

# Réduction des rejets en phosphore chez le porc charcutier par la suppression de la supplémentation minérale en phosphore et par l'ajout de phytase microbienne

F. PABOEUF (1), A. POINTILLART (2), A. CORLOUËR (1), Herminie L. LACROIX (2), P. LATIMIER (1)

(1) Chambre d'Agriculture des Côtes d'Armor, Service Recherche et Production  
avenue du Chalutier Sans Pitié, B.P. 540, 22195 Plérin Cedex.

(2) I.N.R.A., Laboratoire de Nutrition et Sécurité Alimentaire - 78352 Jouy-en-Josas Cedex.

(3) École Supérieure d'Agriculture d'Angers - 55, rue Rabelais, B.P. 748, 49007 Angers Cedex.

Avec la collaboration technique de J. Le Pan (1), M. Gautier (1), D. Lesaichere (1), A. Berthelot (3)

## Réduction des rejets en phosphore chez le porc charcutier par la suppression de la supplémentation minérale en phosphore et par l'ajout de phytase microbienne.

La suppression de la supplémentation minérale de phosphore et l'intérêt de l'ajout de phytase microbienne dans l'aliment en phase de croissance et de finition dans une conduite alimentaire de type biphasique ont été étudiés à l'aide de 4 régimes à base de blé. Le premier régime (MinCF) contenait 0,53 % et 0,45 % de phosphore total respectivement en croissance et en finition et était supplémenté en phosphate bicalcique. Le phosphore du second (T) était apporté essentiellement par le blé (et les autres matières premières) soit 0,39 % de phosphore total. Le troisième régime (PhC), analogue au second, était supplémenté en phytase microbienne uniquement en croissance (de 28 kg à 60 kg de poids vif). Enfin, le dernier régime (PhCF) était également comparable au second mais supplémenté en phytase microbienne en croissance et en finition (soit de 28 kg à 108 kg de poids vif). La perte d'activité phytasique suite à la granulation était de 50 à 60 % respectivement pour les régimes PhC et PhCF pour des températures en sortie de presse voisine de 76°C. Les divers régimes ont permis des performances de croissance similaires. Il en était de même pour les caractéristiques des carcasses, excepté une diminution de l'épaisseur musculaire (M2) avec le régime T. Les résistances à la rupture des os des porcs ayant reçu les deux régimes supplémentés en phytase microbienne (PhC et PhCF) étaient voisines et significativement supérieures aux deux autres (MinCF et T). Enfin, les rejets de phosphore des porcs ayant reçu les régimes renfermant de la phytase microbienne (PhC et PhCF) étaient inférieurs respectivement de 9 % au régime T et de 15 % au régime MinCF. L'ensemble de ces résultats suggère que la présence dans l'aliment de phytase d'origine végétale et microbienne, surtout en croissance, permettrait de supprimer l'incorporation de phosphore inorganique dans l'aliment des porcs charcutiers.

## The addition of microbial phytase and the suppression of mineral phosphorus supplements in growing/finishing pig diets were effective in reducing phosphorus excretion

The effects of microbial phytase supplementation during the growing/finishing period (from 28 to 60 kg and from 60 to 108 kg) and the suppression of phosphorus supplementation on growth performance, bone resistance and phosphorus excretion were studied in 120 crossbred pigs (60 castrated males, 60 females). They were allocated to 4 different treatments (MinCF, T, PhC, PhCF). The principal raw material used in the diets was wheat (70 %). MinCF was supplemented with phosphorus (total phosphorus content : 0.53 % during the growing and 0.43 % during the finishing periods, respectively). The second diet T was not supplemented with phosphorus (total phosphorus content : 0.39 %). PhC and PhCF were identical to diet T but supplemented with 500 U.I. phytase "Natuphos"/kg during the growing (PhC) and during the growing/finishing (PhCF) periods, respectively. The loss of phytase activity due to granulation was 50 to 60% for diets PhC and PhCF, respectively, when the exit temperature from the press was about 76°C. The pigs were slaughtered at market body weight (approximately 108 kg) and the following parameters were analysed : average daily gain (ADG), feed conversion ratio (F/G), carcass traits (muscle percentage TVM, backfat thickness G1/G2 and loin muscle thickness M2), bone resistance and excreted phosphorus in manure.

Pigs in the MinCF, T, PhC and PhCF groups had the same mean ADG, F/G and carcass traits (except for the M2 measurement, which was lower in T compared to the other groups). Bone resistance of the 2 metacarpal bones (III and IV) was similar in PhC and PhCF and significantly higher than in the MinCF and T groups ( $P < 0.01$ ). Phosphorus excretion in manure was the same in PhC and PhCF, and lower than that in MinCF (-15%) and T (-9%). These results showed that the presence of plant and microbial phytase activity, especially during the growth period, could avoid the need for phosphorus supplements in the diets of growing/finishing pigs.

