

Utilisation de phytase microbienne dans des aliments à base de maïs humide pour le porc charcutier

J. CASTAING, J.G. CAZAUX, R. COUDURE, M. TUCOU

Association Générale des Producteurs de Maïs - route de Pau, 64121 Montardon

*avec la collaboration technique du personnel de la station «Utilisations animales»
de l'A.G.P.M.*

Utilisation de phytase microbienne dans des aliments à base de maïs humide pour le porc charcutier

La diminution de l'excrétion de phosphore a été recherchée avec l'utilisation d'aliments à base de maïs humide pour le porc charcutier de 38 à 110 kg. L'aliment témoin assurait un apport de 5,1 g/kg de phosphore total et l'aliment étudié en apportait 4,4 g/kg. Dans ce dernier était incorporées 500 U.P. de phytase microbienne NATUPHOS.

Les performances zootechniques et la composition corporelle sont identiques avec les deux aliments.

Le taux de phosphore dans le lisier brut est réduit de 25 p. cent en période de croissance et de 12,2 p. cent sur la durée totale d'élevage. Dans la partie solide de l'effluent la concentration en phosphore a été réduite de 50 p. cent.

Use of microbial phytase in moist-maize diets for growing-finishing pigs

The influence of microbial phytase on the excretion of phosphorus was studied using moist-maize diets during the growing-finishing period in pigs, from 38 to 110 kg. The control diet supplied 5.1 g/kg total phosphorus and the test diet contained 4.4 g/kg. The test diet was supplemented with 500 units of microbial phytase "NATUPHOS".

Growth performance and body composition were identical with the two diets.

The phosphorus level of excreta was reduced by 25% during the growing period and by 12.2% for the whole study. The phosphorus concentration of the solid part of slurry, was reduced by 50%.

INTRODUCTION

La maîtrise de l'azote et du phosphore nécessite une gestion rigoureuse de ces deux éléments de l'aliment à l'animal jusqu'aux effluents apportés aux cultures. Le porc excrète une forte proportion du phosphore ingéré (60 à 70 %). Cette rétention limitée s'explique principalement par la faible digestibilité du phosphore phytique des végétaux.

Adapter les apports de phosphore aux besoins des animaux permet de réduire les rejets. L'utilisation de matières premières pourvues en phytase végétale et l'utilisation de phytase microbienne y contribue également, notamment lorsque les matières premières sont quasiment dépourvues d'activité phytasique comme le maïs.

Les références concernant l'effet de la phytase sur la digestibilité du phosphore ont montré une amélioration de 15 % de la digestibilité du phosphore de l'aliment avec 20 % de son de seigle (FOURDIN et al, 1988), une amélioration de 20 % avec les phytases des céréales et de 25 à 30 % ou plus avec la phytase microbienne (POINTILLART et al, 1985). L'efficacité de celle-ci est fonction de la quantité ajoutée à l'aliment. La réponse maximum est obtenue avec 1000 unités d'activité phytasique par kg d'aliment alors que 500 unités apparaissent comme un optimum (KHAN, 1995).

L'objet de ce travail est une première étape dans des conditions d'application pratique pour envisager par rapport à un usage habituel une diminution du taux global de phosphore en incorporant dans l'aliment pour porcs charcutiers à base de maïs humide de la phytase microbienne.

1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

1.1. Schéma expérimental (tableau 1)

Deux régimes alimentaires comportant chacun un aliment de type croissance à 165 g de M.A.T. et un aliment de type finition à 135 g de M.A.T. (CASTAING et al, 1995) sont comparés. Les aliments composés d'ensilage de maïs grain en période de croissance, de maïs grain rafle en période de finition et de tourteau de soja «48» sont supplémentés avec un A.M.V. classique (T1) ou avec un A.M.V. commercial (T2)

contenant de la phytase microbienne NATUPHOS produit par BASF Gist-Brocades à raison de 500 Unités Phytasiques par kg d'aliment. Les deux systèmes sont jugés sur les performances d'élevage des porcs et sur les caractéristiques quantitatives et qualitatives des lisiers collectés et traités en séparation de phase solide ou liquide (filtrat).

1.2. Les aliments expérimentaux (tableau 2)

Les caractéristiques chimiques des deux aliments sont très proches. La différence entre les aliments T1 et T2 porte principalement sur les teneurs en phosphore. L'aliment témoin apporte 5,1 g/kg contre 4,4 g/kg pour l'aliment T2, soit une diminution de 13,7 %.

