

AMÉLIORATION DE L'UTILISATION DES PHYTATES CHEZ LE PORC PAR INCORPORATION D'ISSUES À HAUTE ACTIVITÉ PHYTASIQUE : SON DE SEIGLE, SON DE BLÉ

Annie FOURDIN, Pierrette CAMUS, B. CAYRON, Colette COLIN, A. POINTILLART

Institut National de la Recherche Agronomique. Station de Recherches de Nutrition 78350 JOUY-EN-JOSAS

I - INTRODUCTION

Chez le porc, les céréales à haute activité phytasique, telles que le blé ou le triticales, permettent une meilleure digestibilité du phosphore phytique que le maïs dont l'activité phytasique est négligeable (POINTILLART *et al.*, 1984, 1987). Les résultats préliminaires, obtenus « in vitro » dans notre laboratoire, suggèrent l'utilisation de sons en tant que sources de phytase pouvant conduire à une amélioration de l'hydrolyse (et donc de la digestibilité) des phytates des autres composants du régime et notamment, du maïs (FOURDIN, 1984). En effet, le son de blé peut contenir de 1 à 4 UI de phytase/g de produit et le son de seigle davantage (8 UI/g), soit des activités bien supérieures à celles des céréales dont ils sont issus (blé : 0,2 à 0,6 et seigle : 2 à 4 UI/g). Ainsi donc pouvait-on espérer, en incorporant un pourcentage limité (15 à 20 %) de son, obtenir une meilleure valorisation du phosphore végétal des régimes « porcs » (habituellement les 2/3 de P total ingéré), hypothèse testée dans le présent travail.

II - PROTOCOLES, MATÉRIEL ET MÉTHODES

En préalable à l'expérience, des essais in vitro ont servi à déterminer le pourcentage minimum, 10 %, de son de blé dans le mélange alimentaire reconstitué, à partir duquel on observait un effet significatif sur l'hydrolyse d'autres phytates que ceux propres au son. L'expérience « in vivo », chez le porc en croissance, a été réalisée en deux fois, la 1^{re}, essai SB, pour tester un régime à 15 % de son fin de blé et la 2^e, un régime à 20 % de son de seigle, essai SS. Ce sont les résultats obtenus au cours de l'essai SB, de courte durée (3 semaines) avec une proportion de son (tableau 1) ne dépassant que de 5 % le « taux utile » « in vitro », qui nous ont conduit à essayer un autre son, le son de seigle, plus riche en phytase, à allonger la durée expérimentale (8 semaines) et à augmenter encore la proportion de son (20 %), afin d'accroître la probabilité d'observer un « effet digestibilité ». Le passage du son de blé au son de seigle a également été motivé par une perte importante d'activité phytasique du son de blé (plus de 50 %) au cours de la fabrication de l'aliment SB, absente pour SS. Les régimes SB et SS qui contenaient peu (SB), ou beaucoup (SS) de phytase, ont été comparés à des régimes, CM1 et CM2 (tableau 2), qui en étaient tota-

lement dépourvus et composés essentiellement de maïs et de tourteaux (colza et soja).

TABLEAU 1
COMPOSITION DES RÉGIMES (%)

Ingrédients/lots	Essai «Son de Blé »		Essai « Son de Seigle »	
	CM1	SB	CM2	SS
Maïs	70	64,8	67	56,8
Son ¹	—	15	—	20
Tourteau de colza ²	13	—	14	—
Tourteau de soja-50	15	15	15	20
Isolat de soja	—	3	—	—
Mélasses	—	—	1,95	1,05
Lysine	—	—	—	0,10
NaCl	—	—	0,40	0,40
Craie	—	0,2	1,40	1,50
CMV ³	2	2	0,15	0,15
Calcium	0,68	0,67	0,70	0,71
P total	0,42	0,44	0,42	0,44
P phytique	0,27	0,28	0,27	0,29
Vitamine D ₃ , UI/kg	1 500	1 500	1 000	1 000
Phytase, m UI/g	72	0	1 147	0

