

## INFLUENCE DE L'APPORT DE PHOSPHORE (0,4 - 0,5 - 0,6 %) SUR LES PERFORMANCES, LES REJETS DE PHOSPHORE ET LA MINÉRALISATION OSSEUSE CHEZ LE PORC CHARCUTIER

P. LATIMIER (1), A. POINTILLART (2)

(1) E. D.E. des Côtes d'Armor - BP 540, 22195 Plérin Cédex

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

*Étude concertée avec les organisations professionnelles et techniques de Bretagne.*

avec la collaboration de : C. CHATELIER (I.T.P.) - A. CORLOUER, J. LE PAN, M. GAUTIER, D. LESAICHERRE (E.D.E 22) - Colette COLIN, Claire LACROIX, (I.N.R.A. Jouy-en-Josas)

Trois groupes de porcs croisés ont été alimentés au cours de la période croissance-finition avec des régimes à base de blé, différant essentiellement par leur teneur en phosphore : R1, 0,4 % ; R2, 0,5 % et R3, 0,6 %. Les objectifs de l'essai étaient d'évaluer :

- les performances zootechniques (carcasses incluses)
- la résistance à la rupture et la minéralisation des os (métacarpiens)
- les rejets phosphatés.

Pour l'ensemble de la période étudiée, les performances de croissance se situaient aux environs de 800 g/j, quels que soient les régimes, crédibilisant ainsi l'intérêt de l'étude. Globalement, les performances de croissance, l'indice de consommation et la qualité des carcasses n'étaient pas notablement modifiés par la teneur en P des régimes. Cependant, durant la période de croissance, le GMQ et l'IC des groupes R2 et R3 étaient significativement supérieurs à ceux observés avec le régime R1 lequel n'était pas supplémenté en phosphore et présentait une activité phytasique négligeable. La résistance à la rupture des métacarpiens augmentait parallèlement à la teneur en phosphore des régimes. La teneur en cendres, rapportée au volume osseux, était significativement diminuée chez les animaux du régime R1 tandis que le poids total des cendres était significativement supérieur chez ceux ayant reçu l'apport de P le plus élevé (R3). La densité apparente, et les cendres en % de la M.S. osseuse n'étaient pas affectées significativement par les trois régimes.

Les quantités de P rejetées dans les effluents étaient respectivement de 0,99, 1,12 et 1,49 Kg/animal pour R1, R2, et R3, soit un écart de 33 % entre les 2 extrêmes. Ces résultats suggèrent que le régime à 0,5 % de P peut tout à fait satisfaire aux exigences de la période croissance-finition et assurer d'excellentes performances. Par conséquent, des économies importantes de phosphore sont possibles, ce qui devrait entraîner une réduction de la pollution phosphorée.

### **Effects of three levels of dietary phosphorus (0.4 - 0.5 - 0.6 % P) on performance, carcass traits, bone mineralization and excreted phosphorus of growing-finishing swine.**

Hundred-and-eight 10 - week old crossbred pigs (54 castrated males, 54 females) were initially allotted to three dietary levels of phosphorus - 0.4 (R1), 0.5 (R2), and 0.6 (R3) % P - to determine the effects of the different levels on average daily gain (ADG), feed to gain (F/G), carcass traits, certain bone parameters (bending moment and ash contents) and phosphorus excreted in manure. The diets mainly consisted of wheat and wheat by-products. The three different levels of total P were obtained by altering dicalcium phosphate incorporation from 0 (R1) to 0.8 % (R3). The pigs were slaughtered at market body weight (near 100 Kg). During the initial 6 - week growth period, ADG AND F/G were significantly decreased in the low -P fed pigs (R1). Thereafter, during the finishing period these changes disappeared. No differences in performance were observed for the total growing-finishing period between the groups R1 and R2 whereas F/G was slightly but significantly lower in the 3rd group (R3). Mean ADG (near 800 g/day) over the whole period was similar for the 3 groups. At slaughter, no effects of dietary P levels on carcass traits (muscle percentage, backfat thickness, dressing percentage) were detected. The bending moments of the metacarpal bones (III and IV) increased linearly as the dietary P level increased.

Ash to bone volume and ash bone weight were significantly decreased in the low - P fed pigs (R1). Ash bone weight was greater in the high-P fed pigs (R3) than in the 2 other groups (R1 and R2). There was no effect of dietary treatments on apparent bone density and ash to bone dry matter. The amounts of phosphorus excreted in manure were 0.99 ; 1.12 and 1.49 Kg/pig for treatments R1, R2 and R3 respectively. Thus, the maximal shift was 33 %.

These results suggest that a 0.5 % P diet may satisfactorily allow good performance during the growing-finishing period. This results markedly reduced in a amount of phosphorus in the excreta. Phytase activities of the diets and dietary components were also analysed and discussed.

## INTRODUCTION

Dans certaines zones à forte concentration de production porcine, le développement, ou le maintien du potentiel existant est étroitement lié aux rejets polluants : azote, phosphore.

Deux voies sont engagées pour résoudre le problème : l'une préventive consiste à réduire l'ingestion des éléments en cause pour limiter les rejets, l'autre curative concerne le traitement des déjections.