## INTRODUCTION

La maîtrise des rejets en phosphore dans les zones à forte concentration d'élevage fait l'objet de nombreux travaux. Les techniques de traitement visant à l'épuration totale ou partielle des effluents sont largement étudiées mais leur développement reste encore limité (COILLARD et TEXIER, 1994). Des mesures préventives de diminution des rejets sont également proposées. Il s'agit notamment de mieux valoriser le phosphore phytique des graines grâce à la présence de phytases, végétale et microbienne (SAUVEUR, 1984 ; POINTILLART et al., 1987 ; EECKHOUT et DEPAEPE, 1992). La réduction de la supplémentation minérale ainsi permise contribue à diminuer l'excrétion de phosphore (CASADO et al., 1993).

En utilisant des matières premières présentant une forte activité phytasique, on peut supprimer la supplémentation minérale de phosphore (POINTILLART et al., 1993). Cependant, peu d'espèces végétales ont une activité phytasique élevée hormis le blé, le seigle et le triticale. L'incorporation de phytase microbienne améliore également

l'utilisation par l'animal du phosphore phytique notamment lorsque les matières premières végétales sont dépourvues de phytase (LATIMIER et al., 1994 ; CHAUVEL et al., 1997).

Les objectifs de ce travail étaient doubles : d'une part, évaluer l'impact de l'absence de supplémentation minérale en phosphore sur les performances zootechniques et sur les rejets des porcs charcutiers alimentés avec des régimes à base de blé ; d'autre part, tester l'utilité d'ajouter de la phytase microbienne en phase de finition dans une conduite alimentaire de type biphasique (un aliment "croissance" et un aliment "finition").

## 1. MATÉRIEL ET MÉTHODE

### 1.1. Schéma expérimental

Quatre régimes différents fabriqués à partir du même lot de blé ont été étudiés à la station expérimentale des chambres d'agriculture de Bretagne située à CRECOM (22) suivant un dispositif en blocs équilibrés :

**Tableau 1** - Composition des régimes étudiés.

	Aliment croissance			Aliment finition		
	MinCF	T	PhC-PhCF	MinCF	T-PhC	PhCF
<b>Matières premières (% brut)</b>						
Blé	74,79	75,00	75,00	78,46	78,62	78,62
Soja Brésil 48	14,34	14,30	14,30	10,12	10,19	10,19
Pois de printemps	5,00	5,00	5,00	5,00	4,99	4,99
Mélasse de canne	2,30	2,50	2,50	3,00	2,99	2,99
L, Lysine	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26
Méthionine DL	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04
Thréonine	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Carbonate de calcium	1,32	1,91	1,91	1,56	1,92	1,92
Phosphate bicalcique	0,94	0,00	0,00	0,58	0,00	0,00
Sel	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
COV 0,5%	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Phytase Natuphos	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01
<b>Valeurs prévues (Brut)</b>						
Matière sèche %	86,36	86,30	86,30	86,18	86,17	86,17
M.A.T. %	16,05	16,51	16,51	15,00	15,00	15,00
Cellulose Weende %	2,67	2,67	2,67	2,52	2,53	2,53
Matière grasse %	1,94	1,94	1,94	1,93	1,93	1,93
Lysine totale g/kg	9,70	9,71	9,71	8,60	8,64	8,64
Lysine digestible g/kg	8,46	8,47	8,47	7,45	7,48	7,48
Méthionine g/kg	2,91	2,91	2,91	2,58	2,58	2,58
Méthionine + Cystine g/kg	6,22	6,22	6,22	5,68	5,70	5,70
Thréonine g/kg	6,41	6,41	6,41	5,70	5,73	5,73
Tryptophane g/kg	2,01	2,01	2,01	1,80	1,81	1,81
Calcium g/kg	8,25	8,25	8,25	8,25	8,24	8,24
Phosphore total g/kg	5,30	3,90	3,90	4,50	3,90	3,90
Phosphore disponible g/kg	2,85	1,20	1,20	2,16	1,15	1,15
Énergie digestible E.D. Kcal	3210	3220	3220	3200	3207	3207
Énergie nette E.N. Kcal	2320	2327	2327	2338	2343	2343