¹ Son fin de blé (Moulins Guibert à Gif/Yvette) : essai SB, son fin de seigle (Moulins de Meaux, nos remerciements à M. LERUT) : essai SS

² Tourteau non dépelliculé "O" dans l'essai son de blé, dépelliculé "OO" dans l'essai son de seigle

³ CMV différents dans les deux essais mais aucun ne contenant de phosphate minéral. Energie digestible estimée : 3300 kcal/kg, MAT : 18 à 19 %, cellulose brute : 3-4 %, lysine : 0.9 %.

Au total, 24 porcelets Large-White (INRA, St-Gilles) ont été utilisés, 12 pour chaque essai à raison de 6 par régime (SB, SS, CM1 et CM2), âges et poids étant décrits dans le tableau 2. Pour l'ensemble des 4 régimes expérimentés (tableau 1) les apports d'énergie, de protéines (de lysine), de cellulose brute, de calcium, de phosphore sont tout à fait comparables. L'absence de complémentation en phosphate minéral a abouti à ce que l'essentiel (2/3) de l'apport alimentaire de phosphore

fût sous forme phytique, ces régimes étant donc insuffisants en P (0,4 %) ; pour en tenir compte, l'apport calcique était restreint (0,7 %). Des bilans de 10 jours, avec logement en cage individuelle, ont été effectués sur l'ensemble des animaux au cours des deux semaines précédant les abattages. La méthodologie des prélèvements et des mesures est la même que lors des précédentes expériences (cf. POINTIL-LART *et al.*, 1987, par exemple).

TABLEAU 2
CARACTÉRISTIQUES DES ANIMAUX

	Essai « Son de Blé »	Essai « Son de Seigle »
Début de l'essai		
{ âge, jours	87 ± 2	48 ± 1
{ PV, kg	31,9 ± 0,6	11,8 ± 0,5
Début du bilan		
{ âge, jours	95 ± 2	87 ± 14
{ PV, kg	39,1 ± 0,9	30,5 ± 8
Durée de l'essai, sem.	3	8
Age à l'abattage, jours	108 ± 2	101 ± 1

III - RÉSULTATS

1. PERFORMANCES (tableau 3)

Les poids des animaux à l'abattage ne sont pas significativement différents, quel que soit l'essai, les gains moyens quotidiens n'étant pas non plus significativement affectés par les régimes ; par contre, l'indice de consommation est réduit avec le régime contenant du son de seigle, comparativement au témoin, dans l'essai SS.

TABLEAU 3
CROISSANCE, CONSOMMATION

Lots	Essai « Son de Blé »		Essai « Son de Seigle »	
	CM1	SB	CM2	SS
PV, abattage, kg	48,0 ± 0,7	48,4 ± 1,5	40,8 ± 0,5	42,7 ± 1,6
GMQ, kg/j	0,78 ± 0,02	0,77 ± 0,03	0,55 ± 0,01	0,59 ± 0,02
IC ⁽¹⁾	3,14 ± 0,12	3,16 ± 0,21	2,86 ± 0,12	2,46 ± 0,14*

(1) Calculé durant les mises en cage (2 semaines, environ)

* P < 0,05, SS vs CM2

2. CALCÉMIE, PHOSPHATÉMIE, PHOSPHATASÉMIE

TABLEAU 4
VARIATIONS DE LA PHOSPHATÉMIE ET
DE LA CALCÉMIE (mg / 100 ml)

Paramètre :	Ecart moyen entre le début et la fin du traitement ¹			
	Essai « SB »		Essai « SS »	
	P	Ca	P	Ca
Régimes { avec son	- 1,6 ± 0,6*	+ 0,8 ± 0,3°	+ 0,8 ± 0,4°	+ 0,5 ± 0,4
{ sans son	- 0,9 ± 0,3*	+ 0,7 ± 0,3*	- 1,7 ± 0,4**	+ 0,8 ± 0,3°
Ecart avec/sans son ²	NS	NS	**	NS

