

Utilisation de régimes isophosphorés à activité phytasique variable par le porc charcutier

Répercussion sur la digestibilité du phosphore, les performances, la résistance osseuse et les rejets de phosphore

J. CHAUVEL (1), R. GRANIER (2), Catherine JONDREVILLE (3), Isabelle WILLIATE (3)

(1) I.T.P., Pôle Techniques d'Élevage - B.P. 3, 35651 Le Rheu Cedex

(2) I.T.P., Station Expérimentale - Les Cabrières, 12200 Villefranche-de-Rouergue

(3) I.T.C.F. - Pouline, 41100 Villerable

Utilisation de régimes isophosphorés à activité phytasique variable par le porc charcutier : répercussion sur la digestibilité du phosphore, les performances, la résistance osseuse et les rejets en phosphore

L'effet du niveau de phosphore digestible dans l'aliment a été étudié à l'aide de 4 régimes. Tous contenaient 0,47 % de phosphore total en croissance et 0,40 % en finition. Les teneurs en phosphore digestible variaient en fonction de la teneur en phytase des aliments. En moyenne elle était de 700, moins de 100, 450 et 500 UP respectivement pour les régimes 1, 2, 3 et 4. Le régime 1 est à base de blé et issues de blé. Les autres régimes sont à base de maïs, avec issues de blé pour le régime 3, le régime 4 correspond au régime 2 avec une supplémentation de 500 unités de phytase microbienne par kilo (Natuphos). L'essai a porté sur 320 animaux (160 mâles castrés et 160 femelles) de 25 à 105 kg, en distinguant la période «croissance» (25-65 kg) de la période «finition» (65-105 kg).

La digestibilité du phosphore est de 52,3 %, 29,5 %, 42 % et 49,8 % respectivement pour les régimes 1, 2, 3 et 4. Cela entraîne des teneurs en phosphore digestible de 0,25 - 0,14 - 0,20 et 0,24 % en croissance et 0,23 - 0,12 - 0,17 et 0,21 % en finition. L'apport de 500 U de phytase microbienne améliore la digestibilité du phosphore du régime 2 de 70 %.

Pendant l'ensemble de la période, le régime 1 permet les meilleures performances de croissance. Le régime 4 est très proche. Les performances du régime 2 sont très détériorées (- 8 % sur le GMQ et + 8 % sur l'IC par rapport au régime 4). La résistance à la rupture des os est équivalente dans les régimes 1 et 4, elle est légèrement plus faible dans le régime 3. Elle est inférieure à celle des trois autres régimes dans le régime 2.

L'apport de 500 U d'activité phytasique permet une diminution des rejets en phosphore de 15 %.

Use of isophosphorus diets differing in their phytase activity : effects on phosphorus digestibility, growth performance, bone resistance and phosphorus excretion in growing-finishing pigs

A total of 320 pigs (160 castrated males and 160 females) were allocated to 4 dietary treatments during the growing-finishing period (from 25 to 65 kg and from 65 to 105 kg). Diet 1 consisted mainly of wheat and wheat by-products, diet 3 contained corn plus wheat by-products while diets 2 and 4 consisted mainly of corn. Diet 4 was equivalent to diet 2 except for the addition of 500 IU microbial phytase (Natuphos)/kg. Phytase activity was 700, <100, 450 and 500 PTU/kg for diets 1, 2, 3 and 4 respectively. The total phosphorous content of the diets was 0.47 % during the growing period and 0.40 % during the finishing period. Phosphorus digestibility was 52.3, 29.5, 42.0 and 49.8 % for diets 1, 2, 3 and 4 respectively. The digestible phosphorus content of the diets was therefore : 0.25, 0.14, 0.20 and 0.24 % during the growing period and 0.23, 0.12, 0.17 and 0.21 % during the finishing period. The addition of 500 PTU microbial phytase per kg of diet (diet 4) improved the digestibility of P in diet 2 by more than 70 %. The highest overall growth rate was recorded for diet 1; diet 4 gave nearly the same result and diet 2 gave the poorest results (growth rate -8%, feed conversion ratio +8% compared to diet 4). Rupture resistance of the 2 metacarpal bones (III and IV) was significantly lower in diet 2, compared with the other diets (5.6, 9.1, 10.1 and 10.1 for diets 2, 3, 1 et 4 respectively). Phosphorus excretion was reduced by 15 % by adding 500 PTU per kg (Natuphos) in the diet containing corn.

