

Conséquences zootechniques de la réduction de la teneur en calcium des aliments destinés aux porcs en phase de croissance-finition

Didier GAUDRÉ (1), Robert GRANIER (2), Frédéric GUYOMARD (1), Catherine JONDREVILLE (3)

(1) ITP, La Motte au Vicomte, BP35104, 35651 LE Rheu cedex

(2) ITP, Station Expérimentale Porcine, 12200 Villefranche-de-Rouergue

(3) INRA, Unité Mixte de Recherches sur le veau et le porc, 35590 Saint-Gilles

avec la collaboration technique du personnel de la station de Villefranche-de-Rouergue

Conséquences zootechniques de la réduction de la teneur en calcium des aliments destinés aux porcs en phase de croissance-finition

Les conséquences zootechniques de la réduction de la teneur en Ca des aliments croissance et finition sont évaluées sur un effectif de 160 porcs. Le taux de 9 g par kg d'aliment actuellement recommandé à ce stade, est comparé au taux obtenu en respectant un ratio de 2,9 entre Ca et P digestible. La phytase microbienne améliorant non seulement la digestibilité du P, mais également celle du Ca, deux traitements alimentaires supplémentaires sont constitués et servent à juger de l'équivalence, de 0,5 g de Ca pour 250 FTU apportées par Natuphos®. Tous les régimes contiennent respectivement 2,5 et 2,0 g de P digestible par kg dans les aliments croissance et finition.

Les performances zootechniques et les critères de composition corporelle ne sont pas affectés par les régimes alimentaires. Le taux de cendres moyen du métacarpe externe, exprimé en pourcentage de matière sèche, est supérieur à 50 % pour tous les régimes. Cet essai démontre la possibilité de réduire successivement en croissance et en finition, l'apport calcique de 15 et 30 % respectivement. En pratique, il est donc suggéré pour les aliments d'engraissement, de retenir un ratio de 2,9, entre teneurs en Ca et P digestible, et de tenir compte de la réduction possible de 0,5 g de Ca pour 250 FTU ajoutées.

Effect of reduced dietary calcium on the performance of growing-finishing pigs

The effect of reduced dietary Ca on the performance of 160 growing-finishing pigs is assessed. The current recommendation of 9 g per kg diet is compared to a level calculated as 2.9 times the digestible P dietary content. Because microbial phytase may not only improve P, but also Ca digestibility, two additional feeding regimens are used to evaluate the equivalency of 0.5 g of Ca per 250 FTU from Natuphos®. Irrespective of the treatment, digestible P are 2.5 and 2.0 g per kg, in the growing and finishing diets, respectively.

There is no significant diet effect on zootechnical performances and carcass characteristics. The average mineral content of external metacarpal exceeds 50 % of dry matter for all treatments. This experiment demonstrates that dietary Ca may be reduced by 15 and 30 %, in growing and finishing diets, respectively. In practice, it is relevant to retain a Ca to digestible P ratio of 2.9, and reduce the dietary Ca in diets supplemented with microbial phytase by 0.5 g for 250 FTU.

INTRODUCTION

La recommandation de l'ITP en matière de teneur en Ca des aliments est, pour les porcs en phases de croissance et de finition, de 9 g par kg brut (Tables d'alimentation pour les porcs 2002). Ce niveau d'apport calcique se réfère aux recommandations de l'INRA (1989) déterminées selon la méthode factorielle. Celle-ci, décrite à plusieurs reprises (PEREZ, 1978, INRA, 1984 ; GUEGUEN et POINTILLART, 1986), consiste à évaluer des besoins nets pour l'entretien et la croissance séparément. Le niveau de Ca alimentaire nécessaire est ensuite calculé à partir des mesures de coefficient d'utilisation digestive réel (CUDr), effectué sur des animaux de poids correspondant.