¹ Valeur à l'abattage — valeur initiale, test t apparié porc par porc, moyennes ± écart-type de la moyenne, n=6 ; * P<0,05, ** P<0,01, ° 0,05<P<0,10, le signe + ou - devant l'écart moyen indique une augmentation (hypercalcémie) ou une diminution (hypophosphatémie), comparaisons intra-essai

² Comparaison des écarts, respectivement entre les lots SB et CM1, SS et CM2

Les signes classiques de la carence en phosphore, hypophosphatémie, hypercalcémie, tendance à l'élévation de la phosphatase alcaline plasmatique, sont présents, à l'abattage, chez l'ensemble des animaux, avec des degrés variables sui-

vant les essais et les lots (tableau 4 et 5), à l'exception des porcs ayant consommé le régime contenant 20 % de son de seigle. Chez ces derniers, l'hypercalcémie est absente et la phosphatémie légèrement augmentée. En outre, chez ces mêmes porcs, l'hypophosphatémie n'était pas non plus présente à 3 semaines (phosphatémie du lot SS, à 3 semaines : 8,8 ± 0,4 contre 8 ± 0,4 mg/100 ml, au départ, P>0,20) tandis qu'elle était déjà patente chez ceux du lot CM2 (6,4 ± 0,5 mg/100 ml, P<0,05) où elle tendait à s'aggraver entre 3 et 8 semaines (écart de - 0,8 ± 0,4 mg/100 ml, 0,05<P<0,10).

TABLEAU 5
ÉVOLUTION DE LA PHOSPHATASÉMIE (VI/I)

Régimes	Essai « SB »		Essai « SS »	
	SB	CM1	SS	CM2
Valeur initiale (n=12)	77 ± 6		153 ± 10	
Valeur finale (n=6)	57 ± 8	74 ± 10	104 ± 8**	156 ± 13

** P<0,01 écart significatif par rapport à la valeur initiale ou à celle de l'autre lot, comparaison intra-essai.

La phosphatasémie est plus élevée, à l'abattage, pour les lots sans son, CM1 et CM2, comparativement à ceux qui en contiennent, mais ceci n'est significatif (tableau 5) que dans l'essai SS, donc le plus long.

3. BILANS MINÉRAUX

3.1 Phosphore (tableau 6)

Il n'y a aucune différence entre les 2 lots dans l'essai SB, quel que soit le paramètre considéré ; par contre, dans le 2^e essai, l'absorption et la rétention du phosphore sont considérablement accrues avec le régime contenant 20 % de son fin de seigle (SS), le gain relatif pour le CUDa est de plus de 50 % (presque 40 % pour la rétention). Ceci n'est pas dû à la légère différence entre les quantités de P ingérées puisque celle-ci n'est que de 0,3 g/jour alors que l'écart entre les quantités absorbées est de 1,5 g/jour, soit 5 fois plus.

Pour les lots SB, CM1 et CM2, la phosphaturie est négligeable (0,2 à 0,3 % de l'ingéré) ; cette hypophosphaturie, signe classique de la carence en phosphore, est absente chez les porcs ayant reçu le régime « son de seigle » (phosphaturie : 5 % de l'ingéré).