En raison de la réglementation française en vigueur, l'azote reste la cible prioritaire, et à titre préventif nous avons contribué à améliorer la situation (LATIMIER, CHATELIER, 1992). Le phosphore aussi est un élément polluant et depuis quelques années, l'INRA attire l'attention sur la nécessité et la possibilité de réduire les apports (POINTILLART, SAULNIER, GUÉGUEN 1988)

Au cours d'une enquête, réalisée en 1990 par les EDE de Bretagne (CALVAR, DUMORTIER, LATIMIER) auprès des fabricants d'aliment du bétail, une réduction de 8 % de la teneur en phosphore des aliments porcs charcutiers a été observée par rapport à une étude du CEMAGREF en 1987, sans que cela ait entraîné des conséquences perceptibles au niveau des

élevages.

Ce taux reste néanmoins proche de 0,6 % et il nous est apparu nécessaire de vérifier, dans des conditions de performances satisfaisantes, l'incidence d'une réduction de cet apport.

Pour comparer les régimes, nous nous sommes fondés sur les résultats obtenus à l'INRA de Jouy (POINTILLART et al., 1984-1991, FOURDIN et al., 1986 - 1988) et ceux de MAURY et COLIN, (1979).

Les régimes étudiés comportaient une proportion de blé proche de 40 % en croissance et davantage en finition, l'activité phytasique ayant été déterminée.

## 1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

### 1.1. Schéma expérimental

Les régimes R1, R2, R3 (tableau 1 et 2) correspondaient à trois teneurs différentes de phosphore total : R1 0,4 %; R2 0,5 %; R3 0,6 %; le facteur sexe a été pris en compte.

Tableau 1 - Composition des régimes

Matières premières	Croissance			Finition		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Blé	40,63	42,59	42,22	55,21	51,43	51,01
Orge	14,46	/	/	2,20	/	/
Remoulage bis	/	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Son fin de blé	/	5,00	5,00	/	5,00	5,00
T. de soja 48 Brésil	11,40	11,00	11,00	/	/	/
T. de colza 00	2,20	1,00	1,00	2,60	6,00	6,00
Pois de printemps	25,00	25,00	25,00	25,00	21,60	21,70
Graisse animale	/	1,00	1,15	0,50	1,50	1,60
Mélasses de canne	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Lysine base	/	/	/	0,09	0,065	0,065
DL Méthionine	0,01	0,02	0,02	0,03	0,015	0,015
Carbonate de calcium (1)	1,00	0,90	0,55	1,07	0,86	0,50
Phosphate bicalcique (2)	/	0,19	0,76	/	0,23	0,81
Sel	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
COV 1 % (3)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

(1) Carbonate de calcium = 37,8 % de Ca à l'analyse

(2) Phosphate bicalcique = 17,5 % de P à l'analyse

(3) COV = Complexe oligo-éléments et vitamines étudié pour les aliments croissance finition par le fournisseur de notre élevage (référence normes INRA).

A la mise en lot, les animaux ont été répartis par sexe, avec prise en compte du poids et des origines génétiques, selon un dispositif en blocs individuels. Un bloc individuel est constitué de 3 castrats et 3 femelles affectés à chacun de trois traitements soit au total 18 blocs individuels. L'objectif premier de cet essai était de déterminer les conséquences pour les performances zootechniques (incluant l'examen des carcasses), la résistance

et la minéralisation des os, d'un apport alimentaire de phosphore minéral (et total) décroissant allant jusqu'à la suppression complète de l'incorporation de phosphate bicalcique.

En complément, une estimation des rejets de P a été établie à partir des volumes, et des caractéristiques après analyse des effluents.

**Tableau 2** - Caractéristiques analytiques et valeur énergétique des régimes expérimentaux

Aliment	Croissance			Finition		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
<b>Régimes</b>						
<b>Valeurs prévisionnelles (g/Kg)</b>						
Matière Azotée totale	177	176	175	140	145	145
Lysine	9,5	9,5	9,5	7,5	7,5	7,5
Méthionine + Cystine	5,8	5,75	5,68	5,0	5,2	5,2
Thréonine	6,37	6,30	6,29	4,85	5,11	5,11
Tryptophane	2,04	2,00	1,99	1,50	1,61	1,61
Cellulose brute	38	40	40	35	39	39
Matière grasse	18,3	30,5	32	24,9	35,5	36,5
Amidon (Hydr. Acide)	410	375	373	446	406	405
N.D.F.	105	130	130	113	122	122
Calcium	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5
Phosphore total	4	5	6	4	5	6
Phosphore digestible(1)	1,4	1,95	2,67	1,48	1,97	2,69
Énergie digestible Kcal/Kg)	3165	3173	3173	3158	3153	3150
Énergie nette E.N. 19 (Kcal/Kg)	2300	2295	2298	2369	2344	2343
<b>Valeurs à l'analyse (g/Kg)</b>						
Matière sèche	877	875	874	866	865	870
Matière azotée totale	186	185	187	148	154	156
Lysine	9,5	9,5	9,4	7,2	7,2	7,4
Matière grasse	17,5	26	28	31	40	42
Cellulose brute	42	48	42	37	41	43
Amidon	422	398	378	462	435	436
N.D.F.	117	144	130	110	127	130
Calcium	9,6	8,8	8,9	8,5	9,6	10,5
Phosphore total	4,2	4,7	5,5	3,9	4,7	5,8
dont P minéral	0	0,33	1,33	0	0,4	1,42