Près de 99 % du Ca et environ 80 % du P corporels sont stockés dans l'os, dans une proportion constante voisine de 2 (GUEGUEN et POINTILLART, 1986). Le dépôt corporel de Ca par rapport à celui de P chez le porc en croissance varie avec l'âge de l'animal mais se situe aux environs de 1,6 (JONGBLOED et al, 1999). Ainsi, les recommandations d'apport alimentaire de Ca sont exprimées par rapport à celles de P. Pour JONGBLOED en 1987, le ratio entre Ca et P total devait se situer dans un intervalle compris entre 1,2 et 1,4. Moins restrictives, les recommandations reprises par l'ITP jusqu'à présent, se limitent à l'objectif de maintenir ce ratio dans, ou à proximité, de l'intervalle compris entre 1,5 et 2 ; considérant que le risque principal est d'aboutir à un ratio trop élevé, puisque le Ca, en favorisant la précipitation des phytates, diminue la disponibilité du P.

Depuis, les récents progrès sur l'évaluation de la digestibilité du P contenu dans les matières premières et les aliments (INRA-AFZ, 2002), et sur le niveau d'apport permettant d'optimiser la croissance et l'efficacité alimentaire des porcs en croissance-finition (CASTAING et al, 2003) permettent d'exprimer les recommandations alimentaires de P sur la base du P digestible apparent. Le manque de données relatives à la digestibilité du Ca rend impossible l'établissement de recommandations sur cette base. Ainsi, les recommandations d'apport en Ca sont exprimées sous la forme d'un rapport entre Ca total et P digestible apparent. Selon JONGBLOED et al. (1999) ce rapport doit se situer entre 2,7 et 3,2 pour le porc en croissance, avec un optimum situé à 2,9.

Tant que l'apport alimentaire de P est en excès par rapport aux besoins des animaux, un excès de Ca ne risque pas de conduire à une carence en P. Mais dans le contexte actuel de limitation des apports alimentaires de P (CORPEN, 2003), une augmentation excessive de l'apport de Ca par rapport au P présente un risque de limitation de la disponibilité du P, par précipitation des phytates. Par ailleurs, ce même contexte de limitation des rejets de P (CORPEN, 2003), conduit à préférer l'utilisation de phytase microbienne à l'incorporation de phosphates inorganiques. Or, l'excès de Ca peut induire une réduction de l'effet positif de cette enzyme sur la disponibilité du P (JONGBLOED et al, 1993 ; POINTILLART 1994 ; QIAN et al 1995 ; QIAN et al, 1996).

En raison de ces différentes évolutions, il nous a paru intéressant d'évaluer les éventuelles conséquences zootechniques

d'une diminution de la teneur en Ca des aliments d'engraissement, en utilisant les récentes acquisitions en matière de digestibilité du P. Ainsi, la recommandation actuelle de 9 g de Ca par kg d'aliment est-elle comparée à celle obtenue en appliquant un ratio entre Ca et P digestible de 2,9 (JONGBLOED et al, 1999). La phytase microbienne améliorant non seulement la digestibilité du P, mais également celle du Ca, deux traitements alimentaires supplémentaires sont constitués et servent à juger de l'équivalence, de 0,5 g de Ca pour 250 FTU apportées par une 3-phytase produite à partir d'*Aspergillus Niger*.

1. MATÉRIELS ET MÉTHODE

Cet essai a été réalisé à la station expérimentale de l'ITP située à Villefranche de Rouergue. Il concerne un effectif total de 160 porcs appartenant à la même bande de sevrage. L'essai s'est déroulé au cours du premier semestre de l'année 2004.

1.1. Schéma expérimental

Les porcelets sont issus de croisements entre verrats de type génétique P76 et de truies provenant du schéma de sélection PIC. Le bâtiment d'engraissement est composé de 4 salles indépendantes, comprenant chacune 8 cases de 5 porcs. La mise en lots est effectuée en sortie de post-sevrage, soit à un âge et un poids vif moyens respectifs, de 9 semaines et 26 kg. Il est tenu compte du traitement alimentaire reçu en post-sevrage, en constituant pour chacun de ces régimes, des groupes de 4 animaux de même sexe et de poids vif similaire. Ces derniers sont alors affectés au hasard aux 4 traitements expérimentaux. Quatre blocs de 8 cases (4 de castrats et 4 de femelles) sont par ailleurs constitués sur la base du poids vif. Les porcs de sexe différent sont conduits séparément en engraissement.