TABLEAU 6
BILANS DE PHOSPHORE

Régimes	Essai « Son de Blé »		Essai « Son de Seigle »	
	SB	CM1	SS	CM2
Ingéré, g/j	9,8 ± 0,4	9,1 ± 0,4	7,5 ± 0,1	7,2 ± 0,1*
Absorbé, g/j	3,6 ± 0,5	3,5 ± 0,3	4,1 ± 0,2	2,6 ± 0,1**
CUDA, %	37 ± 5	38 ± 2	55 ± 3	36 ± 1**
Urinaire, mg/j	19 ± 8	15 ± 6	363 ± 139	22 ± 2**
Retenu, g/j	3,6 ± 0,5	3,5 ± 0,3	3,8 ± 0,2	2,6 ± 0,1**
Rétention, %	37 ± 5	38 ± 2	50 ± 3	36 ± 1**

* P<0,05 ** P<0,01 Comparaisons intra-essai avec (SB et SS) ou sans son (CM1 et CM2), test t, n=6.

3.2 Calcium (tableau 7)

L'absorption du calcium (en g/jour ou en % de l'ingéré, CUDa) ne diffère pas significativement d'un lot à l'autre et les CUDa sont proches des valeurs habituelles chez le porc. La rétention calcique (en g/jour ou en % de l'ingéré) tend à être plus élevée avec le régime contenant du son de seigle comparati-

vement à celui qui n'en contient pas (CM2), effet absent pour le son de blé dans l'autre essai. Cette amélioration de la rétention calcique est vraisemblablement la conséquence directe de la plus grande rétention de P étant donné que Ca et P se fixent ensemble, dans l'os, dans un rapport constant.

TABLEAU 7
BILANS DE CALCIUM

Régimes	Essai « Son de Blé »		Essai « Son de Seigle »	
	SB	CM1	SS	CM2
Ingéré, g/j	14,7 ± 0,6	14,6 ± 0,6	12,2 ± 0,2	12,1 ± 0,1
Absorbé, g/j	6,7 ± 0,8	7,4 ± 0,5	6,5 ± 0,3	6,0 ± 0,2
CUDA, %	46 ± 3	51 ± 3	53 ± 3	50 ± 1
Urinaire, g/j	0,2 ± 0,1	0,3 ± 0,1	0,2 ± 0,1	0,6 ± 0,2°
Retenu g/j	6,5 ± 0,5	7,1 ± 0,6	6,3 ± 0,3	5,4 ± 0,4°
Rétention, %	44 ± 3	48 ± 4	52 ± 3	45 ± 3°

° 0,05 < P < 0,10 : CM2 vs SS

Dans l'essai SS, la calciurie tend à être plus élevée (5 % de l'ingéré) avec le régime sans son qu'avec celui qui en contient (moins de 2 % de l'ingéré) ; cette hypercalciurie, signe classique de carence en phosphore, est absente dans l'essai SB (calciurie 1,4 à 2 % de l'ingéré), quel que soit le régime, ce qui pourrait être dû à la brièveté de cet essai.

4. ASPECTS OSSEUX

TABLEAU 8
DENSITÉ ET MOMENT DE FLEXION DES MÉTATARSIENS,
ESSAI « SON DE BLÉ »

Métatarsien	Externe		Interne	
	CM1	SB	CM1	SB
Densité, g/cm ³	0,98 ± 0,01	1,05 ± 0,01**	0,97 ± 0,01	1,02 ± 0,01*
Moment de flexion, Nxm	6,7 ± 0,4	8,5 ± 0,20**	5,9 ± 0,4	8,7 ± 0,7**

** P < 0,001 ; * P < 0,05, test t avec ou sans son, n = 5.

TABLEAU 9
DENSITÉ ET MOMENT DE FLEXION DES TIBIAS,
ESSAI « SON DE SEIGLE »

Régimes	Densité	Moment de flexion
	g/cm ³	N x m
Régimes { avec son sans son	1,15 ± 0,01	26,7 ± 1,4
	1,10 ± 0,01**	16,5 ± 0,07**

** P < 0,001, test t avec ou sans son, n = 6.

Dans les deux essais (tableau 8 et 9), chez les porcs ayant consommé les régimes comprenant du son (blé ou seigle), la densité et la résistance à la rupture des os (mesurée par le moment de flexion) sont supérieures à celles observées avec les régimes sans son. C'est avec le régime « son de seigle » que cet effet bénéfique sur l'os est le plus important : le gain de résistance à la rupture des tibias est de plus de 60 % contre 27 à 47 % pour les métatarsiens, dans l'essai « son de blé ».

