

Digestibilité du phosphore de 14 matières premières et influence de la phytase végétale dans l'alimentation du porc charcutier

F. SKIBA (1), Isabelle HAZOUARD (1), J.M. BERTIN (1), J. CHAUVEL (2)

(1) ITCF, Service Qualités et Valorisations - Pouligne, 41100 Villérable

(2) ITP, Pôle Techniques d'Élevage - BP 3, 35651 Le Rheu Cedex

Digestibilité du phosphore de 14 matières premières et influence de la phytase végétale dans l'alimentation du porc charcutier

À l'aide de bilans, la digestibilité du phosphore de 14 matières premières et de 4 aliments composés est mesurée sur des porcs charcutiers pesant environ 40 kg. Les aliments sont formulés de façon à contenir des activités phytasiques comprises entre 200 et 1000 U/kg à partir des matières premières étudiées individuellement. Les digestibilités des matières premières varient entre 12,4 %, son de riz et 49,5 %, son de blé et remoulage blanc. La digestibilité du phosphore des aliments augmente avec l'activité phytasique de ceux-ci, soit +28 % pour 500 U/kg. L'activité phytasique du régime est un prédicteur satisfaisant de la digestibilité du phosphore des aliments présentés en farine. Une équation permettant de relier ces deux paramètres est obtenue. La teneur en phosphore digestible des matières premières des régimes, à la différence de l'activité phytasique, ne semble pas être un critère additif.

Assessment of the phosphorus digestibility of 4 high endogenous phytase diets and of 14 feedstuffs used in growing pigs

To evaluate the phosphorus digestibility of 14 feedstuffs and 4 high endogenous phytase diets, balance trials were performed in growing pigs weighing near 40 kg. These diets were formulated to provide between 200 and 1000 phytase units/kg diet by using the feedstuffs screened in the digestibility trial. Phosphorus digestibility of the feedstuffs ranged from 12.4, rice bran to 49.5 %, wheat bran and wheat middlings. The phosphorus digestibility of the diets increased as the dietary phytase increased (by 28 % corresponding to +500 U/kg). Phytase activity was a good predictor of the phosphorus digestibility of diets given in the form of mash (equation between both parameters was calculated). Unlike phytase activity, the digestible phosphorus content of the feedstuffs did not seem to be an additive criterion.

INTRODUCTION

Les 2/3 du phosphore ingéré par les porcs se retrouvent dans les fèces risquant de polluer l'environnement. Une des solutions à mettre en œuvre passe par une meilleure connaissance et une augmentation de la digestibilité du phosphore des matières premières (CORPEN, 1996). Peu de données françaises existent dans ce domaine pour les porcs charcutiers. Les relations entre la digestibilité du phosphore et l'activité phytasique d'origine végétale, que ce soit au niveau des matières premières ou des aliments, sont insuffisamment établies. Aussi, avons-nous mesuré la digestibilité du phosphore de 14 matières premières et de 4 aliments constitués à partir de celles-ci et ayant des activités phytasiques d'origine végétale croissantes.

1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

1.1. Matières premières

Quatorze matières premières sont choisies de façon à représenter une palette de matières premières susceptibles d'entrer dans la formulation d'aliments pour porcs charcutiers dans le contexte français (tableau 1). Les analyses réalisées sur les matières premières sont identiques à celles décrites par BARRIER-GUILLOT et al. (1996a) pour le phosphore, le phosphore phytique et l'activité phytasique et à VAN CAUWENBERGHE et al. (1997) pour les autres critères.

1.2. Aliments expérimentaux

Quatorze aliments (aliments 1 à 14) sont constitués afin de mesurer la digestibilité des matières premières (tableau 2). Les matières premières sont introduites aux taux de 97,7 % pour le maïs, 97,8 % pour le blé, l'orge, le triticale et le sorgho, 80 % pour le Milurex, le remoulage blanc et le corn gluten feed, 75 % pour le pois, 40 % pour le son de blé, 35 % pour les tourteaux de soja et de tournesol et le son de riz et enfin 25 % pour le tourteau de colza. On ajoute à ces matières premières 0,5 % d'un complémentaire minéral et vitaminé dépourvu de phosphore et de calcium. Le complément à 100 % est assuré d'une part, par un apport de carbonate de calcium (1,4 à 1,8 % du régime) calculé pour un apport de 6,9 g/kg MS de Ca (vs 10,3 g/kg recommandés, INRA, 1989); d'autre part pour les matières premières introduites à moins de 90 % dans le régime, on complète l'aliment avec le maïs dont la digestibilité du phosphore est mesurée isolément afin de pouvoir effectuer un calcul par différence.

Quatre autres aliments composés (aliments 15 à 18), sont élaborés afin de constituer une gamme d'activité phytasique et de mesurer l'influence de celle-ci sur la digestibilité du phosphore des aliments. Cette activité est modulée avec un mélange de blé, de remoulage blanc, de son de blé introduit à 78, 55, 28 ou 0 % dans ces quatre aliments. La formulation est effectuée à partir des matières premières étudiées en digestibilité. Les quatre régimes sont formulés pour contenir des teneurs voisines en protéines, énergie et phosphore total (tableau 3, p 172).

Toutes les matières premières sont broyées à la grille de 4 mm et les aliments présentés sous forme de farine.

1.3. Mesures de digestibilité

Chaque aliment est distribué à 4 porcs charcutiers mâles (castrés) de génotype Naïma x P76 pesant 37 kg lors des bilans sur les matières premières et 41 kg pour ceux sur les autres régimes (15 à 18). Après une période de deux à trois jours d'adaptation aux cages, les animaux consomment l'aliment expérimental pendant 19 jours. Les fèces sont collectées intégralement pendant les 5 derniers jours et conservés à -18°C.