Le programme alimentaire est de type biphasé, avec un passage à l'aliment finition lorsque le poids moyen des porcs de la case a dépassé 65 kg. Les aliments sont distribués en farine à l'auge en essayant de maintenir les animaux proche de l'à volonté, jusqu'à atteindre un plafond fixé à 3 kg par animal. La conduite de l'ambiance des 4 salles est identique, avec maintien des mêmes consignes de ventilation tout au long de l'engraissement.

1.2. Aliments expérimentaux

Les aliments expérimentaux sont réalisés par l'atelier de fabrication de la station. Il s'agit d'aliments de type farine. Leurs compositions respectives sont indiquées au tableau 1. Les éléments de base correspondent à des matières premières courantes : blé, orge, pois et tourteau de soja. De l'huile de soja et des acides aminés industriels complètent l'apport énergétique et azoté. Il a été tenu compte de l'analyse de la teneur en matières azotées totales des céréales et du pois pour la formulation des régimes. La concentration énergétique de tous les aliments est de 9,6 MJ EN par kg. Les teneurs en lysine digestible, exprimées en g par MJ EN, sont de 0,9 et 0,8 respectivement, en croissance et en finition. De même, le profil en acides aminés indispensables respecte les recommandations de l'ITP (2002), soit des teneurs

Tableau 1 - Composition et caractéristiques prévisionnelles des régimes expérimentaux

Régimes expérimentaux	Croissance				Finition			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
Composition (kg/t)								
Blé	380	380	388	388	384	384	397	397
Orge	250	255	250	251,5	300	308,5	300,5	302
Pois	200	200	200	200	200	200	200	200
T. de soja 48	125	125	123	123	78	78	74	74
Carbonate de Calcium	15,9	10,9	13,4	11,9	18,6	10,1	12,4	10,9
Phosphate Bicalcique	8,4	8,4	4,9	4,9	4	4	0,6	0,6
Sel	4	4	4	4	4	4	4	4
Huile de soja	5	5	5	5				
C.O.V	5	5	5	5	5	5	5	5
Acides aminés	6,7	6,7	6,7	6,7	6,4	6,4	6,5	6,5
Natuphos® 5000 G			0,05	0,05			0,05	0,05
Caractéristiques								
MS (%)	87,6	87,6	87,6	87,5	87,5	87,4	87,4	87,4
MAT (%)	16,6	16,7	16,6	16,6	15,0	15,1	15,0	15,0
MG (%)	2,0	2,0	2,0	2,0	1,5	1,5	1,5	1,5
CB (%)	3,8	3,8	3,8	3,8	3,7	3,8	3,8	3,8
Cendres (%)	5,6	5,2	5,1	4,9	5,3	4,5	4,4	4,2
Ca (g/kg)	9,2	7,3	7,4	6,8	9,0	5,8	5,8	5,3
P total (g/kg)	5,1	5,1	4,5	4,5	4,2	4,3	3,7	3,7
P digestible* (g/kg)	2,5	2,5	2,5	2,5	2,0	2,0	2,0	2,0
Ca/P. total (g/g)	1,8	1,4	1,6	1,5	2,1	1,4	1,6	1,4
Ca/P. dig. (g/g)	3,7	2,9	3,0	2,7	4,5	2,9	2,9	2,6
Lysine tot. (g/kg)	9,9	9,9	9,9	9,9	8,9	8,9	8,8	8,9
Lysine dig. (g/kg)	8,6	8,6	8,5	8,5	7,6	7,6	7,6	7,6
ED (MJ/kg)	13,4	13,4	13,5	13,5	13,2	13,3	13,3	13,4
EN (MJ/kg)	9,6	9,6	9,6	9,6	9,6	9,6	9,7	9,7
Lys.dig./ EN (g/MJ)	0,9	0,89	0,89	0,89	0,8	0,79	0,79	0,78

(valeurs attendues selon les Tables INRA-AFZ, 2002)

* : à partir du coefficient de digestibilité avec phytases endogènes et en considérant que 500 U de phytase microbienne correspondent à 0,8 g de P digestible apparent

en méthionine, méthionine plus cystine, thréonine et tryptophane digestibles, correspondant respectivement à 30, 60, 65 et 19 % de l'apport en lysine digestible.