INTRODUCTION

En France, dans les bassins de production à forte concentration d'animaux, les rejets azotés sont considérés comme les principales sources de pollution des eaux. Les études à ce sujet sont nombreuses. Les réglementations sont basées sur cet élément chimique.

Dans d'autres pays, comme aux Pays Bas, les rejets en phosphore constituent le frein principal au développement, voire au maintien des productions animales dans certaines zones.

Les deux facteurs essentiels de variation des rejets sont la quantité de phosphore ingéré d'une part et sa digestibilité d'autre part. LATIMIER et POINTILLART (1993), en diminuant la consommation en phosphore de 17 % (6 et 5 g/kg) obtiennent une diminution des rejets de 25 % sur des porcs charcutiers; avec une consommation moindre de 33 % (6 g/kg et 4 g/kg) la baisse des rejets est de 37 %, mais ils constatent une détérioration des performances zootechniques. Dans ce cas la teneur des aliments en phosphore digestible n'était que de 1,4 g/kg contre 2 et 2,7 dans les deux autres aliments.

Cela pose le problème des besoins en phosphore digestible. C'est pourquoi nous avons voulu faire varier l'apport de phosphore digestible avec les mêmes quantités de phosphore total des aliments mais avec des digestibilités différentes, en utilisant des régimes ne contenant pas de phosphore minéral.

1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

L'essai zootechnique s'est déroulé à la station expérimentale ITP de VILLEFRANCHE DE ROUERGUE. La mesure de digestibilité du phosphore d'une partie des régimes a été effectuée par l'ITCF à la station de Pouline. Les tests de résistance à la rupture des os ont été réalisés au Laboratoire de Nutrition et de Sécurité Alimentaire de l'INRA à JOUY-EN-JOSAS.

Le calendrier des opérations a été le suivant : digestibilité en avril 1995, essai zootechnique de février 1995 à septembre 1995, test de résistance à la rupture fin 1995.

1.1. Les régimes utilisés

Les aliments sont présentés dans les tableaux 1 et 2.

Tableau 1 - Composition des aliments expérimentaux (%)

Traitement	Croissance				Finition			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Blé	61	0	0	0	63,5	0	0	0
Maïs	0	65,1	55,6	65,1	0	67,0	61,5	67,0
Remoulage	5	0	13	0	6,0	0	8,5	0
Son	5	0	5,3	0	5,0	0	4,0	0
Farine basse de riz	2	4,5	0	4,2	0	1,8	0	1,8
Corn gluten feed	0	7,3	0	8,0	0	5,5	0	5,5
Huile	2,4	0	1,5	0	1,5	0	0,7	0
T. Soja 48	22,0	20,3	22,0	20,3	21,8	23,5	23,0	23,5
L. lysine	0,1	0,2	0,1	0,2	0	0,02	0	0,02
Méthionine	0,03	0,03	0,03	0,03	0	0	0	0
Carbonate de Calcium	2,0	2,1	2,0	1,7	1,7	1,7	1,8	1,7
AMV	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Natuphos	0	0	0	0,01	0	0	0	0,01

Tableau 2 - Caractéristiques des aliments (au kg d'aliment standardisé à 86 % MS)

Traitement	Croissance				Finition			
	1	2	3	4	1	2	3	4
EN (kcal)	2365	2370	2365	2375	2370	2370	2360	2370
Lysine (g)	9,9	9,9	10,0	9,9	9,0	8,9	9,0	8,9
P total (g)	4,7	4,4	4,9	4,7	4,3	4,1	4,1	4,05
Activité phytasique mesurée (UP)	820	< 70	750	595	598	135	183	422

L'aliment 1 contient principalement du blé, des issues de blé et du tourteau de soja. Il présente l'activité phytasique la plus élevée. Dans les trois autres aliments, le blé est remplacé par du maïs. Le choix des co-produits de céréales permet de faire varier l'activité phytasique des aliments 2 et 3. Les aliments des traitements 2 et 4 ont une formule identique. Ils diffèrent par leur teneur en phytase, 0,01 % de Natuphos étant ajouté dans l'aliment 4. L'ensemble des aliments dans les deux bandes, est fabriqué à partir des mêmes lots de matières premières.

Les aliments sont présentés en farine. Aucun aliment ne contient de phosphore minéral.