Les matières premières (M.G.H., M.G.R., tourteau de soja) sont dépourvues de phytases endogènes, leur activité phytasique étant inférieure à 70. Le niveau de phytase microbienne retenu dans le protocole est de 500 U.P./kg pour le traitement T2. Contrôlée 6 mois après la fabrication des A.M.V., l'activité phytasique de l'aliment est de 250 U.P./kg.

1.3. Conduite de l'alimentation

Les animaux sont nourris collectivement par loge de 7 animaux de même sexe en deux repas par jour. Les aliments sont distribués en soupe (250 g de M.S. par kg de soupe). L'apport alimentaire est effectué selon un plan de rationnement énergétique évoluant par tranche de 4 kg, plafonné à 7800 kcal d'Énergie Digestible par jour (5540 kcal d'Énergie Nette) pour les mâles castrés dès 60 kg de poids vif et à 8800 kcal d'Énergie Digestible par jour (6250 kcal d'Énergie Nette) pour les femelles dès 80 kg de poids vif. Les mêmes quantités de soupe (en kg/repas) sont distribuées avec les deux aliments.

1.4. Animaux et bâtiment

L'essai est réalisé dans une porcherie collective de la Station expérimentale de l'AGPM à Montardon (64121, France). Ce bâtiment est doté d'un réseau de tuyaux enterrés dans le sol par lequel l'air de renouvellement chemine avant d'être introduit dans la salle d'engraissement (DUTERTRE et al, 1995). Le bâtiment d'engraissement est composé de

Tableau 1 - Schéma expérimental

Traitement	T1	T2
Phytase microbienne (U.P.)	-	500
Phosphore total (g/kg)	5,1	4,4
Composition aliment Séquence azotée croissance/finition Mode de distribution	M.G.H. ou M.G.R. + T. de soja + A.M.V. 2,7 / 2,3 g de lysine/Mcal E.D. Soupe à raison de 250 g de MS/kg	

Tableau 2 - Composition et caractéristiques chimiques des aliments expérimentaux

Période d'élevage	Croissance		Finition	
	T1	T2	T1	T2
Traitements expérimentaux				
Composition pondérale (%)				
Maïs grain humide	76,6		-	
Maïs grain rafle humide	-		83,4	
T. de soja «48»	20,8		14,0	
A.M.V.	2,6	2,6	2,6	2,6
Caractéristiques chimiques après analyses (g/kg à 870 g de MS)				
Matière azotée totale	166	165	136	135
Cellulose brute	32	33	38	35
Matière grasse	21	22	23	21
Amidon	452	453	494	492
Matières minérales	48	47	46	53
Phosphore (1)	5,1	4,4	5,1	4,4
Énergie Digestible (ED 33, kcal/kg) (2)	3225	3232	3155	3097
Énergie Nette (EN4, kcal/kg) (3)	2323	2330	2320	2280

(1) Phosphore par colorimétrie

(2) ED 33 (Pérez, 1984) = 3939 + 2,05 MAT + 4,74 MG - 9,37 MMT - 6,00 CB

(3) EN 4 (Noblet et al, 1994) = 0,703 ED + 1,58 MG + 0,48 amidon - 0,98 MAT - 0,98 CB

16 loges de 7 animaux (0,85 m²/porc). Il est constitué de quatre rangées de 4 loges de 3 m x 2 m sur caillebotis intégral. Une rangée de 4 loges (28 animaux) dispose d'une fosse à lisier individualisée. Ainsi, les lisiers issus de chaque traitement expérimental (sexe x aliment) sont collectés séparément. Chaque loge est munie d'une auge (2,20 m x 0,50 m). L'eau est apportée uniquement par la soupe distribuée avec l'aliment.

Les 112 animaux (4 loges de 7 animaux par traitement et par sexe) suivis en engraissement sont issus du croisement de truies Large White x Landrace et de verrats Large White x Piétrain (schéma PIG France).

1.5. Contrôles effectués

Les animaux sont pesés individuellement en début d'essai puis tous les 14 jours ainsi que la veille de l'abattage. Ils sont abattus après un jeûne de 26 heures et un temps de repos à l'abattoir de 3 heures. A l'abattage, le poids de la carcasse chaude, l'épaisseur de lard dorsal (X2, X4), l'épaisseur de muscle (X5) sont enregistrés ; le taux de muscle de la carcasse est ensuite calculé à partir de l'équation F.O.M. : 55,698 - 0,710 (X4) + 0,198 (X5).

