRZA, le personnel du laboratoire d'analyses vétérinaires et celui de l'unité Minéraux et sols du Laboratoire d'Analyses et de contrôle d'INZO^o à Chierry.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Bernhart D.N., Chess W.B., 1963. Determination of phosphate composition of stock food calcium phosphate. *J.A.O.A.C.*, 46, 312-315.
- Bleukx W., 2005. Production et qualité nutritionnelle des phosphates alimentaires. *INRA Prod. Anim.*, 18, 169-173.
- Castaing J., Paboeuf F., Skiba F., Chauvel J., Cazaux J.G., Van Migen J., Jondreville C., 2003. Estimation du besoin en phosphore digestible apparent du porc charcutier : synthèse d'essais zootechniques effectués au cours des dix dernières années. *Journées Rech. Porcine*, 35, 47-54.
- CORPEN, 2003. Estimation des rejets d'azote, phosphore, potassium, cuivre et zinc des porcs. Corpen (Eds), Paris, France, 41p.
- Dourmad J.Y., 1999. Détermination de la digestibilité de deux sources de phosphore minéral chez le porc. *Journées Rech. Porcine en France*, 31, 73-76.
- Grimbergen A.H.M., Corenlissen J.P., Stappers H.P., 1985. The relative availability of phosphorus in inorganic feed phosphates for young turkeys and pigs. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 13, 117-130.
- Jongbloed A.W., Kemme P.A., De Groot G., Lippens M., Meschy F., 2002. Bioavailability of major and trace minerals. *EMFEMA (Eds)*, Bruxelles, Belgique, 118 p.
- Létourneau Montminy M.P., Jondreville C., Lescoat P., Meschy F., Pomar C., Dourmad J.Y., Wilfart A., Van Milgen J., Sauvant D., 2006. Modélisation du métabolisme phospho-calcique chez le porc charcutier : devenir du phosphore ingéré dans les contenus digestifs. *Journées Rech. Porcine*, 38, 201-208.
- Pomar C., Jondreville C., Dourmad J.Y., Bernier J., 2006. Influence du niveau de phosphore des aliments sur les performances zootechniques et la rétention corporelle de calcium, phosphore, potassium, sodium, magnésium, fer et zinc chez le porc de 20 à 100 kg de poids vif. *Journées Rech. Porcine*, 38, 209-216.
- Upton E., 2006. Inorganic feed phosphates, phosphorus excretion in Europe: putting it into perspective. In: *Phosphates 2006. Proc. Int. Conf. Fertilizers, Industrial and feed Phosphate Markets*, 23-25 april 2006, Brussels, Belgium, p 93-99.
- Viljoen H., 2001. Utilisation of Feed Phosphates: Fact or Confusion?. In *AFMA Matrix*, December 2001. http://www.afma.co.za/AFMA_Template/1,2491,8447_4108,00.htm