(1) Calculé d'après WEEVOEDERTADEL CENTRAAL WEEVOEDERTADELBUREAU LELYSTAD

## 1. 2. Conduite de l'alimentation

Les aliments granulés étaient distribués secs dans l'auge munie d'un volet obturateur, puis humidifiés à raison de 2,5 litres d'eau par Kg. Les animaux recevaient deux repas par jour à l'exception du dimanche où une seule distribution était effectuée. Le plan d'alimentation était calculé en énergie nette (EN) (NOBLET et al. 1989, équation 19), en fonction du poids vif, sur la base de 96 % du plan de rationnement proposé par ITP, ITCF, AGPM (1992). Le niveau d'alimentation était plafonné à 5 920 Kcal EN à partir de 65 Kg pour les mâles castrés et à 6 500 Kcal EN à partir de 75 Kg pour les femelles. Le passage de l'aliment de croissance à l'aliment de finition s'est effectué au poids moyen de 60 Kg.

## 1. 3. Animaux et logement

Les animaux mis en expérience provenaient de l'élevage expérimental de l'EDE des Côtes d'Armor. Ils étaient issus d'un croisement de père Large-White x Piétrain, et de mère Large-White x Landrace. Tous les animaux provenaient de la même bande, l'âge moyen étant de 68 jours avec un écart maximal entre individus de 7 jours. Au cours de l'expérience, ils étaient élevés en sexes séparés à raison de 6 porcs par loge, en bâtiment fermé et sur caillebotis intégral, la température ambiante étant en moyenne de 23,5°C à la hauteur des animaux. La surface disponible était de 0,66 m<sup>2</sup> par porc avec un accès à l'auge de 31 cm/porc.

Chacun des trois lots, correspondant à 36 animaux au total,

était placé sur une fosse à lisier préalablement vidée et lavée. La ventilation était de type dynamique avec une extraction de l'air par une gaine située au niveau de la fosse à lisier.

#### 1. 4. Paramètres mesurés.

##### 1.4.1. Performances et paramètres osseux

Les animaux étaient pesés tous les 14 jours, et avant le départ à l'abattoir après un jeûne de 16 heures. À l'abattage les mesures suivantes étaient effectuées sur les carcasses par UNIPORC OUEST : poids de la carcasse, épaisseurs de lard dorsal (X2, X4) et épaisseur de muscle (X5). La teneur en muscle est ensuite calculée à partir de ces valeurs :  
Teneur en muscle (%) =  $57,399 - 0,33 X2 - 0,441 X4 + 0,193 X5$ .

Les deux métacarpiens principaux (III et IV) de la patte droite ont été prélevés chez 12 animaux par régime, (moitié castrats et moitié femelles) pour mesurer la densité et le moment de flexion paramètre en relation avec la résistance à la rupture,

(POINTILLART et al., 1987) puis le contenu en cendres. Ces individus ont été désignés à la mise en lot pour éviter tout choix susceptible d'influencer les résultats.

Un seul animal est mort en fin d'essai à 93 Kg et ses performances zootechniques ont été intégrées dans les résultats, mis à part les paramètres de carcasse estimés par la méthode de Yate

##### 1.4.2. Contrôle des aliments

À chaque livraison d'aliment un échantillon était prélevé, et analysé. La consommation d'aliment était déterminée en fonction du plan de rationnement et ajustée chaque semaine. La consommation d'eau était enregistrée par auge et par repas.

Activité phytasique : à chaque fabrication d'aliment, chacune des matières premières ainsi qu'un échantillon du mélange, ont été prélevés avant et après granulation afin de mesurer leur activité phytasique. (tableau 3)

**Tableau 3** - Activité phytasique des matières premières et des régimes (en UI/g, 1 UI = 1 µmole de P libéré à 37°C/mn à pH 5,2)

Variation de l'activité phytasique des matières premières						
Ingrédients	Aliment		Aliment Finition			
	Croissance		Fabrication 1	Fabrication 2		
Blé	0,6		0,4	0,7		
Remoulage	2,1		2,2	1,3		
Son fin	1,6		1,1	0,4		
Pois	0,1		0,2	0,2		
Tourteau de colza	0,2		0,15	0,2		
Tourteau de soja	0,1		0,1	0,1		
Orge	0,1		0,2	1,0		
Variation de l'activité phytasique des aliments						
Aliment	Activité mesurée dans l'aliment		Perte à la granulation %	Activité calculée (1)		
	Avant granulation	Après granulation				
Croissance	R1	0,15	0,10	33	0,3	
	R2	0,26	0,15	42	0,5	
	R3	0,20	0,10	50	0,5	
Finition	Fabrication 1	R1	0,26	0,10	62	0,5
		R2	0,25	0,10	60	0,5
		R3	0,20	0,16	20	0,5
	Fabrication 2	R1	/	0,10	/	0,55
		R2	0,40	0,15	63	0,5
		R3	0,24	0,25	0	0,5

(1) à partir des valeurs mesurées sur les matières premières et leur taux d'incorporation dans l'aliment composé.

##### 1.4.3. Effluents

À chaque pesée des animaux le volume de lisier produit était

relevé, pour chaque fosse, à l'aide d'une règle graduée.