Les lisiers sont recueillis en totalité dans les quatre fosses de la porcherie. Le lisier brut est homogénéisé à l'intérieur de chaque fosse par recyclage grâce à une pompe à fort débit muni d'un tuyau intervenant sur toute la longueur de la fosse. A la fin de la période de croissance, un prélèvement de 1000 litres de lisier de chaque fosse est effectué. A la fin

de la phase d'engraissement, la quasi totalité du lisier brut de chaque fosse est pompé et la séparation de phase est effectuée à l'aide d'une presse à vis Flygt équipée d'une grille de 150 microns.

Sur le lisier brut, le filtrat et le solide sont mesurés : le pH, la Matière Sèche Totale (M.S.T.), la matière organique (M.O.), l'azote total Kjeldahl (N.T.K.), l'azote ammoniacal ou ammonium (NH₄), le phosphore total (P) et le potassium (K).

De ces analyses on déduit les paramètres suivants : la Matière Minérale (M.S. - M.O.), le Carbone (M.O. x 0,58), le rapport C/N (C/NTK), la teneur en acide phosphorique (P x 2,29), la teneur en potasse (K x 1,2).

2. PERFORMANCES D'ENGRASSEMENT ET D'ABATTAGE

2.1. Poids des animaux et consommation d'aliments

Les aliments expérimentaux sont distribués à partir de 38,6 kg pendant 42 jours pour la phase de croissance (de 38,6 à 73,3 kg en moyenne) puis jusqu'à l'abattage pour la phase de finition (49 jours en moyenne). Le poids d'abattage est identique pour les deux traitements : 110,2 et 110,4 kg.

Les consommations d'aliments sont très voisines pour les deux traitements expérimentaux. Elles sont, sur la durée totale de l'engraissement, de 2,23 kg pour les mâles castrés

des deux traitements et de 2,38 et 2,35 kg/jour pour les femelles des traitements T1 et T2.

2.2. Croissance et efficacité alimentaire (tableau 3)

Les performances de croissance et d'efficacité alimentaire sont strictement identiques pour les deux traitements expérimentaux quels que soit le sexe des animaux et la période d'engraissement. Sur la durée totale, la croissance des animaux est respectivement de 799 et 798 g et l'indice de consommation de 2,91 et 2,88 pour T1 et T2.

2.3. Caractéristiques des carcasses (tableau 3)

À l'abattage il n'apparaît pas de différences significatives sur le rendement et sur la composition corporelle entre les porcs des deux régimes. Le rendement carcasse est de 78 % pour les deux régimes. Le pourcentage de muscle, mesuré au Fat'O'Meater, est de 52,9 % avec le régime T1 et 53,0 % avec le régime T2. L'épaisseur de gras, jugée au travers des mesures X2 et X4 du F.O.M., sont identiques pour les deux traitements. L'épaisseur de muscle X5 est légèrement favorable au régime T2 : 55,6 mm contre 54,9 mm au régime T1 (N.S.).

Tableau 3 - Performances d'élevage et caractéristiques des carcasses

Traitement	T1	T2	Interprétation statistique		
	Témoin	Phytase	E.T.R. (1)	Effet sexe (2)	Effet traitement (2)
Période de croissance : de 38,6 à 73,3 kg					
Vitesse de croissance, g/j	829	826	122	NS	NS
- mâles castrés	823	827			
- femelles	834	826			
Indice de consommation, kg/kg	2,46	2,47	0,03	NS	NS
- mâles castrés	2,47	2,47			
- femelles	2,45	2,47			
Période de finition : de 73,3 à 110,3 kg					
Vitesse de croissance, g/j	768	769	89,7	**	NS
- mâles castrés	743	740			
- femelles	792	799			
Indice de consommation, kg/kg	3,33	3,27	0,08	0,04	0,19
- mâles castrés	3,25	3,25			
- femelles	3,41	3,29			
Durée totale : de 38,6 à 110,3 kg					
Vitesse de croissance, g/j	799	798	89,7	*	NS
- mâles castrés	784	783			
- femelles	814	813			
Indice de consommation, kg/kg	2,91	2,88	0,08	0,05	0,19
- mâles castrés	2,87	2,87			
- femelles	2,94	2,92			
Caractéristiques des carcasses					
Rendement carcasse (%) (3)	78,0	78,0	0,4	NS	NS
% de muscle F.O.M. (4)	52,9	53,0	2,4	NS	NS
Épaisseur gras X2 (mm)	23,6	23,3	4,2	NS	NS
Épaisseur gras X4 (mm)	19,3	19,4	3,1	NS	NS
Épaisseur muscle X5 (mm)	54,9	55,6	4,9	NS	NS