1.2. Essai de digestibilité

Le but de l'essai est de mesurer la digestibilité du phosphore de 4 aliments de type finition. Ces aliments sont utilisés dans l'essai zootechnique de l'ITP (tableau 3). Les matières premières entrant dans les formules sont identiques en croissance et en finition.

Chaque aliment est testé sur 4 porcs mâles castrés croisés, placés en cage à bilan au poids de 70 kg. Après une adaptation de 16 jours de l'animal à sa cage et à son aliment, les fèces sont collectées pendant 5 jours consécutifs. A la fin de la période de collecte les fèces d'un même animal sont homogénéisées puis lyophilisées avant détermination de leur teneur en phosphore.

Pendant toute la période d'essai, les animaux reçoivent un aliment sous forme de farine humidifiée, à l'auge, à raison de 3,5 % de leur poids vif.

1.3. Essais zootechniques

1.3.1. Schéma expérimental

Quatre régimes alimentaires, comportant chacun un aliment de type croissance et un aliment de type finition, sont comparés. Ils diffèrent par leurs matières premières, leur niveau d'activité phytasique et leur teneur en phosphore digestible.

Deux bandes de 160 animaux sont mises en essai dans un bâtiment comprenant 4 salles de 40 animaux. Chaque salle est divisée en deux rangées de quatre loges de cinq animaux.

Un traitement est affecté à une salle avec une rangée de mâles castrés et une rangée de femelles. A chaque rangée correspond un caniveau de récupération du lisier.

1.3.2. Les paramètres mesurés

Des critères individuels sont mesurés par traitement et par sexe : le GMQ, la durée d'engraissement, le pourcentage de muscle, le rendement de carcasse (vingt répétitions par bande).

La consommation d'aliment et l'indice de consommation sont mesurés par loge (quatre répétitions par bande).

Les mesures sur lisier, volume et teneur en phosphore, sont mesurés par rangée, soit une répétition par bande.

1.4. Résistance des os à la rupture (moment de flexion)

Afin d'étudier les relations entre la digestibilité du phosphore et la minéralisation osseuse, des mesures de résistance à la rupture, estimées en terme de moment de flexion, sont réalisées sur 48 paires de métacarpiens III et IV (externes et internes) principaux (96 os), soit 6 mâles castrés et 6 femelles par traitement.

2. RÉSULTATS

2.1. Résultats de digestibilité (tableau 4)

Les coefficients de digestibilité du phosphore mesurés sur les aliments 1 et 4 sont similaires. Avec une moyenne de 51,0 %, ils sont très significativement supérieurs à ceux mesurés sur l'aliment 3 (+ 9,0 points). Le phosphore contenu dans l'aliment 3 présente lui-même une digestibilité significativement supérieure au phosphore contenu dans l'aliment 2 (+ 12,5 points). L'addition de phytases microbiennes améliore significativement la digestibilité du phosphore (+ 69 %). Les animaux consommant l'aliment 2 excrètent en moyenne 33 % plus de phosphore de plus que les animaux consommant les aliments 1, 3 et 4.

L'aliment 1 présente une teneur en phosphore digestible significativement supérieure à celle de l'aliment 3, l'aliment 4 présente une teneur intermédiaire. L'aliment 2 est

Tableau 3 - Schéma expérimental

Traitement	1	2	3	4
P total (g/kg)				
Croissance	4,7	4,7	4,7	4,7
Finition	4,0	4,0	4,0	4,0
Activité phytasique	élevée	faible	moyenne	élevée (1)

(1) phytase ajoutée, sous forme de Natuphos (0,01 %).

significativement le moins riche.

2.2. Résultats zootechniques (tableau 5)

Globalement, dans les deux bandes, les meilleures perfor-

mances sont obtenues avec le traitement 1, les moins bonnes avec le traitement 2 (GMQ inférieur de 10 %, différence significative). L'apport de phytase microbienne permet au traitement 4 d'avoir des performances très proches de celles du traitement 1 (GMQ inférieur de 2,2 % ce qui n'est pas

Tableau 4 - Digestibilité du phosphore (ITCF) (aliment finition)