En fin d'essai des prélèvements d'effluents pour chaque lot

R1, R2, R3, ont été effectués à l'aide d'une sonde mise au point à cet effet (LATIMIER, non publié). Cette sonde permettait d'obtenir, à chaque carottage, un échantillon sur toute la hauteur du lisier. Pour chaque régime, 24 prélèvements répartis dans 4 loges sur 6, ont été collectés puis homogénéisés avant analyse.

### 1. 5. Analyse statistique des données.

Les données ont été traitées à l'aide du logiciel STAT-ITCF. L'unité expérimentale était l'animal pour les mesures individuelles (croissance, composition corporelle, paramètres osseux, et la loge pour les mesures collectives (consommation journalière, indice de consommation).

## 2. Résultats

### 2. 1. Poids et consommation

À la mise en lot les castrats pesaient 28,3 Kg et les femelles 27,4 Kg. L'écart moyen entre lots était inférieur à 0,1 Kg. La

période «croissance» concernait les six premières semaines. Les animaux pesaient en moyenne 57 Kg à la fin de cette période. Les poids d'abattage n'étaient pas significativement différents : 101,8 Kg (R1), 101,3 Kg (R2), et 103,2 Kg (R3).

Pour la période totale d'engraissement, les consommations étaient assez proches pour les 3 lots : 2,16 - 2,21 - 2,19 Kg / jour chez les castrats et, 2,23 - 2,24 - 2,26 Kg chez les femelles, pour R1, R2 et R3 respectivement, en raison du plan d'alimentation propre à chaque sexe. Durant la phase croissance, aucune différence statistiquement significative existait entre lots et entre sexes. En finition, la consommation était plus élevée pour les femelles en conformité avec le plafond plus élevé prévu.

### 2. 2. Croissance et Indice de Consommation (tableau 4)

- **Au cours de la première période**, (42 jours) les animaux du lot R1 ont accusé un retard de croissance de 8,9 % sur R3, 10,5 % sur R2 tous sexes confondus. Cet écart, statistiquement significatif, va bien au delà des écarts de consommations constatés, situés entre 1,7 % et 2,8 %.

**Tableau 4** - Performances d'engraissement (croissance, indice de consommation)

	Période	Régime Sexe	R1	R2	R3	Interprétation statistique(P sous Ho)(1)		
						CV %(2)	Effet régime	Effet sexe
G. M. Q.	Croissance 0 - 42 j	Castrats	668	736	702			
		Femelles	645	733	741			
		Castrats + Femelles	657(b)	734(a)	721(a)	10,7	0,0001(***)	0,766 NS
	Finition de 42 j à la vente	Castrats	870	825	834			
		Femelles	887	888	951			
		Castrats + Femelles	879	857	896	10,6	0,26 NS	0,0005(***)
	Période totale Mise en lot à la vente	Castrats	778	785	774			
		Femelles	781	811	854			
		Castrats + Femelles	779	798	814	8,6	0,106 NS	0,007(**)
I.C.	Croissance 0 - 42 j	Castrats	2,60	2,43	2,52			
		Femelles	2,62	2,30	2,36			
		Castrats + Femelles	2,61(a)	2,37(b)	2,44(b)	3,4	0,0018(**)	0,042(*)
	Finition de 42 j à la vente	Castrats	2,91(c)	3,14(a)	3,05(ab)			
		Femelles	3(b)	3,12(a)	2,85(c)			
		Castrats + Femelles	2,96(b)	3,13(a)	2,95(b)	1,4	0,0001(***)	0,051 NS
	Période totale mise en lot à la vente	Castrats	2,79	2,84	2,84			
		Femelles	2,87	2,78	2,65			
		Castrats + Femelles	2,83(a)	2,81(a)	2,75(b)	1,4	0,0083(**)	0,0081(**)

(1) Probabilité sous Ho = Hypothèse d'égalité des moyennes des traitements NS = non significatif = rejet de Ho pour P < 0,05

(2) Coefficient de variation résiduel en %

(3) Les valeurs portant en indice des lettres différentes sont significativement différentes pour P < 0,05.

Les moindres performances du régime R1 affectaient les femelles et les castrats, les femelles étant plus sensibles puisque l'écart entre R1 et les deux autres régimes était de 12 % et 13 %, celui-ci étant pour les castrats, de 5 % et 9 % (comparés à R2 et R3 respectivement). L'indice de consommation était significativement plus élevé pour R1, suivant la tendance à la dégradation observée pour le GMQ, avec des écarts en valeur relative sensiblement identiques, que les deux sexes soient confondus ou pris séparément.

- **Durant la phase « finition »**, la croissance était similaire avec les trois lots, sexes confondus. Chez les castrats du lot R1, la croissance était supérieure de 4,3 % à 5,4 % à celles observées avec les deux autres lots. Chez les femelles, R1 était comparable à R2, mais inférieur de 6,7 % à R3 présentant une croissance élevée (951 grammes par jour). L'indice de consommation était identique pour R1 et R3 et significativement plus élevé de 5,7 % pour R2. Le régime R1 a donc permis durant la phase finition des performances comparables aux deux autres.

- **Pour toute la durée de l'essai**, tous sexes confondus, les GMQ observés avec les 3 régimes étaient pratiquement iden-

tiques. Les castrats présentaient des croissances similaires avec les 3 régimes. Chez les femelles la croissance augmentait avec la teneur en phosphore : R1 était inférieur de 8,5 % à R3 et de 3,6 % à R2, l'exceptionnelle performance des femelles du groupe R3 (854 grammes) étant à souligner.