(1) Écart type résiduel

(2) Ho : hypothèse d'égalité des moyennes

Signification : ** : $P < 0,01$; * : $P < 0,05$; NS : non significatif $P > 0,20$

Les valeurs affectées de lettres différentes sont significativement différentes au test de Newman et Keuls ($P < 0,05$).

(3) Poids carcasse froide / poids veille abattage x 100

(4) % de muscle F.O.M. déterminé à partir de l'équation : $Y = 55,698 - 0,710 (X4) + 0,198 (X5)$

X4 et X5 : épaisseur de gras (X4) et muscle (X5) entre la 4ème et 5ème sous dernière côte à 6 cm de la fente

3. CONTRÔLES DES EFFLUENTS

3.1. Quantité d'effluents

En fin de période de croissance, on a mesuré une production de 210 litres et 205 litres par porc de lisier pour les régimes T1 et T2. A la fin de l'élevage, les porcs du régime T1 ont produit 345 litres de lisier contre 330 litres pour les animaux du régime T2. Le régime incorporant de la phytase microbienne (T2) a réduit la production de lisier de 2,4 % en croissance et de 4,3 % en fin d'élevage.

3.2. Caractéristiques des lisiers

3.2.1. Lisier prélevé en fin de la période de croissance (tableau 4)

Les teneurs en azote des lisiers sont relativement proches quel que soit le traitement : 4,96 et 4,73 g/kg.

Les teneurs en phosphore du lisier brut sont inférieures pour le traitement T2 : 0,87 vs 1,16 g/kg, soit une différence de 25 %. On peut calculer la quantité journalière de rejet durant cette période (valeur P à l'analyse x quantité d'effluent recueilli / durée) qui est de 5,8 g (T1) et 4,2 g (T2), soit un écart de 27,6 %.

3.2.2. Caractéristiques des lisiers en fin d'engraissement (tableau 5)

Le lisier brut du régime T2 contient plus de matière sèche, de matière organique, de matière minérale, d'azote et de potassium que celui du régime témoin. Il contient moins de phosphore : 1,66 g/kg vs 1,81 g/kg soit une différence de 8,3 %. En fin d'engraissement, la réduction de phosphore excrétée calculée est de 12,2 % pour la durée totale de l'élevage (6,02 g/jour contre 6,86 g/jour pour T1).

Le filtrat issu du régime T2 a une teneur plus élevée en

Tableau 4 - Caractéristiques des lisiers bruts en fin de période de croissance (exprimées en g/kg par rapport à la matière brute) (1)

Traitement	T1	T2
pH	7,40	7,56
Matière sèche	46	48
Matière organique	29	29
Matière minérale	17	19
Azote total	4,96	4,73
Azote ammoniacal	4,62	4,59
Phosphore	1,16	0,87
Potassium	3,78	4,24

(1) Échantillon sur 1370 kg de lisier brut

matière sèche (58,1 vs 50,3 g/kg). Les teneurs en phosphore sont équivalentes, 1,63 g/kg pour T1 et 1,65 g/kg pour T2.

La partie solide du régime T2 a moins de matière sèche que celle du régime témoin (283 vs 290 g/kg). Il en est de même pour les matières minérales (34 vs 41 g/kg). La concentration en phosphore du régime phytase (1,76 g/kg) est deux fois moins importante que celle du régime témoin (3,60 g/kg).

3.3. Rendement de séparation

La séparation de phase extrait 9 % de la quantité totale de lisier sous forme solide quel que soit le traitement expérimental. La quantité d'azote dans la partie solide des deux effluents représente 10 % de l'azote total.