L'excrétion urinaire d'hydroxyproline, reflet de la résorption osseuse, est très élevée, mais comparable pour les deux lots, dans l'essai SB ; elle est moindre dans l'autre essai (tableau 10), la valeur observée chez les porcs nourris sans son étant le double de celle du lot avec son, ce qui traduit une mobilisation osseuse plus importante. Ces résultats vont dans le même sens que les précédents : le régime renfermant du son de seigle permet une meilleure rétention de Ca et P conduisant à une minéralisation supérieure et à une résorption osseuse moindre.

TABLEAU 10
HYDROXYPROLINURIE

Régimes	Essai « Son de Blé »		Essai « Son de Seigle »	
	CM1	SB	CM2	SS
en g/24 h	0,71 ± 0,08	0,66 ± 0,009	0,23 ± 0,02	0,12 ± 0,02**
en mg/kg PV ¹	15,0 ± 1,7	11,7 ± 1,1	5,6 ± 0,5	2,8 ± 0,4**

¹ Rapporté au poids vif à l'abattage et par jour

** P < 0,01, SS vs CM2

DISCUSSION

1. PRÉSENCE DE SON ET ABSENCE DE TOURTEAU DE COLZA

Dans les deux essais, la présence de son dans les régimes a permis d'obtenir des os plus denses et plus résistants. Cependant, l'effet bénéfique du son peut être confondu avec l'absence de tourteau de colza dans les régimes SB et SS comparativement aux régimes témoins correspondants qui en contenaient presque 15 %. Ainsi, chez le rat, un effet négatif de ce tourteau sur la minéralisation osseuse a été décrit (MOMCILOVIC et SHAH, 1976). Si cela était le cas dans notre expérience, nous devrions, en comparant les lots CM1 et CM2, pratiquement identiques du point de vue formulation des régimes, trouver une dégradation de l'utilisation digestive des minéraux au cours du temps. Ainsi, dans un essai, réalisé récemment chez le porc (POINTILLART *et al.*, 1985), la digestibilité de P passait de 34 à 13 % et celle de Ca, de 42 à 17 %, entre 3 et 6 semaines, avec un régime riche en tourteau de colza. Cela n'est aucunement le cas ici où l'absorption et la rétention des minéraux (Ca et P) sont identiques pour CM1 et CM2, soit respectivement après 3 et 8 semaines de régime. En outre, la présence de son de blé dans un aliment est capable d'améliorer l'absorption et la rétention du phosphore chez le rat (BAGHERI et GUEGUEN, 1981 ; DONANGELO et EGGUM, 1986) comme chez le porc (BAGHERI et GUEGUEN, 1985 ; NEWTON *et al.*, 1983). NEWTON *et al.*, (1983), par exemple, observent, chez le porc, une augmentation du CUDA de P parallèle à l'accroissement de la teneur de l'aliment en son de blé : 0,10 et 20 % de son conduisent à des CUDA de 40,49 et 52 % respectivement (effet linéaire et significatif). L'inconvénient dans l'interprétation des résultats des essais qui viennent d'être cités est que l'apport de P croît parallèlement à l'apport de son. Cela peut laisser supposer que le supplément de P apporté par le son est seul à l'origine de l'augmentation de l'absorption de P. Dans ce contexte, l'emploi du tourteau de colza, matière première à teneur en P (1,1 %) voisine de celle du son (1 %) mais dépourvue d'activité phytasique, permettait d'obtenir des régimes isophosphoriques. Ce faisant, nous pouvions espérer mieux cerner qui du supplément de P ou de l'enrichissement en phytase, était responsable de l'amélioration de l'absorption du phosphore phytique.