**Tableau 2** - Caractéristiques analytiques des régimes étudiés

Valeurs à l'analyse (Brut)	MinCF	T	PhC	PhCF	MinCF	T	PhC	PhCF
<b>Matière sèche</b> %	84,43	84,63	84,53	84,53	85,97	85,99	85,99	85,87
<b>M.A.T.</b> %	17,10	16,45	16,52	16,52	14,00	15,00	15,00	15,00
<b>Cellulose Weende</b> %	2,26	2,45	2,52	2,52	2,80	2,33	2,33	2,80
<b>Matières grasses</b> %	1,39	1,28	1,50	1,50	1,74	1,40	1,40	1,60
<b>Lysine totale</b> g/kg	9,30	9,10	9,01	9,02	8,10	8,20	8,20	8,00
<b>Calcium</b> g/kg	9,00	9,30	8,90	8,90	9,80	10,70	10,70	12,50
<b>Phosphore total</b> g/kg	5,30	3,80	3,95	3,95	4,60	3,80	3,80	4,00

- MinCF : régime comportant une supplémentation minérale de phosphore de façon à obtenir 0,53 % et 0,45 % de phosphore total dans l'aliment respectivement en croissance et en finition.
- T : régime témoin sans supplémentation minérale de phosphore (0,39 % de phosphore total) ni phytase microbienne.
- PhC : régime sans supplémentation minérale de phosphore (0,39 % de phosphore total) mais supplémenté en phytase microbienne (500 U.P./kg d'aliment de phytase Natuphos) uniquement en croissance (de 28 kg à 60 kg de poids vif).
- PhCF : régime sans supplémentation minérale de phosphore (0,39 % de phosphore total/kg d'aliment) mais supplémenté en phytase microbienne (500 U.P./kg d'aliment de phytase Natuphos) en croissance et en finition (soit de 28 kg à 108 kg de poids vif).

La composition des régimes et leurs caractéristiques analytiques sont rapportées dans les tableaux 1 et 2.

## 1.2. Animaux et logement

Les portées de 18 truies croisées Landrace x Large White inséminées ou saillies par des verrats croisés Piétrain x Large White ont été utilisées pour constituer les lots. La durée moyenne d'allaitement a été de 28 jours. Au sevrage, les animaux ont été tatoués puis ont séjourné 35 jours en post sevrage.

Cent vingt animaux de cette bande ont été mis en lots. La constitution des blocs et l'affectation des animaux dans les loges de 5 ont été réalisées en prenant en compte le poids, le sexe, l'âge à la mise en lot, les origines paternelle et maternelle ainsi que le rang de portée des mères.

Chacun des quatre lots a été élevé en bâtiment fermé, sur caillebotis intégral et placé sur une fosse à lisier préalablement vidée, lavée et désinfectée. La température ambiante à la hauteur des animaux a été contrôlée et maintenue autour de 23,5°C durant toute la période d'engraissement. La ventilation était de type dynamique. La surface disponible et la longueur d'auge par porc étaient respectivement de 0,79 m<sup>2</sup> et 0,37 m.

## 1.3. Conduite alimentaire

Les aliments ont été distribués en granulés et humidifiés à raison de 2,75 litres d'eau/kg dans une auge munie d'un volet obturateur. La ration était apportée en 2 repas suivant un plan d'alimentation établi en énergie nette (NOBLET et al., 1989). Le passage de l'aliment croissance à l'aliment finition a eu lieu 42 jours après la mise en lots, sans transition et à un poids moyen de 60 kg vif.

## 1.4. Variables mesurées

- À chaque fabrication, un échantillon de farine des régimes comportant de la phytase microbienne était prélevé avant la granulation. Les températures à chaud de chaque régime étaient relevées.
- Les animaux ont été pesés individuellement tous les 14 jours, afin d'adapter le plan d'alimentation à leurs besoins ainsi que la veille du départ à l'abattoir après un jeûne de 16 heures. Les consommations d'aliment ont été mesurées par loges. Ces pesées d'animaux et d'aliment ont permis de calculer individuellement les gains moyens quotidiens (G.M.Q.) et collectivement des indices de consommation (I.C.).
- Les caractéristiques individuelles de carcasse ont été exploitées : mesures des épaisseurs de lard dorsal (valeurs G1 et G2), de muscle (valeur M2) et de la teneur en viande maigre (T.V.M.). Les poids de carcasses et les poids vifs à l'abattage ont servi à calculer le rendement de carcasse des animaux.
- Le moment de flexion des métacarpiens principaux (interne III et externe IV) de la patte avant gauche est un critère d'évaluation de la résistance osseuse (POINTILLART et al., 1987) permettant d'apprécier la minéralisation osseuse et donc l'utilisation par l'animal des éléments minéraux ingérés. Ces mesures ont été réalisées par le laboratoire de nutrition et de sécurité alimentaire de l'I.N.R.A., à Jouy-en-Josas, sur 48 porcs charcutiers (2 porcs par loge). Les animaux dont les os ont été analysés ont été choisis suivant leur sexe et leur origine paternelle.
- La production d'effluents était mesurée tous les 14 jours à l'aide d'une réglette graduée. Des échantillons de lisier

**Tableau 3** - Teneurs en phytase, températures en sortie de presse et pertes d'activité phytasique à la granulation des aliments "croissance" et "finition".