Traitement	1	2	3	4	CVR (%)
P ingéré (g/j)	9,7	9,1	9,2	9,0	
P excrété dans le lisier (g/j)	4,6a (0,6)	6,4b (0,3)	5,3a (0,2)	4,5a (0,5)	7,8
CUD P (%) (1)	52,3a (5,9)	29,5c (2,8)	42,0b (2,6)	49,8a (5,8)	10,1
P digestible (g/kg MS)	2,6a (0,3)	1,4c (0,1)	2,0b (0,1)	2,3ab (0,2)	10,2

Les résultats affectés de lettres différentes sont significativement différents au seuil $P = 0,05$ (test Newman et Keuls)

$$(1) \text{ CUD de P} = \frac{P \text{ ingéré} - P \text{ excrété}}{P \text{ ingéré}} \times 100 \quad (\text{en italique : écart type})$$

Tableau 5 - Performances zootechniques

Traitement	1	2	3	4	ETR
Première bande					
Croissance					
GMQ (g)	724a	657b	691a	709a	68
IC	2,42a	2,71d	2,57c	2,49b	0,1
Finition					
GMQ (g)	825a	746b	797a	807a	80
IC	2,97a	3,23b	3,04a	2,99a	0,1
Période totale					
Poids début	24,6	24,6	24,6	24,5	0,3
Poids abattage	106,3a	104,4ab	103,8b	105,5ab	3,8
GMQ	771a	698c	740b	754ab	52
IC	2,70a	2,96c	2,80b	2,74ab	0,1
% muscles	57,1a	55,3b	55,7b	56,8a	2,4
Rendement carcasse (%)	77,6	77,7	77,6	78,2	1,5
Durée (j)	106a	114b	108a	108a	7,2
Deuxième bande					
Croissance					
GMQ (g)	737a	663c	692bc	707b	62
IC	2,24a	2,50c	2,39b	2,33b	0,1
Finition					
GMQ (g)	839a	759b	824a	832a	71
IC	2,88a	3,20b	2,94a	2,93a	0,1
Période totale					
Poids début	24,8	24,8	24,8	24,8	0,3
Poids abattage	106,6ab	105,0b	107,8a	107,2a	3,6
GMQ	788a	710b	758a	768a	55
IC	2,58a	2,87c	2,68b	2,65ab	0,1
% muscles	56,1	55,2	55,9	56,2	2,5
Rendement carcasse (%)	77,3a	77,7ab	78,1b	77,4a	1,2
Durée (j)	104	113	110	108	6,9

Les résultats affectés de lettres différentes sont significativement différents au seuil $P = 0,05$ (test de Newman-Keuls)

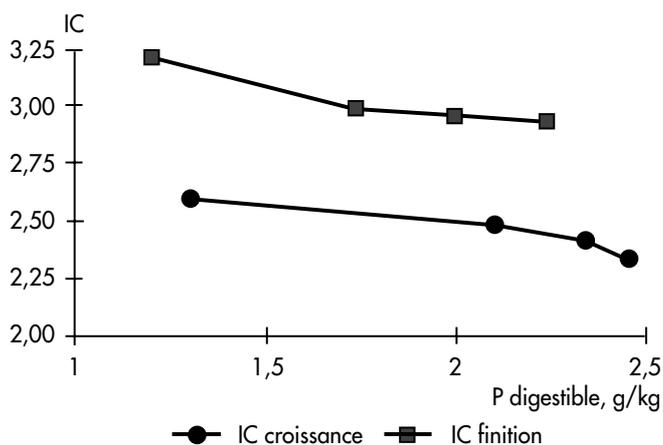
significatif) et améliore significativement, de 7,5 %, les performances par rapport à celles des animaux du traitement 2 qui ont reçu le même aliment, non supplémenté en phytase.

Les résultats du traitement 3 sont intermédiaires, le GMQ étant inférieur de 4 % à celui du traitement 1, de manière significative dans la première bande (4,1 %) mais pas dans la deuxième (3,8 %).

En ce qui concerne l'indice de consommation : le traitement 1 présente le meilleur indice, le traitement 2 le moins bon (supérieur de 10 %). Globalement, les traitements 2 et 3 sont significativement inférieurs au traitement 1. Le traitement 4 est intermédiaire. Il n'est différent significativement ni avec le traitement 1 ni avec le traitement 3.

Il apparaît sur la figure 1, en période de finition, que les valeurs d'indice de consommation atteignent un plateau à partir de 2 g de phosphore digestible par kg. En période de croissance ce plateau n'est pas atteint avec 2,46 g.