L'indice de consommation était similaire pour R1 et R2, mais significativement amélioré pour R3. Chez les castrats, comme pour le GMQ, il existait une certaine uniformité de l'IC entre régimes. Chez les femelles, on retrouvait les mêmes écarts observés en croissance avec sensiblement la même amplitude.

### 2.3. Caractéristiques des carcasses (tableau 5)

Les différents critères analysés : rendement, teneur en muscle et ses composantes, X2, X4, X5 n'ont pas permis de mettre en évidence un quelconque effet régime. L'effet sexe était significatif (femelles > castrats). Il était observé une certaine uniformité de rendement entre régimes chez les castrats mais une différence plus substantielle chez les femelles (+ 1,05 point : R1-R3). La teneur en muscle était très proche pour les trois traitements tous sexes confondus, l'effet sexe étant significatif (femelles > castrats).

Tableau 5 - Caractéristiques des carcasses

Période	Régime Sexe	R1	R2	R3	Interprétation statique (P sous Ho)(1)		
					CV % (2)	Effet régime	Effet sexe
Rendement % Poids chaud Poids vif	Castrats	81,83	81,7	82,15	1,7	0,26 NS	0,025 (*)
	Femelles	83,18	82,23	82,13			
	sexes confondus	82,51	81,96	82,14			
% Muscle Uniporc Ouest (3)	Castrats	53,07	53,08	53,42	5,2	0,596 NS	0,0002 (***)
	Femelles	55,10	55,08	55,93			
	sexes confondus	54,09	54,08	54,67			
Épaisseur de lard X2 (mm) (4)	Castrats	20,44	21,22	19,50	17,4	0,087 NS	0,13NS
	Femelles	19,78	20,12	18,28			
	sexes confondus	20,11	20,67	18,89			
Épaisseur de lard X4 (mm) (5)	Castrats	18,22	18,83	18,61	16	0,48 NS	0,0023(**)
	Femelles	17	17,43	16,06			
	sexes confondus	17,61	18,13	17,33			
Épaisseur de côtelette X5 (mm)(6)	Castrats	55,83	57	55,39	10,7	0,89 NS	0,031 (**)
	Femelles	60,72	58,24	60,22			
	sexes confondus	58,28	57,62	57,81			

(1) Signification voir tableau 4

(2) Coefficient de variation résiduel en %

(3) Calculé selon l'équation :  $Y = 57,329 - 0,33 X2 - 0,441 X4 + 0,193 X5$

(4) X2 épaisseur de lard entre 3ème et 4ème vertèbre lombaire à 8 cm de la fente

(5) X4 épaisseur de lard entre 3ème et 4ème sous dernière côte à 6 cm de la fente

(6) X5 épaisseur de muscle entre 3ème et 4ème sous dernière côte à 6 cm de la fente

### 2.4. Résistance à la rupture et minéralisation osseuse (tableau 6)

Au cours de la durée d'engraissement, aucun animal, quel que soit le régime, n'a manifesté de troubles locomoteurs.

Le régime le plus bas en phosphore a entraîné une diminution significative du poids total des cendres, de la résistance à la rupture (exprimée en terme de moment de flexion) et une raréfaction osseuse, exprimée par la chute significative du contenu en cendres ramené au volume osseux. Par contre le

contenu en cendres ramené à la matière sèche osseuse n'était pas affecté.

Ces effets sont indépendants du sexe, excepté pour le moment de flexion, les femelles étant plus affectées que les castrats.

Avec le régime R2 à 0,5 % de P, seul le poids total des cendres

était significativement diminué par rapport à celui du régime le plus riche en P (R3), les autres paramètres étant comparables avec ceux de ce dernier régime.

La densité apparente (rapport poids frais de l'os entier sur son volume apparent) n'était pas significativement modifiée par les traitements.

**Tableau 6 - Résistance et minéralisation des deux métacarpiens**

	Régime Sexe	R1	R2	R3	Interprétation statique (P sous Ho)(1)		
					CV % (2)	Effet régime	Effet sexe
Poids de Cendres des 2 os, (g)	Castrats Femelles Sexes confondus	13,5 13,1 13,3(b)	13,6 13,2 13,4(b)	14,8 14,6 14,7 (a)	8,6	0,011 (*)	0,40 NS
Cendres % MS osseuse (3)	Castrats Femelles Sexes confondus	44,9 44,4 44,6	44,8 46,3 45,6	46,7 45,8 46,3	4,6	0,168NS	0,98 NS
Cendres (3) g / 100 cm <sup>3</sup> d'os	Castrats femelles Sexes confondus	33,8 33,3 33,5(b)	35,7 37,2 36,4(a)	37,0 36,1 36,6(a)	8,4	0,03(*)	0,95 NS
Densité apparente (3) (g / cm <sup>3</sup> )	Castrats Femelles Sexes confondus	1,24 1,23 1,23	1,24 1,26 1,25	1,25 1,25 1,25	3,7	0,54 NS	0,74 NS
Moment de Flexion N x m (4)	Castrats Femelles Sexes confondus	12,5 9,8 11,2(b)	12,5 12,2 12,4(ab)	13,2 12,3 12,7(a)	12,4	0,041(*)	0,014(*)

(1) Signification : Cf tableau 4

(2) Coefficient de variation résiduel en %

(3) Moyennes établies à partir des mesures avec les 2 os

(4) Moment de flexion = F (force nécessaire à la rupture, Newton) x L (distance, en mètre, entre les 2 supports sur lesquels repose l'os) x 1/4 (d'après Crenshaw et al., 1981).