		MinCF	T	PhC	PhCF
<b>Blé</b> (U.P./kg)		810			
<b>Farine</b> (U.P./kg) (avant granulation)	croissance			1090	1350
	finition				1350
<b>Granulé</b> (U.P./kg)	croissance	250	150	540	660
	finition	345	190	245	505
	moyenne*	313	177	341	556
<b>Température</b> (°C)	croissance	73,5	73,5	73,9	73,0
	finition	77,5	77,5	76,9	76,9
<b>Pertes à la granulation</b> (%)				50	59

\* Activité phytasique moyenne obtenue par péréquation des quantités d'aliments consommées en croissance et en finition et de leurs activités phytasiques respectives.

propres à chaque régime ont été prélevés au terme de l'essai par carottage puis homogénéisés (Latimier, non publié). Les caractéristiques physiques et chimiques ont été recherchées.

### 1.5. Analyse des données

Les données ont été traitées par analyse de variance suivant un modèle mixte hiérarchisé à l'aide du logiciel STATITCF.

## 2. RÉSULTATS

### 2.1. Influence de la granulation sur l'activité phytasique (tableau 3)

Au moins pendant la croissance, les régimes MinCF et T exempts d'enzyme microbienne ont présenté des activités phytasiques 2 à 3 fois plus faibles que les régimes PhC et PhCF, l'activité phytasique du blé étant importante. Les pertes d'activité phytasique à la granulation étaient de 50 % et 59 % respectivement pour les régimes PhC et PhCF. Ces deux régimes présentaient par ailleurs des activités en accord avec nos attentes respectivement en croissance et en croissance-finition (autour de 500 U.P./kg d'aliment).

### 2.2. Poids et consommation

- À la mise en lot, les castrats pesaient 29,0 kg et les femelles 28,9 kg. Les poids des animaux à la transition et à l'abattage étaient respectivement de 59,6 kg et 109,7 kg pour les deux sexes. Aucune différence significative n'a été observée entre les animaux des divers régimes pour ces deux variables.

- Les consommations alimentaires au cours de chaque période d'engraissement ont été similaires pour les 4 régimes étudiés (1,74 kg/j en croissance, 2,53 kg/j en finition et 2,21 kg/j sur l'ensemble de la période d'engraissement). La consommation des femelles sur toute la phase d'engraissement a été légèrement supérieure à celle des castrats conformément au plan d'alimentation (2,59 kg/j contre 2,49 kg/j).

### 2.3. Gain moyen quotidien et indice de consommation (tableau 4)

- Aucun effet significatif des régimes n'a été observé sur les G.M.Q. des porcs charcutiers durant la période de croissance (G.M.Q. moyen de 733 g, écart maximum NS de 2,4 % en faveur du régime PhC par rapport au régime MinCF) même si les G.M.Q. des castrats des régimes MinCF et T étaient très légèrement inférieurs à ceux des régimes PhC et PhCF (écart moyen NS de 3,3 %).

Il n'y a pas eu d'effet significatif des régimes sur l'I.C. (I.C. moyen de 2,38, écart maximum NS de 2,5 % en faveur du régime PhC par rapport au régime MinCF). Les I.C. des castrats des régimes MinCF et T ont été légèrement supérieurs à ceux des régimes PhC et PhCF (écart moyen NS de 3,1 %). Cette observation est en accord avec celle concernant les G.M.Q. rapportée précédemment pour cette même période.

- Au cours de la phase de finition, les différences de G.M.Q. entre les régimes sont restées non significatives (G.M.Q. moyen de 862 g, écart maximum NS de 1,7 % en faveur du régime MinCF par rapport au régime PhC) ; les castrats du régime PhC ayant les G.M.Q. les plus faibles (écart maximum NS de 5,2 % entre les régimes PhC et PhCF).

De même qu'en période de croissance, il n'y a pas eu d'effet significatif des régimes sur l'I.C. en finition (I.C. moyen de 3,02, écart maximum NS de 1,3 % en faveur du régime PhC par rapport au régime PhCF).

- Enfin, pour toute la période d'essai, les écarts de G.M.Q. entre les régimes n'étaient pas significatifs (G.M.Q. moyen de 808 g, écart maximum NS de 1,0 % en faveur du régime PhCF par rapport au régime MinCF). Il en était de même pour les I.C. calculés sur toute la période d'engraissement (I.C. moyen de 2,77 points, écart maximum NS de 1,4 % en faveur du régime PhC par rapport au régime T). Il n'y a pas eu d'effet significatif du sexe sur les I.C..