Figure 1 - Teneur en phosphore digestible de l'aliment et indices de consommation



2.3. Résultats des rejets en phosphore (tableau 6)

Dans le tableau 6 sont rapportés les résultats moyens des deux bandes pour le bilan entre le phosphore ingéré et le phosphore rejeté. La consommation du phosphore du traitement 1 est inférieure de 2 % à celle des traitements 3 et 4 et de 10 % à celle du traitement 2. Ces différences sont dues à un écart des performances, les durées d'engraissement

moyennes étant respectivement de 104, 113, 110 et 108 jours pour les traitements 1, 2, 3 et 4.

Cela entraîne également un volume de lisier plus important dans le traitement 2, supérieur de 17 % à celui du traitement 1.

Les rejets en phosphore sont plus élevés de 20 % dans le régime 2 par rapport au régime 1. Le fait d'améliorer la digestibilité du régime 2 avec un apport de phytase (régime 4) entraîne des meilleurs résultats zootechniques et permet une diminution des rejets en phosphore dans le lisier de 15 %.

Par rapport au phosphore consommé, le phosphore rejeté dans le lisier représente 61 % dans le régime 2 et 56 % dans les trois autres régimes.

2.4. Paramètres osseux (tableaux 7 et 8, p 282)

Il n'y a pas d'interaction entre sexe et traitement ni entre os et traitement significative, les résultats sont présentés par sexe et par os (valeur moyenne os /porc)

Le poids des métacarpiens des porcs du régime 2 est inférieur ($P < 0,05$) à celui des autres régimes. Ceci est plus net sur les métacarpiens internes ($P < 0,05$) que sur les métacarpiens externes. Les premiers sont significativement plus lourds que les seconds ($P < 0,05$).

Les os sont plus lourds ($P < 0,05$) chez les mâles castrés que chez les femelles. Ceci n'est pas lié au poids d'abattage des animaux, qui n'est pas différent entre les sexes : 104,8 kg pour les mâles castrés et 105,2 kg pour les femelles.

Le régime a un effet significatif sur le moment de flexion des os (test de résistance à la rupture). Le MF du traitement 2 est inférieur ($P < 0,01$) à celui des trois autres, eux mêmes équivalents entre eux. Cependant l'effet est significatif ($P < 0,05$) si l'on ne considère que le métacarpien externe et dans ce cas le traitement 3 est inférieur aux traitements 1 et 4, le traitement 2 est toujours inférieur aux trois autres. Les régimes 1 et 4 ne sont pas différents, cela avec des valeurs d'activité phytasique respectivement de 700 et de 500 UP (tableau 7).

Par ailleurs, il existe un effet linéaire dose réponse entre la phytase végétale et le moment de flexion ; de plus, les mesures de digestibilité et celles de résistance à la rupture sont très fortement corrélées ($r = 0,985$) ($P < 0,01$).

Tableau 6 - Caractéristiques des lisiers et rejets en phosphore (pour 80 kg de gain de poids)

Traitement	1	2	3	4
P. total consommé (kg)	0,948	1,040	0,970	0,963
Volume de lisier (l)	340	400	365	350
Teneur en P du lisier (g/l)	1,56	1,59	1,51	1,54
Rejets P dans lisier (kg)	0,531	0,635	0,552	0,538
Quantité de P_2O_5 dans le lisier (kg)	1,22	1,45	1,26	1,23

Tableau 7 - Moment de flexion et poids des os (métacarpiens) (1)

Traitement	1	2	3	4
Activité phytasique (pondérée) (2)	700	<100	450	500
Moyenne interne- externe				
Poids des os	25,66a	23,73b	25,26a	26,17a
Moment de flexion (N x m)	10,09a	5,58c	9,06b	10,12a
Métacarpien interne				
Poids des os	25,94	24,15	25,92	26,68
Moment de flexion (N x m)	10,96a	6,05b	9,97a	10,95a
Métacarpien externe				
Poids des os	25,38	23,31	24,59	25,67
Moment de flexion (N x m)	9,22a	5,12c	8,15b	9,29a

Les résultats affectés de lettres différentes sont significativement différents au seuil de $P = 0,05$ (Test Newman et Keuls)

(1) $MF = \frac{F \times L}{4}$ F est la force nécessaire à la rupture de l'os (en Newton) quand elle est appliquée dans sa partie médiane. L'os reposant sur deux appuis distants de L (ici $L = 0,03$ m)

(2) Pondération par les quantités consommées en période de croissance et en période de finition.