En effet, si l'on admettait que le phosphore du son de seigle fût aussi bien absorbé qu'un phosphate minéral, soit un CUD de 0,70 (selon GUEGUEN et PEREZ, 1981), la part du phosphore absorbé, provenant du son, serait d'environ 2,3 g/jour *, soit 1,8 g de P absorbé à partir du tourteau de soja et du maïs avec le régime SS ; soit pour ces 2 matières premières groupées, un CUD de 0,43 **, supérieur de près de 20 % à celui réellement mesuré avec le régime CM2. Ce

* 1,7 kg d'aliment × 20 % de son à 0,98 % de P × 0,70 de digestibilité = 2,3 g

** 1,8 / [(7,5 g de P total ingéré - 3,3 g de P ingéré provenant du son (1,7 kg d'aliment × 20 % de son à 0,98 % de P)] = 0,43 (0,43 - 0,36)/0,36 × 100 = 19,44 %.

raisonnement maximisant vraisemblablement la digestibilité du son de seigle, il est évident que, si celle-ci était inférieure à 0,7, le gain de digestibilité du phosphore des autres composants de la ration serait encore supérieur à 20 %.

2. SONS ET ACTIVITÉ PHYTASIQUE

Dans les deux essais, mise à part la question du tourteau de colza, les régimes sont pratiquement équivalents en ce qui concerne les apports énergétiques, protéiques, phosphoriques, etc... En fait, ils ne diffèrent que par leur activité phytasique, laquelle est totalement absente dans les régimes témoins (CM1 et CM2). C'est donc cette phytase qui, en hydrolysant les phytates, améliore leur absorption ; ce qui est vraisemblablement à l'origine des différences apparues, au niveau du métabolisme minéral, entre les régimes avec ou sans son. Cette hypothèse s'appuie sur nos propres résultats, obtenus chez les porc nourris avec des régimes à base de céréales riches en phytase comme le blé ou le triticale (POINTILLART *et al.*, 1984, 1987) mais également, sur les conclusions d'autres auteurs (CROMWELL, 1980 ; NELSON, 1980 ; MUIRHEAD, 1986) pour lesquels les différences d'activités phytasique expliquent les différences de disponibilité de P phytique, observées entre les diverses matières premières utilisées dans l'alimentation des porcs mais aussi des volailles. Cela est également confirmé, dans le présent travail, par le fait que le régime « son de seigle », 16 fois plus riche en phytase que le régime « son de blé », est plus efficace dans la prévention de la carence en phosphore (cf. l'absence d'hypophosphatémie à 3 semaines pour l'un, SS, la présence pour l'autre, SB) ou dans l'amélioration de la digestibilité du phosphore (cf. tableau 6).

Enfin, il a été montré, chez le rat (MOORE ET VEUM, 1983) et chez le poulet (NELSON *et al.*, 1971), que l'incorporation de phytase (provenant de microorganismes), dans l'aliment, améliorait la digestibilité des phytates.

3. SONS ET CARENCE EN PHOSPHORE

Le son de seigle, à raison de 20 % dans un régime ne contenant que 0,44% de P, et donc insuffisant selon les recommandations de l'INRA (0,7 à 0,6 % entre 20 et 35 kg de PV, GUEGUEN et PEREZ, 1981), prévient l'apparition de l'hypophosphatémie, de l'hypophosphaturie, d'une hyperabsorption osseuse (cf. tableau 10) ainsi que les autres signes caractéristiques de la carence en phosphore, lesquels étaient, pour la plupart, présents chez les porcs ayant reçu les autres régimes, malgré des apports phosphocalciques tout à fait comparables (et parfois, des apports supérieurs de vitamine D : essai SB). Cela suggère que le son de seigle évite la carence en P en améliorant la digestibilité du phosphore végétal (et pour l'essentiel donc phytique) et, en conséquence, permet une meilleure rétention des minéraux (Ca et P) et donc une plus grande solidité des os. Ce résultat peut conduire à remettre en cause la supplémentation en phosphore des régimes « riches en phytase » et éventuellement induire des économies dans l'addition des phosphates minéraux. En effet, l'apport de P recommandé est de 9,5 g/jour pour un porc de 35 kg (GUEGUEN et PEREZ, 1981), soit 2 g de plus que ce que consommaient les porcs du lot « son de seigle ». En fait, GUEGUEN et PEREZ, utilisent la valeur de 0,35 pour la digestibilité réelle moyenne de P végétal (assimilé à P phytique), et 0,50 pour le P total de la ration classique (2/3 de P végétal pour 1/3 de P minéral ajouté), valeurs toutes deux largement dépassées avec le régime « son de seigle » pour lequel on