**Tableau 4** - Performances de croissance et efficacité alimentaire.

	MinCF	T	PhC	PhCF	Effet régime	Puissance (Régime)	Effet sexe
<b>G.M.Q. 0 - 42 j (g/j)</b>							
Mâles	715	711	744	730	NS	31	
Femelles	734	747	740	749	NS	8	
Sexes confondus	724	729	742	740	NS	18	NS
<b>G.M.Q. 42 j - vente (g/j)</b>							
Mâles	851	857	829	875	NS	25	
Femelles	885	863	876	860	NS	13	
Sexes confondus	868	860	853	868	NS	11	NS
<b>G.M.Q. 0 - vente (g/j)</b>							
Mâles	792	796	795	812	NS	15	
Femelles	818	815	820	814	NS	6	
Sexes confondus	805	805	807	813	NS	9	*
<b>I.C. 0 - 42 j</b>							
Mâles	2,44	2,45	2,35	2,39	NS	20	
Femelles	2,38	2,34	2,36	2,33	NS	9	
Sexes confondus	2,41	2,40	2,35	2,36	NS	28	NS
<b>I.C. 42 j - vente</b>							
Mâles	3,02	3,02	3,06	3,01	NS	17	
Femelles	2,99	3,01	2,94	3,08	NS	25	
Sexes confondus	3,01	3,02	3,00	3,04	NS	17	NS
<b>I.C. 0 - vente</b>							
Mâles	2,80	2,81	2,79	2,76	NS	15	
Femelles	2,76	2,77	2,72	2,79	NS	16	
Sexes confondus	2,78	2,79	2,75	2,77	NS	18	NS

Probabilité sous H0. Risque  $\alpha = 0,05$ . NS : non significatif ; \* : significatif ( $P < 0,05$ ).

#### 2.4. Caractéristiques de carcasses (tableau 5, p70)

- Les épaisseurs de lard des porcs charcutiers (valeurs moyennes de 17,6 mm et 14,8 mm respectivement pour les variables G1 et G2) n'étaient pas différentes d'un régime à l'autre.
- Chez les animaux alimentés avec le régime T, la valeur moyenne M2 était significativement plus faible que pour les 3 autres traitements (54,3 mm contre 57,3 mm en moyenne, écart S de 5,1 %) et cela tant pour les castrats que pour les femelles.
- La teneur en viande maigre n'a pas varié significativement d'un régime à l'autre (valeur moyenne de 60,8 points, écart maximum NS de 1,2 % entre les régimes PhCF et T). Les écarts de T.V.M. entre les 2 sexes ont été significatifs en défaveur des castrats, ces écarts étant plus marqués pour les régimes MinCF, T et PhC que pour le régime PhCF (2,8 points en moyenne contre 1,9 points).

#### 2.5. Résistance à la rupture des métacarpiens (tableau 6, p70)

- Les mesures du moment de flexion indiquaient la moindre résistance des os des animaux ayant reçu les régimes MinCF et T comparativement aux os des animaux des régimes PhC et PhCF supplémentés en phytase microbienne (Résistances moyennes inférieures de 13,7 % et 9,2 %

respectivement pour les métacarpiens internes III et externes IV).

- Les métacarpiens internes (III) des femelles des régimes PhC et PhCF présentaient des résistances à la rupture significativement plus élevées que celles des femelles des régimes MinCF et T (15,97 N.m. contre 12,97 N.m. en moyenne, écart S de 18 %). La même tendance a été observée chez les castrats, les différences n'étant pas significatives. A l'inverse, les résultats des tests réalisés sur les métacarpiens externes (IV) ont montré que l'effet du facteur régime est significatif pour les castrats (1,82 N.m. contre 10,79 N.m. en moyenne, écart S de 8,7 %) mais n'est que tendanciel pour les femelles.
- Globalement, il n'y a pas eu d'interaction significative entre les facteurs sexe et régime sur les mesures de résistance à la rupture, celles des régimes avec phytase microbienne ajoutée étant globalement supérieure ( $P < 0,01$ ) à celles correspondant aux régimes sans cet ajout. De plus, la résistance à la rupture des métacarpiens internes (III) était supérieure ( $P < 0,01$ ) à celle des métacarpiens externes (IV), quel que soit le régime ou le sexe.

- La comparaison des moments de flexion des deux lots de porcs ayant reçu de la phytase microbienne indique que l'ajout de phytase à la fois en croissance et en finition ne conduisait pas à une résistance osseuse accrue par rapport à ceux qui en avaient reçu en période de croissance.