Tableau 8 - Moment de flexion et poids, métacarpien interne ou externe, mâle castré ou femelle

Métacarpien	Interne		Externe	
	Mâles castrés	Femelles	Mâles castrés	Femelles
Poids (g)	26,36a	24,98b	25,20	24,27
	25,67a		24,74b	
Moment de flexion (N x m)	9,48a		8,71b	

Les résultats affectés de lettres différentes sont significativement différents au seuil $P = 0,05$ (test Nexman et Keuls)

3. DISCUSSION

3.1. Digestibilité

Dans cet essai, la présence de phytase végétale ou microbienne a permis une amélioration de la digestibilité du phosphore de 20 points par rapport à un régime sans phytase. Les références bibliographiques à ce sujet sont nombreuses, POINTILLART (1994) obtient une amélioration du même ordre avec une activité phytasique élevée (jusqu'à 1200 U de phytase végétale/kg d'aliment), EECKHOUT et DE PAEPE (1994) trouvent des chiffres comparables, avec 10 % de remoulage de blé (500 U de phytase/kg).

L'efficacité de la phytase de blé semble inférieure à celle de la phytase microbienne. EECKHOUT et DE PAEPE (1994) notent un écart de 8 points entre la digestibilité du phosphore obtenue avec 500 UP du remoulage de blé et 500 UP de phytase microbienne (respectivement 31 et 39 %. Dans notre essai 500 UP/kg de phytase microbienne sont aussi efficaces que 800 UP de phytase issue de blé (régime 1) et plus efficaces que 500 UP de phytase issue de remoulage (régime 3).

Il existe une relation de proportionnalité entre la digestibilité de P mesurée en finition et l'activité phytasique pondérée par les consommations en croissance et en finition pour les régimes 1, 2 et 3 ($r = 0,995$).

3.2. Résultats zootechniques

La présence ou non de phytase dans l'aliment a permis d'avoir des différences importantes de teneur en phosphore digestible entre les traitements.

Tableau 9 - Teneur des aliments en P total et P digestible, pondérées par les consommations (g/kg)

Traitement	1	2	3	4
Bande 1				
P total	4,40	4,40	4,25	4,40
P digestible	2,30	1,30	1,80	2,20
Bande 2				
P total	4,56	4,30	4,60	4,41
P digestible	2,38	1,26	1,92	2,20

Dans les deux bandes, pour une teneur très proche en phosphore total, les teneurs en phosphore digestible varient de 2,3 - 2,4 g/kg à 1,3 g/kg. En période de croissance comme en période de finition, le déficit en phosphore digestible a un effet très important sur les performances de croissance, GMQ et indices de consommation.

La teneur en phosphore total des quatre régimes est nettement inférieure aux recommandations de l'INRA, de 5,5 à 6 g/kg et de 8,5 g à 14 g/j entre 25 et 100 kg. Avec la méthode factorielle d'estimation des besoins (INRA 1989), pour une croissance de l'ordre de 730 g/j en période de croissance et de 820 g en finition, les apports en phosphore total auraient dû être respectivement de l'ordre de 10,5 g et 12 g alors qu'ils n'ont été que de 8 et de 10 g en moyenne.

En finition les performances de l'animal (indice de consommation) s'améliorent quand la teneur de l'aliment en phosphore digestible augmente jusqu'à un plateau atteint avec 2 g/kg. En période de croissance, l'indice de consommation diminue également quand la teneur en phosphore digestible de l'aliment augmente. Mais dans ce cas le plateau n'est pas atteint à la valeur de 2,5 g/kg. JONGBLOED et BEERS recommandent 1,7 g/kg entre 60 et 100 kg, 2,2 g entre 35 et 60 kg et 3 g avant 35 kg. Avant 35 kg les recommandations ne sont pas respectées dans les 4 régimes et avec des teneurs supérieures aux recommandations entre 35 et 60 kg (régimes 3 et 4) les performances ne sont pas optimales. En finition nous constatons une amélioration des performances au-delà de 1,7 g/kg (régime 3).