Un complément composé de sels d'oligo-éléments et de vitamines de synthèse est introduit à 0,5 % et permet notamment de couvrir les besoins en vitamine D3 : 2000 U.I par kg d'aliment. La teneur en P digestible est fixée à 2,5 g par kg aliment croissance, et 2 g en finition, en accord avec les résultats obtenus par CASTAING et al (2003), qui indiquent que ces teneurs représentent les optima, à la fois pour la vitesse de croissance et l'efficacité alimentaire pour des animaux présentant des performances équivalentes aux nôtres. Les aliments étant distribués en farine, ce sont les coefficients de digestibilité du P avec phytases endogènes proposés par les tables INRA-AFZ (2002), qui ont été retenus. L'apport de phytase microbienne (3-phytase produite à partir d'*Aspergillus Niger*) est également pris en compte sur la base de l'équivalence suivante : 250 FTU pour 0,4 g de P digestible.

Le régime T1 correspond au régime témoin. Il contient 9 g de Ca par kg d'aliment en croissance et en finition. La teneur

en Ca pour le régime T2 est calculée sur la base de 2,9 fois l'apport de P digestible. Ceci étant défini, le régime T2 se déduit du régime T1, en remplaçant le carbonate de Ca excédentaire par de l'orge.

Les régimes T3 et T4 servent à tester la possibilité de réduire l'apport alimentaire de Ca en présence de phytase microbienne. Ces 2 régimes contiennent 250 FTU par kg. Le niveau de Ca du régime T3 est identique à celui du régime T2. La teneur en Ca du régime T4 est déterminée en diminuant de 0,5 g celle du régime T3. De la même manière que précédemment, le régime T4 se déduit du régime T3, en remplaçant le carbonate de Ca excédentaire par de l'orge.

Des échantillons d'aliments sont prélevés lors de leur fabrication. Les teneurs attendues en matière sèche, cellulose brute, protéines brutes, matières grasses, amidon et lysine totale sont confirmées. Les teneurs en cendres, Ca, P et activité phytasique sont présentées au tableau 2. Le dosage des cendres est systématiquement inférieur aux valeurs attendues, mais l'écart n'excède jamais 0,5 %. Il n'y a pratiquement pas d'écart pour le P des 8 aliments (écart maximal

Tableau 2 - Résultats d'analyses

Régimes expérimentaux	Croissance				Finition			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
Cendres (%)	5,1	4,7	4,8	4,4	4,9	4,2	4,1	3,9
Ca (g/kg)	8,5	7,2	7,6	6,9	9,6	6,8	6,6	6,0
P (g/kg)	5,0	5,0	4,5	4,4	4,2	4,2	3,5	3,6
Ca/P (g/g)	1,7	1,4	1,7	1,6	2,3	1,6	1,9	1,7
Activité Phytasique (FTU/kg)	360	360	610	640	340	340	700	760

constaté de 0,2 g), ainsi que pour le Ca des aliments croissance des régimes T2, T3 et T4. L'aliment croissance du régime T1 présente à l'analyse, un déficit de 0,7 g. Tous les aliments finition présentent un excès de Ca compris entre 0,6 et 1 g, mais la hiérarchie prévue entre aliments expérimentaux reste respectée. Les activités phytasiques des aliments T3 et T4, montrent qu'environ 260 et 390 FTU, au lieu des 250 FTU attendues, ont été ajoutées respectivement dans les aliments croissance et les aliments finition.