L'utilisation d'une grille identique pour les deux traitements T1 et T2 conduit à des rendements différents en ce qui concerne le taux de capture de la matière sèche (36 % vs 32 %), de la matière minérale (15 % vs 12 %), de la matière

Tableau 5 - Caractéristiques des lisiers à la fin de l'engraissement (exprimées en g/kg par rapport à la matière brute)

Traitement	Filtrat		Solide		Lisier brut	
	T1	T2	T1	T2	T1	T2
Quantité totale (kg) (1)	18106	17348	1796	1692	19883	19012
pH	7,45	7,68	8,84	8,83	7,33	7,50
Matière sèche	50,3	58,1	289,8	283,1	71,9	78,1
Matière organique	27,8	34,4	248,3	249,4	47,7	53,5
Matières minérales	22,5	23,7	41,5	33,7	24,2	24,6
Azote total	6,02	6,38	6,61	6,95	6,07	6,43
Azote ammoniacal	6,16	6,39	5,68	4,35	6,12	6,21
Phosphore	1,63	1,65	3,60	1,76	1,81	1,66
Potassium	3,45	4,13	3,69	3,66	3,47	4,09

(1) Production de 56 porcs par traitement

organique (47 % vs 41 %) et du potassium (10 % vs 8 %). Pour le régime contenant la phytase microbienne, la séparation de phase extrait 9 % du phosphore total du lisier brut contre 18 % pour le témoin qui se retrouve dans la partie solide.

Lors de la manipulation de séparation de phase, on a remarqué une plus grande fluidité du lisier du régime T2 par rapport au témoin, entraînant une plus grande facilité de vidange des fosses et rapidité de séparation. Une adaptation du réglage du séparateur aurait été nécessaire pour un rendement de séparation plus efficace du lisier de T2.

3.4. Éléments fertilisants produits par porc (tableau 6)

La quantité d'azote ammoniacal dans l'effluent est de 2,158 et 2,098 kg par porc pour T1 et T2. La quantité de P_2O_5 par porc dans l'effluent est de 1,461 et 1,284 kg respectivement pour le témoin et le régime T2, soit un écart de 12,2 %. Pour la potasse, le rejet est respectivement de 1,468 et 1,658 kg par porc pour T1 et T2.

3.5. Bilan de l'utilisation du phosphore (tableau 6)

La quantité de phosphore rejetée dans l'effluent du régime T2 est inférieure de 12,2 % à celle du régime témoin calculé en relation avec les quantités de phosphore ingérées par les animaux. Le C.U.D. théorique du phosphore est très voisin avec les deux traitements (41 % en moyenne) en présence de phosphore minéral dans les deux cas. Ce résultat sera à confirmer en raison des teneurs en phosphore relativement proches dans les aliments et les difficul-

tés de dosage dans le lisier.

CONCLUSION - DISCUSSION

La diminution de l'excrétion de phosphore par l'utilisation d'un A.M.V. permettant de réduire l'apport de phosphore minéral en incorporant 500 U.P. de phytase microbienne a été contrôlée dans cet essai. Les aliments utilisés sont à base d'ensilage de maïs grain humide en croissance ou de maïs grain rafle en finition et de tourteau de soja. Les effets sont jugés comparativement à un régime témoin sans phytase, apportant 5,1 g de phosphore total, alors que le régime expérimenté contenant de la phytase microbienne apporte 4,4 g/kg de phosphore total (2,0 g de phosphore digestible).

Les performances zootechniques des deux régimes à base de maïs humide sont identiques, que ce soit en période de croissance ou de finition et cela pour les deux sexes. Il en est de même pour la composition des carcasses. Ces résultats sont en accord avec les essais déjà réalisés (SIMOES NUNES, 1993 ; LATIMIER et al, 1994) où les performances zootechniques et la qualité des carcasses étaient équivalentes avec l'incorporation de phytase microbienne dans l'aliment dont on avait réduit l'apport de phosphore minéral.

La mesure du phosphore dans le lisier montre une diminution du rejet dans le traitement étudié avec incorporation de phytase. En période de croissance, de 38 à 73 kg, l'incorporation de phytase microbienne réduit d'environ 25 % la teneur en phosphore du lisier brut (0,87 vs 1,16 g/kg). La phytase microbienne augmente la rétention du phosphore.