À noter que le «moment de flexion» variait parallèlement aux apports de phosphore, le plus faible correspondant au régime le plus pauvre en phosphore et le plus fort à celui le plus riche. Ce «moment de flexion» était faiblement corrélé avec les cendres rapportées à la MS (0,44) ou au volume osseux (0,44), et au contenu total des cendres (0,6). La densité était fortement corrélée (0,75) avec la teneur en cendres rapportée au volume.

L'analyse séparée des vitesses de croissance, et des poids vifs à l'abattage des porcs ayant été utilisés pour les prélèvements osseux n'a pas fait apparaître de différence avec les lots analysés dans leur totalité.

## 2.5. Quantités et caractéristiques des effluents

### 2.5.1. Volume et caractéristiques (tableau 7)

Le volume d'effluent mesuré en fin d'essai était respectivement de 329, 315, 314 litres par porc pour R1, R2, R3.

Les teneurs en azote étaient très proches et ce en cohérence

avec un taux identique de protéines pour ces trois régimes et une conversion alimentaire similaire. Comme pour l'azote, la teneur en potasse des effluents était sensiblement la même pour les trois régimes avec une tendance à la réduction pour R1 (-3 % par rapport à la moyenne). Pour le phosphore, la proportion variait corrélativement à la richesse des régimes en cet élément, avec un écart de 37 % entre les extrêmes par rapport à la concentration la plus élevée.

**Tableau 7 - Caractéristiques des effluents à la fin de l'essai**

Régimes	R1	R2	R3
Caractéristiques			
Matière sèche %	7,45	8	8,25
Azote total %	0,795	0,805	0,80
Phosphore (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) %	<u>0,30</u>	<u>0,355</u>	<u>0,475</u>
Potasse (K <sub>2</sub> O) %	0,53	0,565	0,55

### 2.5.2. Eléments fertilisants produits par porc

La quantité d'azote restant dans l'effluent en fin d'essai approchait 2,5 Kg. La quantité d'azote volatilisée dans l'atmosphère, obtenue par différence entre l'ingéré, ce qui était stocké par le porc, et ce qui était estimé dans l'effluent, représentait près de 1 Kg soit 26 à 30 % de ce qui était excrété. Le phosphore ingéré, exprimé en  $P_2O_5$ , prenant en compte la teneur réelle des aliments analysés et les quantités consommées par lot, était respectivement de 1,94 - 2,18 et 2,67 Kg, pour R1, R2, R3. La quantité stockée par le porc moyen de chaque régime a été déterminée en fonction des poids de départ et de fin d'essai (JONGBLOED, 1987) et s'établissait à 0,829 - 0,825 et 0,843 Kg de  $P_2O_5$  dans l'ordre des régimes précités

La quantité de  $P_2O_5$  estimée dans l'effluent par porc était de 0,99 - 1,12 et 1,49 Kg respectivement pour R1, R2, R3, soit un écart de 0,5 Kg entre extrêmes (tableau 8)

**Tableau 8** - Quantités d'éléments fertilisants estimées produites par porc en fin d'essai (\*)

Régimes	R1	R2	R3
N.P.K. estimés par porc			
Azote total(Kg)	2,61	2,54	2,51
Phosphore ( $P_2O_5$ ) (Kg)	<u>0,99</u>	<u>1,12</u>	<u>1,49</u>
Potasse ( $K_2O$ ) (Kg)	1,74	1,78	1,73

(\*) Méthode de calcul : Quantité d'effluent produit par porc x Valeur N.P.K. à l'analyse

## 3. DISCUSSION

### 3.1. Aliments et activité phytasique

Les caractéristiques nutritionnelles décrites dans le tableau 2 reflètent l'adéquation des teneurs analysées à celles adaptées pour la formulation et surtout une remarquable équivalence entre les régimes, phosphore mis à part. Pour ce dernier, les valeurs analysées coïncidaient assez bien avec les valeurs calculées.

L'examen de l'activité phytasique des matières premières et des diverses fabrications entraîne un certain nombre de réflexions. Pour une même matière première, l'activité phytasique pouvait varier considérablement en fonction de la provenance, de 0,4 à 0,7 unité pour le blé, de 0,4 à 1,1 pour le son et de 0,1 à 1 pour l'orge, par exemple. Cela exprime la difficulté à obtenir des valeurs moyennes pour les ingrédients dont il pourrait par la suite être tenu compte dans les formulations, c'est à dire dans d'éventuelles spéculations sur la disponibilité du phosphore végétal. Tout au plus, observe-t-on des matières à forte activité phytasique comme le blé et ses dérivés et d'autres à activité phytasique négligeable comme les tourteaux et le pois avec une incertitude importante concernant celle de l'orge.