1.3. Prélèvements osseux

Des métacarpes sont prélevés à l'abattage sur la base de 5 porcs par sexe et par traitement alimentaire. Tous les porcs faisant l'objet de ce prélèvement ont un poids vif avant abattage compris entre 110 et 115 kg. Après séparation des tissus musculaires et adipeux apparents par cuisson à l'autoclave, le métacarpe externe est broyé entièrement, pour servir au dosage de la matière sèche et des cendres.

1.4. Analyses statistiques

Les données par traitement alimentaire sont comparées par analyse de variance. Les effets pris en compte pour les critères de performances individuelles de croissance, de

consommation moyenne journalière et d'indice de consommation déterminés par case, sont, le traitement alimentaire, le bloc, le sexe et l'interaction entre traitement et sexe. En ce qui concerne les caractéristiques de carcasse, sont retenus les effets du traitement alimentaire, du sexe, de l'interaction entre traitement et sexe, le poids de carcasse chaude étant introduit en tant que covariable, après vérification de son indépendance des effets du sexe et du traitement alimentaire également par analyse de variance. Enfin, seuls les effets du traitement alimentaire et du sexe servent à la comparaison de la teneur en cendres des métacarpes.

2. RÉSULTATS

Deux porcs du régime T1 sont morts en cours d'engraissement, le premier au cours de la première quinzaine, le second après le passage à l'aliment finition. Les causes de mortalité sont, une torsion intestinale d'une part, une hernie étranglée d'autre part. Deux autres porcs (régimes T1 et T4) ont été retirés en cours d'essai, en raison de croissance très faible.

2.1. Vitesse de croissance

Les vitesses de croissance moyennes obtenues par traitement alimentaire, ne sont pas significativement différentes, quelle

Tableau 3 - Performances de croissance et caractéristiques de carcasse selon les régimes expérimentaux

Régimes expérimentaux	T1	T2	T3	T4	Effets ⁽¹⁾	Cve ⁽²⁾
Poids initial (kg)	25,9	26,0	25,9	25,9	S**, B**	2,9
Phase de croissance						
Poids (kg)	67,1	67,5	67,3	66,9	B**	6,5
GMQ (g/j)	915	923	918	914		10,2
Phase de finition						
Poids (kg)	115,4	114,3	114,0	113,1		4,7
GMQ (g/j)	860	871	891	880	B*	9,2
Ensemble						
GMQ au 1 ^{er} départ	859	868	892	883	B**	9,2
GMQ (g/j)	890	895	904	896		7,4
Caractéristiques de carcasse						
Rendement chaud (%)	78,7	78,8	79,1	78,8	Pc**	1,4
TVM (%)	60,0	60,0	60,5	60,7	S**	3,6
G1 (mm)	18,1	18,6	18,1	17,7	Pc**	16,6
G2 (mm)	16,6	16,7	16,3	15,8	S**	18,8
M2 (mm)	56,8	58,4	58,8	58,5	(T : p=7 %), S*, Pc**	6,9

⁽¹⁾ T : traitement, S : sexe, B : bloc, Pc : poids carcasse chaude, * : p<0.05, ** : p<0.01

⁽²⁾ Coefficient de variation résiduelle (%)

que soit la période considérée (tableau 3). Ainsi, les valeurs sont très proches, à la fois pour la phase de croissance (915, 923, 918 et 914 g/j respectivement, pour les régimes T1, T2, T3 et T4) et pour la période totale d'engraissement (890, 895, 904 et 896, respectivement pour les régimes T1, T2, T3 et T4). Les écarts constatés durant la période de finition, entre les régimes T1 (860 g/j) et les régimes T3 (891 g/j) et T4 (880 g/j) ne sont pas significatifs. Il en est de même si l'on considère la vitesse de croissance au 1er départ à l'abattoir. Les performances sont plus élevées en période de croissance qu'en période de finition, en raison probablement du rationnement effectué. En effet, le plafond fixé à 3 kg par animal a été atteint très rapidement pour toutes les cases, soit dans la quinzaine qui suivait le passage à l'aliment finition.