Ces résultats posent le problème de l'expression des recommandations en phosphore total ou digestible. La première solution, par mesure de précaution, risque d'entraîner une recommandation excessive en phosphore total. La deuxième solution nécessite une bonne connaissance de l'activité phytasique du régime pour estimer la digestibilité du phosphore. Elle doit tenir compte des différences d'efficacité entre la phytase microbienne et la phytase végétale.

3.3. Rejets en phosphore

La diminution d'excrétion de phosphore dans le lisier est de 15 % pour le régime contenant de la phytase microbienne par rapport au même régime sans phytase. Pour un même type de comparaison, LATIMIER et al (1994) obtient une diminution d'excrétion du phosphore de 28 %, avec une complémentation double en phytase (0,02 % de Natuphos au lieu de 0,01 %).

Le pourcentage du phosphore rejeté par rapport au phosphore ingéré est de 56 % pour les traitements 1, 3 et 4 et de 61 % pour le traitement 2, ceci correspond aux valeurs indiquées par LATIMIER et POINTILLART en 1993 avec des ingestions de phosphore total variables. Dans notre essai, les consommations en phosphore total sont très voisines d'un régime à l'autre. Seul le traitement 2 a une consommation

supérieure, de 8 à 10 % par rapport aux autres régimes ; cela est dû à des performances très pénalisées par une faible digestibilité du phosphore. Exprimée en phosphore digestible la consommation du régime 2 est inférieure respectivement de 45 %, 31 % et 41 % par rapport aux régimes 1, 3 et 4.

L'excrétion en phosphore, supérieure dans le régime 2 est due à la fois à une consommation plus élevée et à une digestibilité moindre du phosphore total.

3.4. Résistance à la rupture des os

L'utilisation de 500 UP de phytase microbienne permet d'avoir une minéralisation osseuse équivalente à celle obtenue avec le régime à base de blé et d'issues de blé, contenant 700 UP de phytase. Le régime 3 avec une activité phytasique à peu près semblable à celle du régime 4 présente une résistance à la rupture et une digestibilité du phosphore inférieures. Ces résultats confirment l'hypothèse exprimée par LATIMIER et al (1994), l'efficacité de la phytase microbienne est supérieure à celle de la phytase végétale.

CONCLUSION

Les performances zootechniques des animaux sont détériorées de manière importante avec des taux de phosphore digestible dans l'aliment insuffisants (1,3 g/kg). Les valeurs retenues pour le régime témoin à base de blé (2,4 et 2,1 g/kg respectivement de 25 à 65 kg et de 65 à 105 kg), si elles permettent de bonnes performances en moyenne, sont limitantes en début d'engraissement et sont satisfaisantes en finition. Ces valeurs peuvent être obtenues dans un régime maïs grâce à l'apport de phytases microbiennes (500 UP/kg) permettant d'obtenir des résultats équivalents à ceux d'un régime à base de blé et d'issues de blé, sans apport de phosphore minéral. De plus cela entraîne une diminution des rejets en phosphore du lisier de 15 % par rapport à un régime à phosphore total identique mais à activité phytasique très faible.

La bonne connaissance de la digestibilité du phosphore liée à l'activité phytasique des régimes permet de diminuer le taux de phosphore total de la ration et de supprimer l'apport de phosphore minéral sur l'ensemble de la période d'engraissement, sans préjudice pour les performances.

REMERCIEMENTS

Nous remercions

- Le Laboratoire de Nutrition et Sécurité Alimentaire (LNSA) de l'INRA, Colette COLIN pour l'analyse de la phytase et la mesure à la rupture, Herminie LACROIX pour l'interprétation statistique et Alain POINTILLART pour l'analyse des résultats.
- le MRE-ACTA pour sa participation financière.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BEERS S., JONGBLOED A.W., 1993. *Feed Mix.* 1 (2) 28-32.
- EECKHOUT W., DE PAEPE M., 1992. *Revue de l'agriculture*, mars-avril, 209-216.
- I.N.R.A., 1989. *L'alimentation des animaux monogastriques : porc, lapin, volailles.* INRA éd. 282 p.
- LATIMIER P., POINTILLART A., 1993. *Journées Rech. Porcine en France.* 25, 277-286.
- LATIMIER P., POINTILLART A., CORLOUER A., LACROIX C., 1994. *Journées Rech. Porcine en France.* 26, 107-116.
- POINTILLART A., 1994. *INRA Prod. Anim.* 7, (1), 29-39.