pourrait estimer le CUDr à 0,60 * (en prenant 10 mg/jour/kg de PV d'excrétion fécale endogène, selon GUEGUEN et PEREZ). Ainsi donc, en appliquant strictement les recommandations, les animaux devraient réellement disposer de 4,75 g de P par jour ($9,5 \times 0,50$) tandis que ceux du lot SS auraient réellement absorbé 4,5 g ($7,5 \times 0,60$), valeurs très voisines et cohérentes avec l'absence de signes de carences en P.

Bien sûr, des essais de plus longue durée et sur un plus grand nombre d'animaux seraient souhaitables pour confirmer l'effet bénéfique du son de seigle sur l'utilisation des phytates des matières premières, avant de préconiser largement son emploi comme source potentielle de phytase. Enfin, le seigle lui-même contient des facteurs rachitigènes, mis en évidence chez le poulet et qui sont prévenus par un apport supplémentaire de vitamine D : 2 000 UI/kg (Mc AULIFFE et McGINNIS, 1976 ; Mc AULIFFE *et al.*, 1976). De toute évidence, ce n'était pas le cas dans notre essai, si l'on en juge par la tendance à l'amélioration des performances (tableau 2) ou par la minéralisation osseuse accrue (et la résorption diminuée, tableau 10) chez les porcs ayant reçu l'aliment contenant 20 % de son de seigle et seulement 1 000 UI de vit. D₃/kg (soit moins encore que les porcs de l'essai SB ou que les poulets de l'essai cité). Néanmoins, cela mériterait d'être vérifié à plus longue échéance que 8 semaines. Toutefois, comparé au blé, le seigle assure au porc à l'engrais (entre 30 et 100 kg) des performances presque comparables (LAVOREL et GROSJEAN, 1983) sans qu'on sache ce qu'il en est du son de seigle, tandis que chez le rat, la valeur nutritive (bilans d'énergie, d'azote, de Zn) des farines de seigle augmente avec le taux de son subsistant (ou diminue avec le taux de raffinage ; PEDERSEN et EGGUM, 1983).

4. SON DE SEIGLE OU SON DE BLÉ, DURÉE DES ESSAIS

L'essai SS et l'essai SB ont différé principalement par leur durée, le pourcentage (et la nature) de son incorporé et surtout par leur activité phytasique. Ce sont probablement ces 3 facteurs ensemble qui pourraient expliquer l'absence d'effet du son de blé sur l'utilisation digestive du phosphore, comparativement au son de seigle. Ainsi, NEWTON *et al.*, (1983) constatent une augmentation de l'absorption du phosphore entre 2 et 11 semaines, chez les porcs recevant des régimes plus ou moins riches en son de blé. Ainsi donc, la durée de l'essai SB aurait été trop courte pour qu'au cours des 10 jours de bilan, l'effet fût observable alors qu'il l'était au niveau osseux, mais moins intense qu'avec le son de seigle (cf. tableau 8 et 9). Cela souligne également le décalage toujours possible, en ce qui concerne la rétention des minéraux, entre les résultats obtenus par la méthode des bilans et ceux observés à l'aide des paramètres osseux. Ces derniers mesurent l'effet du régime sur la durée totale de l'expérience, au contraire du bilan qui n'est qu'un échantillon, en temps court, de cet effet ; ce qui contribue aussi à rendre compte des différences d'utilisation des minéraux entre les régimes « son de blé » et « son de seigle ».