2.2. Caractéristiques de carcasse

Le rendement carcasse chaud n'est pas affecté par le régime alimentaire (tableau 3). Les animaux du traitement 1 tendent ($p=0,07$) à présenter une épaisseur de maigre M2 plus faible que les animaux des autres traitements : 56,8 mm pour le régime T1 par rapport à 58,4, 58,8 et 58,5 mm, respectivement pour les régimes T2, T3 et T4. Cette différence pour M2 semble plus marquée pour les femelles que pour les mâles, mais l'interaction n'est pas significative ($p=0,43$). Les épaisseurs de lard G1 et G2 ne présentent pas de différences significatives selon les traitements alimentaires, même si les valeurs moyennes obtenues dans le cas du régime T4 paraissent plus faibles : épaisseur G2 de 15,8 mm et de 16,6, 16,7 et 16,3 mm, respectivement pour les régimes T1, T2 et T3, épaisseur G1 de

17,7 mm et de 18,1, 18,6 et 18,1 mm, respectivement pour les régimes T1, T2 et T3.

2.3. Efficacité alimentaire et consommation moyenne journalière

Les consommations moyennes journalières ne diffèrent pas selon les régimes (tableau 4) : 2,63, 2,62, 2,62 et 2,61 kg/j respectivement, pour les régimes T1, T2, T3 et T4. Les valeurs obtenues par traitement alimentaire sont identiques quelles que soient les périodes considérées. En finition, la valeur moyenne est proche de 3 kg/j, indiquant que les porcs de cette bande ont atteint très rapidement leur plafond de rationnement. Confirmant les données de croissance et de consommation précédentes, l'efficacité alimentaire ne diffère également pas selon les régimes : indice de consommation sur la période totale d'engraissement de 2,79, 2,74, 2,72 et 2,78, respectivement pour les régimes T1, T2, T3 et T4.

2.4. Minéralisation osseuse

La teneur en cendres du métacarpe externe, exprimée en pourcentage de matière sèche, est présentée au tableau 5. L'interaction entre traitement alimentaire et sexe est significative. Ainsi, dans le cas des mâles castrés, le régime T1 se distingue des régimes T2 et T4 par une teneur en cendres plus élevée (56,6 % pour 52,8 et 53,6 %, respectivement pour les régimes T2 et T4). Le régime T3 obtient une valeur intermédiaire, 54,2 %. En ce qui concerne les femelles, seules les valeurs moyennes obtenues pour les régimes T3 et T4 diffèrent significativement entre elles (52,1 et 55,4 %, respectivement).

Tableau 4 - Efficacité alimentaire et consommation moyenne journalière selon les régimes expérimentaux

Régimes expérimentaux	T1	T2	T3	T4	Effets ⁽¹⁾	Cve ⁽²⁾
Phase de croissance						
CMJ (g/j)	2,22	2,20	2,21	2,21	B**	2,1
IC (kg/kg)	2,28	2,23	2,25	2,29		3,1
Phase de finition						
CMJ (g/j)	2,97	2,96	2,96	2,95	S**	0,6
IC (kg/kg)	3,25	3,20	3,13	3,22	B*	3,6
Ensemble						
CMJ (g/j)	2,63	2,62	2,62	2,61	B**	1,2
IC (kg/kg)	2,79	2,74	2,72	2,78		2,4

⁽¹⁾ T : traitement, S : sexe, B : bloc, * : $p<0,05$, ** : $p<0,01$

⁽²⁾ Coefficient de variation résiduelle (%)

Tableau 5 - Comparaison de la minéralisation osseuse selon les régimes

Régimes expérimentaux	T1	T2	T3	T4	Effets ⁽¹⁾	Cve ⁽²⁾
Teneur en cendres (% sur sec)						
Mâles	56,6a	52,8bc	54,2abc	53,6bc	TxS*	4,3
Femelles	53,1bc	53,5bc	52,1c	55,4ab		

⁽¹⁾ TxS : interaction traitement et sexe, * : $p<0,05$

⁽²⁾ Coefficient de variation résiduelle (%)