**Tableau 5** - Caractéristiques de carcasse

	<b>MinCF</b>	<b>T</b>	<b>PhC</b>	<b>PhCF</b>	<b>Effet régime</b>	<b>Puissance (Régime)</b>	<b>Effet sexe</b>
<b>Rendement chaud (%)</b>							
Mâles	79,0	78,8	78,8	79,5	NS	27	
Femelles	80,2	78,7	79,2	79,9	NS	56	
Sexes confondus	79,6	78,8	79,0	79,7	NS	44	*
<b>Teneur en viande maigre</b>							
Mâles	59,0	59,1	59,8	60,2	NS	36	
Femelles	62,3	61,6	62,3	62,0	NS	16	
Sexes confondus	60,6	60,3	61,1	61,1	NS	32	*
<b>Épaisseur G1 (mm)</b>							
Mâles	18,6	18,2	18,9	17,5	NS	18	
Femelles	17,4	16,7	16,3	16,8	NS	12	
Sexes confondus	18,0	17,4	17,6	17,2	NS	13	*
<b>Épaisseur G2 (mm)</b>							
Mâles	16,4	16,7	16,0	15,2	NS	25	
Femelles	13,3	13,7	13,6	13,5	NS	06	
Sexes confondus	14,9	15,2	14,8	14,4	NS	16	*
<b>Épaisseur M2 (mm)</b>							
Mâles	54,5	53,4	57,4	55,7	NS	68	
Femelles	59,2	55,2	59,2	57,6	NS	62	
Sexes confondus	56,9a	54,3b	58,3a	56,7a	*	86	*

Probabilité sous H0. Risque  $\alpha = 0,05$ . NS : non significatif ; \* : significatif ( $P < 0,05$ ).

**Tableau 6** - Moment de flexion des deux métacarpiens interne (III) et externe (IV).

	<b>MinCF</b>	<b>T</b>	<b>PhC</b>	<b>PhCF</b>	<b>Effet régime</b>	<b>Puissance (Régime)</b>	<b>Effet sexe</b>
<b>Métacarpiens III (N.m.)</b>							
Mâles	14,2	14,3	15,4	15,7	NS	19	
Femelles	12,4a	13,6a	16,2b	15,8b	*	90	
Sexes confondus	13,3a	13,9a	15,8b	15,8b	*	92	NS
<b>Métacarpiens IV (N.m.)</b>							
Mâles	11,3a	10,2a	11,7b	11,9b	*	90	
Femelles	10,0	10,6	11,6	11,3	NS	32	
Sexes confondus	10,7a	10,4a	11,6b	11,6b	*	79	NS

Probabilité sous H0. Risque  $\alpha = 0,05$ . NS : non significatif ; \* : significatif ( $P < 0,05$ ).

**Tableau 7** - Caractéristiques des lisiers et rejets en phosphore (par porc charcutier).

	<b>MinCF</b>	<b>T</b>	<b>PhC</b>	<b>PhCF</b>
<b>Anhydride total (kg)</b>	1,07	0,99	0,91	0,90
<b>Rejet en phosphore (kg)</b>	0,46	0,43	0,39	0,39
<b>Phosphore ingéré (kg)</b>	1,07	0,85	0,85	0,88
<b>Rejet/ingéré (%)</b>	43	50	45	44

Chez les porcs n'ayant pas reçu de phytase microbienne, la similitude des valeurs des moments de flexion, qu'ils aient été supplémentés ou non en phosphate bicalcique (MinCF et T), indique que cette supplémentation ne conduisait pas à une résistance osseuse supérieure.

## 2.6. Teneurs en éléments fertilisants des lisiers (tableau 7)

Les quantités d'anhydride phosphorique totale des effluents des animaux des régimes PhC et PhCF ont été très proches (autour de 0,90 kg) et inférieures de 15 % aux quantités mesurées dans le lisier des porcs charcutiers du régime MinCF. La valeur obtenue pour le régime T était intermédiaire à celles des régimes MinCF et PhC-PhCF.

Le pourcentage du phosphore rejeté rapporté à celui ingéré était le plus important avec le régime T lequel était aussi le régime ayant présenté, au cours de l'ensemble de la période, la plus faible activité phytasique. Il était de 44 % pour le régime PhCF soit 6 % de moins que le régime T. Les rejets de phosphore des animaux des régimes PhC et PhCF étaient très proches.

## 3. DISCUSSION

### 3.1. Conservation de l'activité phytasique à la granulation

Les pertes d'activité phytasique des régimes PhC et PhCF ont été de plus de 50 % à la granulation. Ces résultats sont supérieurs à ceux décrits jusqu'alors. En effet, COLIN et POINTILLART (non publié) ont observé une perte d'activité phytasique de 30 % au cours de la granulation. LATIMIER et al. (1994) ont constaté également une diminution de 27 % de l'activité lorsque l'aliment était porté à 70 °C. Dans notre essai, nous avons travaillé avec une phytase microbienne présentant la particularité d'être résistante à la chaleur. Les mélanges ont donc pu être portés à des températures plus importantes que celles classiquement appliquées dans ce type d'essai (en moyenne 76°C contre 70°C). D'après le fabricant de Natuphos, à partir de 75°C, une bonne partie de la phytase naturelle serait dégradée. Par contre, la phytase microbienne est préservée.