CONCLUSION

Nos résultats antérieurs (POINTILLART *et al.*, 1984, 1987) et ceux ci-dessus, soulignent largement l'intérêt d'utiliser, en alimentation porcine (mais aussi sans doute pour les volailles), des matières premières à haute activité phytasique si l'on souhaite améliorer la disponibilité des phytates, et partant, restreindre l'addition de phosphore minéral, l'un des

* rappel : par définition, le CUDr est égale au CUDa (0,55) augmenté de l'excrétion fécale endogène en % de l'ingéré, soit ici 0,05 en plus ($10 \text{ mg} \times 35 \text{ kg de PV} = 350 \text{ mg/jour}$, soit 0,05 % de l'ingéré ; 7,5 g).

ingrédients les plus coûteux. Toutefois, il serait peut-être encore plus avantageux d'incorporer une phytase purifiée (à partir de sons ou produite, par fermentation, à partir de microorganismes) afin d'écartier d'éventuels effets secondaires indésirables (tels que la faible valeur énergétique ou la richesse en cellulose, par exemple) dans le cas des sons.

REMERCIEMENTS

Nous remercions vivement M. ROY (A.P.A.E., INRA, Jouy-en-Josas) pour la préparation des aliments expérimentaux et M. BOUVET, pour les soins aux animaux.

BIBLIOGRAPHIE

- BAGHERI S.M., GUEGUEN L., 1981, Nut. Rep. Int., **24**, 47-56.
- BAGHERI S.M., GUEGUEN L., 1985, Repro. Nutr. Dévelop., **25**, 705-716.
- CROMWELL G.L., 1980 Feedstuffs, **52**, 38-42
- DONANGELO C.M., EGGUM B.O., 1986, Brit. J. Nutr., **56**, 269-280.
- FOURDIN A., 1984, D.E.A. de Sciences Alimentaires, 27 pp (INRA Jouy-en-Josas, ed.).
- GUEGUEN L., PEREZ J.M., 1981, Proc. Nutr. Soc., **40**, 273-278.
- LAVOREL O., GROSJEAN F., 1983, J. Rech. Porc. en France, **15**, 293-301.
- Mac-AULIFFE T., McGINNIS J., 1976, Poultry Sci, **55**, 2142-2147.
- Mac-AULIFFE T., PIETRASZEK A., McGINNIS J., 1976, Poultry Sci., **55**, 2305-2309
- MOMCILOVIC B., SHAH B.G., 1976, Nutr. Rep. Intern., **13**, 135-142
- MOORE R., VEUM T., 1983, Nutr. Rep. Intern., **27**, 1267-1275.
- MUIRHEAD S., 1986, Feedstuffs, **58**, 12.
- NELSON T.S., 1980, Proceedings Florida Nutr. Conf., 59-84.
- NELSON T.S., SHEIH T., WIDZINSKI R., VARE J., 1971, J. Nutr., **101**, 1289-1293.
- NEWTON G.L., HALE O.M., PLANK C.O., 1983, Can. J. Anim. Sci., **63**, 399-408.
- PEDERSEN B., EGGUM B.O., 1983, Qual. Plant Plant Food Hum. Nutr., **32**, 185-196.
- POINTILLART A., FONTAINE N., THOMASSET M., 1984, Nutr. Rep. Intern., **29**, 473-483.
- POINTILLART A., FONTAINE N., THOMASSET M., JAY M.E., 1985, Nutr. Rep. Intern., **32**, 155-167.
- POINTILLART A., FOURDIN A., FONTAINE N., 1987, J. Nutr., **117**, 907-913.