3. DISCUSSION

Aucun symptôme de type fracture ou rachitisme des membres, tels que décrits par CRENSHAW (2001), en cas de carence associée en Ca et vitamine D n'a été observé dans cet essai. Les performances zootechniques ne sont pas affectées par les régimes, ce qui est en accord avec le fait que 98 % du Ca de l'organisme soient stockés dans le squelette, et soient également rapidement mobilisables en cas de variation anormale du taux de Ca plasmatique (CRENSHAW, 2001). En effet, la sécrétion de parathormone par les glandes parathyroïdes intervient rapidement lorsque le niveau de Ca plasmatique diminue. Cette hormone agit de manière directe ou indirecte, à plusieurs niveaux, pour, à la fois, mobiliser le Ca osseux et augmenter l'absorption intestinale de cet élément. À l'inverse, la calcitonine sécrétée par la glande thyroïde intervient sur l'excrétion urinaire et la résorption osseuse de manière à diminuer la calcémie. Ce mécanisme de régulation hormonale permet au Ca de remplir normalement ses fonctions métaboliques, même lorsque le taux de Ca alimentaire varie dans de fortes proportions (CRENSHAW, 2001). Ainsi, les caractéristiques de croissance ne seront que peu affectées dans un premier temps, alors qu'un mauvais ajustement des apports aux besoins, aura d'abord des conséquences sur le métabolisme du tissu osseux (CRENSHAW, 2001). Aussi, le dosage des cendres des os, ou la mesure de leurs propriétés mécaniques servent à mieux identifier un état de carence minérale éventuelle. La caractéristique retenue dans cet essai, à savoir le taux de matières minérales du métacarpe externe, ne présente pas de variation importante selon les régimes expérimentaux. Ainsi, les 40 dosages effectués se situent, pour la grande majorité d'entre eux (36 échantillons), au delà de 50 % de matières minérales exprimées en pourcentage de la matière sèche. Les différences entre régimes selon le sexe, sont difficilement explicables, cependant les teneurs moyennes constatées par régime se situent dans la norme des différentes données disponibles sur ce sujet dans la bibliographie (GUEGUEN et POINTILLART, 1986). Il peut donc être conclu, que dans la plage de taux de Ca alimentaire testée (8,5 à 7,2 g en croissance, 9,6 à 6,8 g en finition sur les bases des teneurs analysées dans les aliments expérimentaux), il n'y a pas de risque à voir les performances zootechniques et les caractéristiques du tissu osseux altérées, dans la mesure où les besoins en P de l'animal sont couverts.

L'ajustement du taux de Ca alimentaire, sur la base des coefficients de digestibilité du P des matières premières, fournies par les tables INRA-AFZ (2002), et l'utilisation du ratio proposé par JONGBLOED et al (1999), de 2,9 fois l'apport en P digestible est, à l'analyse des données de cette étude, tout à fait envisageable dans la pratique. En effet, les résultats ne diffèrent pas entre les régimes T2 et T1 : vitesse de croissan-

ce et efficacité alimentaire identiques. Une tendance à la diminution de l'épaisseur de maigre M2 pour les femelles du régime T1 est observée dans cette étude, mais elle paraît difficilement attribuable à la teneur en Ca de l'aliment.

La comparaison des traitements T3 et T4 montre que l'apport de Ca tel que nous l'avons pratiqué est sans influence sur la minéralisation osseuse. Compte tenu de l'apport en excès de ce minéral par rapport aux besoins, il est impossible d'affirmer si la phytase microbienne a eu un effet positif sur la disponibilité du Ca comme l'ont montré MROZ et al, en 1994. Par ailleurs l'effet antagoniste du Ca sur l'amélioration de la digestibilité du P par la phytase microbienne n'a pas été détecté avec les niveaux de Ca utilisés. Nos résultats nous permettent seulement de conclure que l'abaissement de l'apport calcique de 0,5 g pour 250 FTU permet d'aboutir à des résultats satisfaisants sur le plan de la minéralisation osseuse.