### 3.2. Performances zootechniques

Dans l'ensemble, les performances de croissance n'ont pas été affectées par la teneur différente de phosphore ou de phytase des régimes. Ce résultat est en accord avec plusieurs essais antérieurs. En effet, d'après LIU et al. (1997), le besoin en phosphore du porc en croissance et en finition pourrait être couvert avec des teneurs compris entre 0,30 % et 0,32 % de phosphore lorsque le régime est correctement pourvu en phytase et ce dès le poids de 20 kg. POINTILLART et al. (1993) ont montré que l'utilisation de matières premières à haute activité phytasique telles que le blé peut permettre de se passer de phosphore minéral sans nuire aux performances de croissance des porcs charcutiers.

Néanmoins, il existe deux tendances qu'il convient de souligner. D'une part, les castrats des régimes PhC et PhCF ont enregistré durant leur première phase d'engraissement des performances de croissance légèrement supérieures à celles des porcs des régimes MinCF et T. Par conséquent, les I.C. des animaux des régimes PhC et PhCF ont été légèrement inférieurs à ceux des régimes MinCF et T. Ce constat est en accord avec les travaux de LATIMIER et POINTILLART. (1993), CHAUVEL et al. (1997), LIU et al. (1997) et CASTAING et al. (1997). D'autre part, les écarts de teneur en viande maigre entre les castrats et les femelles ont été plus faibles avec le régime PhCF et inférieurs aux écarts communément enregistrés à la station expérimentale de CRECOM (22) dans le cadre d'essais antérieurs. En outre, il existait un effet significatif du régime sur l'épaisseur de muscle M2 en défaveur des animaux du régime T. Un effet favorable de l'addition de phytase sur la digestibilité de l'azote et de la lysine a été observé par certains auteurs (ECKHOUT et DE PAEPE, 1992 ; MROZ et al., 1994 ; NASI et al., 1995).

### 3.3. Résistance à la rupture des métacarpiens

Chez les animaux des régimes PhC et PhCF avec phytase microbienne, les os avaient de meilleures propriétés mécaniques. Ce résultat confirme les travaux de POINTILLART et al. (1993), LATIMIER et al. (1994), SIMONS et al. (1990). Ces derniers auteurs réduisaient 25 à 30 % des apports de phosphore total en incorporant de la phytase microbienne à raison de 500 et 1000 U.P./kg d'aliment.

La comparaison des régimes PhC et PhCF suggère que les besoins étaient couverts avec 0,40 % de phosphore en finition et ce sans apport de phytase pendant cette période. En effet, en supposant que le régime PhCF ait contenu davantage de phosphore disponible par rapport au régime PhC, grâce à l'ajout de phytase non seulement en croissance mais aussi en finition, il n'a pas conduit à une résistance à la rupture osseuse supérieure. Ce constat est d'autant plus vrai que l'activité phytasique du régime MinCF a été élevée tout au long de l'essai. Par conséquent, avec des régimes à base de blé, on pourrait se passer de supplémentation minérale et de phytase en finition et un apport de 500 U.P. de phytase/kg d'aliment en croissance pourrait suffire à une bonne utilisation du phosphore phytique.

L'absence de différence significative de résistance osseuse entre les régimes MinCF et T et la moindre minéralisation des os des animaux du régime MinCF comparativement aux régimes PhC et PhCF suscitent des interrogations. D'après CROMWELL et al. (1995) la résistance à la rupture des métacarpiens et des métatarsiens augmente linéairement avec la quantité de phosphore disponible ingérée quotidiennement chez le porc en croissance. La phytase microbienne ajoutée en période de croissance permettrait donc de mettre à la disposition de l'animal une quantité de phosphore disponible supérieure à celle de régimes dans lesquels il n'y a ni phytase ajoutée, ni supplémentation minérale en phosphore. On peut alors s'interroger sur la signification des critères utilisés pour déterminer le besoin optimum de phosphore durant la période d'engraissement des animaux destinés à la boucherie.