La deuxième question concerne le procédé de granulation qui, en moyenne dans cette expérience, conduisait à une perte d'activité d'environ 50 %. Cela aboutissait à des aliments ayant, dans l'ensemble, une activité phytasique plutôt faible comparée à celles d'autres essais ayant mis en évidence son

influence déterminante sur l'utilisation du phosphore chez le porc, que cette enzyme soit fournie par les ingrédients (POINTILLART, 1991 ; POINTILLART et al. 1987) ou rajoutée sous forme de phytase produite à partir d'*Aspergillus Niger* (CROMWELL, 1991 ; SIMONS et al. 1990). Dans ces derniers essais, les régimes riches en phytase en apportaient au moins 500 ui/Kg d'aliment, soit près de 4 fois plus que dans le présent essai. Cela souligne, cependant, les marges de sécurité possibles dans les apports de P puisque de bonnes performances sans troubles locomoteurs ont été observées dans le présent essai avec des régimes à faible activité phytasique, mais toutefois riches en blé, céréale réputée contenir un phosphore plus digestible que celui du maïs (POINTILLART et al., 1984).

La troisième question concerne à la fois la formulation et la mesure de l'activité phytasique. En effet, pour aucun des régimes, on n'a retrouvé sur l'aliment composé l'activité phytasique espérée initialement (environ 500 ui/Kg d'aliment) même avant granulation. Ce décalage était d'environ 50 % entre celle mesurée sur la farine et celle calculée à partir des proportions d'incorporation des ingrédients (tableau 3). Cela pourrait provenir du mode de stockage au cours duquel l'enzyme pourrait s'être dégradée mais aussi de difficultés à obtenir des mesures précises de l'activité phytasique. Toutefois, dans un autre essai (POINTILLART et al. 1993) un bon accord est observé entre valeurs calculées et valeurs mesurées sur une série de 4 aliments incluant 8 matières premières de plusieurs provenances. La variabilité de l'activité phytasique des matières premières, son évolution au cours du temps et en fonction des différentes sources, semble donc une question déterminante à étudier pour tous ceux qui souhaiteraient mieux cerner la disponibilité du phosphore végétal.

### 3.2. Performances zootechniques

Au cours de la phase croissance (période 0-42 jours de l'expérience) le régime R1, sans supplémentation en phosphore minéral, a conduit à un GMQ inférieur de près de 10 % aux deux autres et une conversion alimentaire sensiblement dégradée dans la même proportion. Durant cette phase, l'apport de phosphore, réduit à celui des matières premières et ceci avec une faible activité phytasique, s'est avéré insuffisant à optimiser les performances zootechniques.

En finition, les animaux se sont très bien accommodés du régime à teneur la plus faible en phosphore, les performances (GMQ - IC) n'étant pas amoindries.

Pour l'ensemble de la période étudiée, les animaux du régime R1 ont présenté des performances zootechniques proches de ceux des deux autres régimes. Quant à la qualité des carcasses, elle était similaire en tous points pour les animaux des trois régimes étudiés.

### 3.3. Minéralisation osseuse

La diminution du contenu total des cendres, celle de la résistance à la rupture, chez les porcs ayant reçu l'apport de phosphore le plus faible, est cohérente avec les résultats déjà décrits montrant une minéralisation diminuée chez les porcs ayant reçu des aliments non supplémentés en phosphore minéral (POINTILLART et al., 1987, 1991). Il est cependant important de remarquer que cette moindre minéralisation (environ - 7 %, tous critères confondus, comparativement à R3) ne s'accompagnait pas de troubles locomoteurs et elle était de beaucoup plus faible amplitude que celle observée chez des animaux effectivement carencés en phosphore

(POINTILLART et al., 1987, POINTILLART 1991). Autrement dit, le degré d'insuffisance des apports de P du régime R1 était faible, au point d'ailleurs que les critères zootechniques sur l'ensemble de la période croissance-finition n'étaient pas (carcasses, GMQ) ou peu (IC, -0,08 point) affectés. Par contre, il est clair que le degré de minéralisation, exprimé notamment en terme de résistance à la rupture, augmentait avec les apports de phosphore, ce que de nombreux auteurs ont largement décrit. Cela n'implique pas forcément, ainsi que le montre la comparaison de régimes R2 et R3, une amélioration des performances. Il ressort aussi de cette étude que les paramètres osseux ont diversement discriminé en regard des 3 niveaux d'apport de P. Ainsi, la densité et les cendres % MS ne sont pas significativement modifiées par les régimes, tandis qu'elles l'étaient dans les essais cités ci-dessus où la carence en P était beaucoup plus grave. La raréfaction osseuse (moins d'os par unité de volume, cet os étant normalement minéralisé comme dans le cas de l'ostéoporose) ne s'est exprimée ici que chez les porcs de régime R1 et non chez ceux du régime R2, le critère «moment de flexion» présentant les variations les plus logiques puisque les valeurs R1, R2, R3 se situent dans le sens des teneurs de P des 3 régimes.

Si l'on compare les paramètres osseux des porcs du régime R2 avec ceux du régime R3, soit respectivement 0,5 et 0,6 % de P, la seule différence significative concerne le poids de cendres ; les performances étant identiques, on peut en conclure que des économies de P sont possibles puisqu'on sait, par exemple, que la qualité des aplombs est indépendante de la richesse en cendres des os (POINTILLART, SAULNIER et GUÉGUEN, 1988). Il faut toutefois remarquer que les régimes utilisés contenaient une forte proportion de blé, céréale permettant une digestibilité de son phosphore supérieure aux autres et notamment au maïs (POINTILLART et al., 1984). Cela est généralement attribué à l'activité phytasique du blé même si dans le cas présent des incertitudes subsistent quant à l'évaluation effective de cette activité (cf. 3-1).