CONCLUSION

Cet essai démontre la possibilité de réduire successivement en croissance et en finition, l'apport calcique de 15 et 30 %, respectivement, sans induire de baisse des performances zootechniques. De plus, l'analyse de la teneur en cendres du métacarpe externe, n'a pas fait apparaître de différences entre régimes, qui puissent aller à l'encontre de ce résultat. En pratique, l'utilisation du ratio proposé par JONGBLOED et al (1999), permettant de déduire l'apport en Ca en multipliant par 2,9 le taux de P digestible de la ration, peut être retenu dans l'élaboration des régimes. D'autre part, l'incorporation de phytase microbienne permet de réduire encore l'apport de Ca de l'ordre de 0,5 g pour 250 FTU sous forme de phytase microbienne (3-phytase).

En définitive, prendre en compte les recommandations décrites précédemment relatives à l'apport en Ca des aliments pour porcs en phase de croissance-finition est préférable. En effet, plusieurs auteurs ont fait état de la possible diminution de l'effet de la phytase microbienne sur la digestibilité du P phytique, en présence d'un excès de Ca. Le principe de la formulation au moindre coût contribue à limiter les apports de P au strict minimum nécessaire à leurs besoins. Dans ce cadre, la contribution de la phytase microbienne ne doit surtout pas être réduite. De plus, l'effet négatif de l'excès de Ca sur la disponibilité du zinc est également à considérer, puisque le contexte réglementaire tend à diminuer les marges de sécurité employées pour satisfaire les besoins des porcs en cet oligo-élément.

REMERCIEMENT

Nous tenons à remercier la société BASF pour sa contribution à la réalisation de cette étude.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- CASTAING J., PABOEUF F., SKIBA F., CHAUVEL J., CAZAUX J.G., van MILGEN J., JONDREVILLE C., 2003. Journées Rech. Porcine, 35, 47-54.
- CRENSHAW D.T., 2001. Ca, phosphorus, vitamin D and vitamin K in swine nutrition. In : Swine Nutrition, second edition, A. J. LEWIS, L.L. SOUTHERN, CRC Press, 187-202.
- CORPEN, 2003. Estimation des rejets d'azote, phosphore, potassium, cuivre et zinc des porcs. CORPEN (Ed) Paris, 41 p.
- ITP-ITCF-ADAESO-UNIP-CETIOM, 2002, Tables d'alimentation pour les porcs.
- INRA, 1984. L'alimentation des animaux monogastriques.
- INRA, 1989. L'alimentation des animaux monogastriques.
- INRA-AFZ, 2002. Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage. Porcs, volailles, bovins, ovins, caprins, lapins, chevaux, poissons. D. Sauvant, J.-M. Perez, G. Tran, INRA éd., Paris.
- PEREZ J.M., 1978. Techniporc, vol.1(1), B1-B32.
- GUEGUEN L. et POINTILLART A., 1986. Alimentation minérale. In : Le porc et son élevage-Bases scientifiques et techniques. J.-M. Perez, P. MORNET, A. RERAT, INRA éd., Paris, 297-322.
- JONBLOED A.W., 1987. Rapport IVVO-DLO, n° 179, Lelystad, The Netherlands, p343.
- JONGBLOED A.W., MROZ Z., KEMME P.A., GEERSE C., van der HONING Y., 1993. J. Anim. Sci., vol. 71, suppl. 1, p 166.
- JONGBLOED A.W., EVERTS H., KEMME P.A., MROZ Z., 1999. A Quantitative Biology of the pig, CAB International, 275-298.
- MROZ Z., JONBLOED A.W., KEMME P.A., 1994. J. Anim. Sci., 72, 126-132.
- NRC, 1998. Nutrients Requirements of swine.(10^{ème} éd.) National Academy Press Washington, DC.
- POINTILLART A., 1994. INRA Productions Animales, 7(1), 29-39.
- QIAN H., KORNEGAY E.T., 1995. J. Anim. Sci., vol. 73, suppl. 1, 173.
- QIAN H., KORNEGAY E.T., CONNER D.E., 1996. J. Anim. Sci., 74, 1288-1297.