### 3.4. Teneurs en éléments fertilisants des lisiers

Comparativement au régime T, la diminution d'excrétion de phosphore est de 9 % pour les régimes PhC et PhCF complémentés en phytase. Ce résultat, ajouté à ceux de la résistance osseuse, montre bien que l'utilisation de phosphore phytique a été améliorée par l'apport d'enzyme microbienne en croissance. Les conclusions des essais de JONGBLOED et al. (1992), BRUCE et SUNDSTOL (1995), O'QUINN et al. (1997) vont dans le même sens. Ces auteurs ont montré par ailleurs que l'ajout de phytase microbienne permet d'améliorer la digestibilité du phosphore du porc en croissance de 15 % à 30 % lorsqu'il est majoritairement sous forme phytique et en absence de phytase végétale. Les écarts entre les régimes T et PhC-PhCF du rapport phosphore rejeté sur phosphore ingéré ont été de 5 % à 6 % et assez proches des gains de digestibilité de 5 % à 10 % observés par HELANDER et al. (1996) cités par BARBEAU et al. (1997), CHAUVEL et al. (1997) avec des régimes à base de blé. Enfin, comparativement au régime MinCF, la supplémentation en phytase a permis de diminuer de 15 % les rejets en phosphore et de ramener à 0,39 kg la quantité de phosphore rejetée par porc charcutier.

### CONCLUSION

L'addition dans les régimes à base de blé de phosphore inorganique contribue à enrichir la quantité de phosphore excrétée dans les effluents des porcs charcutiers. Les effets favorables de l'addition de phytase d'origine végétale et microbienne permettraient, surtout en croissance, de réduire les taux d'incorporation de phosphore dans l'aliment des porcs charcutiers. Toutefois, la mise en pratique de ces résultats reste, en partie, subordonnée à une bonne connaissance de l'activité phytasique des matières premières.

### REMERCIEMENTS

Qu'il nous soit permis de remercier le conseil régional de Bretagne pour sa contribution financière, la société BASF pour les nombreux échanges techniques, l'établissement LE MEN pour les soins apportés à la fabrication des aliments expérimentaux et l'abattoir OLYMPIG pour leur aide aux prélèvements des os. Nous remercions également C. CALVAR, B. LANDRAIN, M. LE BORGNE, J. Y. JEGOU et H. ROY pour leurs conseils avertis dans la rédaction de ce compte rendu.

### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BARBEAU A., AUMAÎTRE A., POINTILLART A., 1997. A.F.M.V.P., 91-110.
- BRUCE J.A.M., SUNDSTOL F., 1995. Can. J. Anim. Sci., 75, 121-127.
- CASADO P., BARRIER-GUILLOT B., MAUPETIT P., JONDREVILLE C., GÂTEL F., 1993. Journée Valicentre, 21, 29-40.
- CASTAING J., CAZAUX J.G., COUDURE R., TUCOU M., 1997. Journées Rech. Porcine en France, 29, 285-292.
- CHAUVEL J., GRANIER R., JONDREVILLE C., WILLIATE I., 1997. Journées Rech. Porcine en France, 29, 277-284.
- COILLARD J., TEXIER C., 1994. Journées Rech. Porcine en France, 16, 141-150.
- CROMWELL G.L., COFFEY R.D., MONEGUE H.J., RANDOLPH J.H., 1995. J. Anim. Sci., 73, 449-456.
- ECKHOUT W., DEPAEPE M., 1992. Rev. Agric., 45, 183-193.
- JONGBLOED A.W., MROZ Z., KEMME P.A., 1992. J. Anim. Sci., 70, 1159-1168.
- LATIMIER P., POINTILLART A., 1993. Journées Rech. Porcine en France, 25, 277-286.
- LATIMIER P., POINTILLART A., CORLOUËR A., LACROIX C., 1994. Journées Rech. Porcine en France, 26, 107-116.
- LIU J., BOLLINGER D.W., LEDOUX D.R., ELLERSIECK M.R., VEUM T.L., 1997. J. Anim. Sci., 75, 1292-1298.
- MROZ Z., JONGBLOED A.W., KEMME P.A., 1994. J. Anim. Sci., 72, 126-132.
- NASI J.M., HELENDER E.H., PARTANEN K.H., 1995. Anim. Feed Sci. Technol., 56, 83-98.
- NOBLET J., HENRY Y., DUBOIS S., 1989. Nouvelles bases d'estimation des teneurs en énergie digestible métabolisable et nette des aliments pour le porc. INRA Ed., Paris.
- O'QUINN P.R., KNABE D.A., GREGG E.J., 1997. J. Anim. Sci., 75, 1299-1307.
- POINTILLART A., FOURDIN A., FONTAINE N., 1987. J. Nutr., 117, 907-913.
- POINTILLART A., COLIN C., LACROIX C., RADISSON J., 1993. Journées Rech. Porcine en France, 25, 233-238.
- SAUVEUR B., 1984. Nutr. Rep. Int., 29, 911-919.
- SIMONS P.C.M., VERSTEEGH H.A.J., JONGBLOED A.W., KEMME P.A., SLUMP P., et al., 1990. Brit. J. Nutr., 64, 525-540.