### 3.4. Effluents

La réduction de la teneur en phosphore des aliments a eu un impact important sur les rejets phosphatés. Comparée à R3, la diminution était de 25 % pour R2 et de 33 % pour R1. Rapportée à l'ingéré, l'excrétion de phosphore était respectivement de

50,9 %, 51,5 % et 56 % pour R1, R2 et R3. Ainsi la part rejetée tend à s'accroître parallèlement à la teneur en P des régimes et plus particulièrement quand les apports de P sont supposés dépasser la satisfaction des besoins. Cela montre que l'on pourrait diminuer les rejets de phosphore dans les effluents, en réduisant la consommation chez les animaux, sans amoindrir les performances, et ce malgré des activités phytasiques des régimes assez faibles.

## CONCLUSION

Ce travail démontre clairement que la réduction des apports de phosphore des aliments porcs charcutiers est possible tout en obtenant des performances satisfaisantes.

Au cours de la période de croissance, et pour des régimes à base de blé et orge, présentant cependant une faible activité phytasique, la suppression de tout apport de phosphore minéral entraînait une baisse des performances. Une complémentation permettant d'atteindre 0,5 % de P total a suffi pour atteindre les performances observées avec le niveau de 0,6 %. En finition, les matières premières végétales apportaient suffisamment de phosphore pour optimiser les performances. Ainsi, pour ce type de formule la proportion de phosphate bicalcique économisée entre R2 et R3 était de 73 % et approchait 1,2 Kg par porc, ce qui représentait 1,76 F(\*) incluant la compensation d'apport en calcium. Conséquemment, les rejets de phosphore pourraient être réduits de 25 à 30 %.

## REMERCIEMENTS

Nous remercions le Conseil Régional de Bretagne pour sa contribution au financement de cette étude dans le cadre du programme Régional de Bretagne 1992.

Nos remerciements s'adressent également à tous ceux qui ont participé à la définition du protocole, leurs avis judicieux dans la définition des formules et la fourniture des données utilisées dans le compte rendu : C. CALVAR, J. DUMORTIER, A. MONFRONT des EDE Bretons, C. CHATELIER de l'ITP, J.Y. DOURMAD de l'INRA, et M. LE MEN pour l'attention particulière portée à la réalisation des aliments expérimentaux et à la collecte des échantillons.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- CALVAR C., DUMORTIER J., LATIMIER P., 1990. Consommation en MAT, Phosphore et Cuivre par les porcs. Publication EDE de Bretagne (56, 35, 22), 38 pp.
- CHATELIER C., 1989 *Techni Porc* 12 (2) 23-31.
- CRENSHAW T.D., PEO E.R., LEWIS A.J., MOSER B.D., 1981. *J. Anim. Sci.* 53 827-835.
- CROMWELL G.L., 1991. *FEEDSTUFFS*, 63 (41) 14-16.
- FOURDINA., FONTAINE N., POINTILLART A., 1986 *Journées Rech. Porcine en France* 18, 83-90.
- FOURDINA., FONTAINE N., POINTILLART A., 1987 *Journées Rech. Porcine en France* 19, 289-294.
- FOURDINA., CAMUS P., CAYRON B., COLIN C., POINTILLART A., 1988, *Journées Rech. Porcine en France* 20, 327-332.
- ITP - ITCF, AGPM Tables d'alimentation pour les porcs, édition 1992 31 pages. ITP-ITCF éd. Paris.
- JONGBLOED A.W, 1987, Rapport IVVON°179,343 pp. DRUKKERIJ DE BOER éd. Lelystad, Pays - Bas.
- LATIMIER P., CHATELIER C., 1992. *Journées Rech. Porcine en France* 24, 227-236.
- MAURY Y., COLIN M. 1979. *Journées Rech. Porcine en France* 11, 299-310.
- NOBLET J., HENRY Y., DUBOIS S., 1989. In : "Nouvelles bases d'estimation des teneurs en énergie digeste métabolisable et nette des aliments pour le porc". INRA éd. Paris.
- POINTILLART A., 1991. *J. Anim. Sci* 69, 1109-1115.
- POINTILLART A., COLLIN C., LACROIX C., RADISSON J., 1993, *Journées Rech. Porcine en France* 25 233-238.
- POINTILLART A., FONTAINE N., THOMASSET M., 1984. *Nutr. Rep Intl* 473-483.
- POINTILLART A., FOURDINA., FONTAINE N., 1987 *J. Nutr.* 117, 907-913.
- POINTILLART A., JAY M.E., FONTAINE N., 1985 *Journées Rech. Porcine en France* 17, 463-471.
- POINTILLART A., SAULNIER J., GUEGUEN L., 1988. *Porc Magazine* 203, 62-65.
- SIMONS P.C.M., VERSTEEGH H.A.J., JONGBLOED A.W, KEMNE P.A., SLUMP P., BOS K.D., WOLTERS M.G.E., BEUDEKER R.F., VERSCHOOR G.J., 1990. *Brit. J. Nutr.* 64, 525-540.

(\*) pour un prix du phosphate bicalcique de 1,65 F/Kg et du carbonate de calcium de 0,26 F/Kg.