Tableau 6 - Quantités d'éléments fertilisants produits par porc en fin d'essai et bilan de l'utilisation du phosphore

Traitement	T1	T2
Volume de lisier (l)	345	330
Densité (g/dm ³)	1022	1024
Éléments calculés par porc (kg) (1)		
- Azote ammoniacal	2,158	2,098
- Phosphore P	0,638	0,560
acide phosphorique (P_2O_5)	1,461	1,284
- Potasse (K_2O)	1,468	1,658
Bilan utilisation phosphore		
Phosphore ingéré, g/j (2)	11,73	10,08
Phosphore excrété, g/j (3)	6,86	6,02
Phosphore retenu (g/j)	4,87	4,06
C.U.D.r phosphore, %	41,5	40,3

(1) Méthode de calcul : quantité d'effluents produits par porc x valeur N, P, K à l'analyse x coefficients

(2) Consommation aliment jour x P analyse aliment

(3) (Lisier en litre x P. lisier) / durée engraissement

SIMONS et al (1990), pour des régimes maïs et manioc, observaient pour des porcs de 30 à 70 kg des écarts de l'ordre de 25 à 35 % avec l'incorporation de 1000 U.P./kg de phytase microbienne.

L'effet sur l'excrétion en phosphore en finition est atténué. Sur la durée totale de l'élevage, la quantité de phosphore contenu dans le lisier brut est de 1,81 g/kg pour T1 contre 1,66 avec la phytase. La quantité de phosphore rejeté par les animaux est inférieure de 12,2 % avec le régime T2 (6,02 vs 6,86 g/j). Cette réduction est inférieure à celle obtenue par LATIMIER et al (1994), qui avec des régimes à base de maïs, blé, tourteau de soja, pois de printemps et avec 1000 U.P./kg de phytase microbienne, enregistraient une réduction de 27,7 % en l'absence de phosphore minéral. Il apparaît dans nos conditions une diminution du rejet en phosphore moins importante pendant la période de finition. Cela peut provenir d'une dégradation de la phytase au cours du temps pour un A.M.V. fabriqué en début d'essai. Toutefois, les expérimentations de SIMOES NUNES (1993) et LATIMIER et al (1994) constataient une moins bonne utilisation du phosphore après 70 kg.

Après la séparation de phases, la teneur en phosphore contenu dans le filtrat est identique pour les deux traitements

(1,63 et 1,65 g/kg), par contre la concentration en phosphore du solide est deux fois moins importante dans le régime phytase que dans le régime témoin (1,76 vs 3,60 g/kg) traduisant l'effet de la phytase sur l'utilisation du phosphore phytique contenu dans les parois végétales.

Cet essai confirme la possibilité de réduire l'apport de phosphore dans des aliments à base de maïs humide pour le porc charcutier en croissance et en finition. Le taux de 4,4 g/kg de phosphore total (2,0 g/kg de phosphore digestible) dont 32 % sous forme de phosphore minéral accompagné d'une supplémentation de 500 U.P. de phytase conduit à des performances zootechniques équivalentes des animaux et permet de réduire les rejets de phosphore.

Des étapes supplémentaires permettront de réduire encore l'excrétion de phosphore par la réduction voire la suppression des apports de phosphore minéral (CHAUVEL et al, 1997) en présence de phytase microbienne.

REMERCIEMENTS

Nous remercions la Société VETAGRI pour la fabrication des A.M.V. et le laboratoire de Coopagri-Bretagne pour les analyses des aliments expérimentaux.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- CASTAING J., CAZAUX J.G., COUDURE R., LOIR B., 1995. Journées Rech. Porcine en France, 27, 261-268.
- CHAUVEL J., GRANIER R., JONDREVILLE C., WILLIATE I., 1997. Journées Rech. Porcine en France, 29, 277-284.
- DUTERTRE C., ROUSSEAU P., CASTAING J., COUDURE R., CAZAUX J.G., 1995. Journées Rech. Porcine en France, 27, 329-336.
- FOURDIN A., CAMUS P.E., CAYRON B., COLIN C., POINTILLART A., 1988. Journées Rech. Porcine en France, 20, 327-330.
- LATIMIER P., POINTILLART A., CORLOUËR A., LACROIX C., 1994. Journées Rech. Porcine en France, 26, 107-116.
- POINTILLART A., FONTAINE N., THOMASSET M., JAY M.E., 1985. Nutr. Rep. Intern., 32, 155-167
- SIMONS P.C.M., VERSTEEG H.A., JONGBLOED A.W., KEMNE P.A., SCUMP P., BOS K.D., WOLTERS M.G.E., BEUDEKER R.F., VER-SCHOOR G.J., 1990. Brit. J. Nutr., 64, 525-540
- SIMOES NUNES C., 1993. Journées Rech. Porcine en France, 25, 229-232.