Pendant toute la période de l'essai les animaux reçoivent l'aliment deux fois par jour sous forme de farine humidifiée à l'auge au moment des repas (1,5 volume d'eau pour un volume de farine) à raison d'environ 3,5 % de leur poids vif. Les quantités de matière sèche ingérées et excrétées sont mesurées individuellement et quotidiennement. Le phosphore est dosé dans les fèces après homogénéisation, échantillonnage et lyophilisation.

La digestibilité du phosphore des aliments composés est calculée directement à partir des bilans et celle des matières premières, qui entrent à moins de 90 % dans les aliments, par différence avec la base constituée de maïs.

Les données sont traitées par analyse de variance suivant un dispositif en randomisation totale avec 4 répétitions par traitement.

2. RÉSULTATS

2.1. Caractéristiques des matières premières

Les 14 matières premières ont des teneurs en phosphore total comprises entre 2,8 et 26,9 g/kg MS respectivement pour le sorgho et le son de riz. La teneur en phosphore phytique varie de 2,2 (orge) à 22,2 g/kg de MS (son de riz). Le ratio phosphore phytique / phosphore total se situe entre 59 % (pois) et 95 % (maïs). L'activité phytasique varie de valeurs inférieures à 30 (maïs, sorgho, tourteaux, Milurex, son de riz, corn gluten feed) à 3850 U/kg pour le remoulage blanc.

2.2. Caractéristiques chimiques des aliments

Les teneurs de phosphore des régimes 1 à 14 sont, pour la plupart, inférieures aux recommandations (-16 à -57 %), celles des régimes 9, 10, 11, 13 et 14 atteignant des valeurs proches (6,9 g de P/kg MS, INRA, 1989). Seul le régime 12, à base de son de riz est très excédentaire par rapport au besoin, +68 %.

Les écarts entre les valeurs théoriques et mesurées, pour le phosphore total, le phosphore phytique et les activités phytasiques des régimes 15 à 18, sont négligeables.

2.3. Digestibilité des matières premières (tableau 2)

Les quantités de phosphore ingérées varient de 2,9 (aliment 5) à 12,5 g/jour (aliment 12) pour des excrétions fécales comprises entre 2,1 et 10,5 g/jour. La digestibilité du phosphore des matières premières varie de 12,4 % pour le

Tableau 1 - Caractéristiques analytiques des matières premières (g/kg MS)

Matières premières	M.S. (g/kg)	M.A.T.	M.O.	Amidon Ewers	CB	NDF	Calcium	P total	P phytique	P phytique/ P total %	Activité phytasiq (U/kg)
Maïs mélange	860	97	985	727	33	102	0,04	3,4	3,2	95	20
Blé Soissons	864	142	984	687	29	129	0,5	3,3	2,4	73	740
Orge Nevada	867	95	977	642	48	171	0,4	3,7	2,2	59	620
Triticale	856	127	979	664	32	138	0,5	4,0	2,8	69	830
Sorgho mélange	865	109	984	740	37	115	0,1	2,8	2,4	86	30
Pois Baccara	863	246	971	519	55	137	0,8	3,9	2,3	59	120
Tourteau de soja	875	516	934	62	65	122	3,3	7,2	4,4	61	20
Tourteau de colza	886	368	919	67	158	320	9,6	11,4	9,3	82	10
Tourteau tournesol	891	316	922	42	279	419	4,5	11,2	9,4	84	0
Milurex	887	161	956	320	70	296	1,2	8,1	5,6	70	10
Son de blé	867	175	940	206	104	439	1,0	11,8	10,2	86	3340
Son de riz	877	181	866	281	129	363	2,2	26,9	22,2	83	5
Remoulage blanc	872	183	957	342	71	292	1,0	8,7	7,0	81	3850
Corn Gluten Feed	889	226	951	267	91	367	0,4	9,0	6,9	77	3

Tableau 2 - Caractéristiques analytiques des aliments expérimentaux et digestibilités du phosphore des matières premières

Aliments	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Matière première	Maïs	Blé	Orge	Triticale	Sorgho	Pois	Tx soja 48	Tx colza	Tx tournesol	Milurex	Son blé	Son riz	Remoulage blanc	Corn gluten feed
Composition analytique mesurée (g/kg MS ou U/kg)														
Calcium	7,5	7,0	6,9	7,3	7,2	7,9	7,0	8,2	8,6	7,6	7,0	7,9	7,6	6,2
Phosphore total	3,4	3,2	3,7	3,7	3,0	3,8	4,6	5,8	6,4	7,2	6,9	11,6	7,8	7,5
Ca/P	2,2	2,2	1,9	2,0	2,4	2,1	1,5	1,4	1,3	1,1	1,0	0,7	1,0	0,8
Activité phytasiq	10	740	540	890	30	130	20	3	1	5	880	10	1800	0
Bilan de phosphore														
P ingéré (g/j)	3,5	3,4	3,9	3,8	2,9	4,0	4,8	6,0	6,7	7,6	7,3	12,5	7,9	6,8
P fécal (g/j)	2,4	2,1	2,6	2,1	2,1	2,5	3,2	4,3	5,2	5,6	4,2	10,5	4,2	5,2
Digestibilité du phosphore des matières premières														
Digestibilité du P (%)	30,8	39,4	32,9	43,5	25,3	40,0	32,9	32,0	19,0	25,6	49,5	12,4	49,5	22,1
P digestible (g/kg MS)	1,0	1,3	1,2	1,7	0,7	1,6	2,4	3,6	2,1	2,1	5,8	3,3	4,3	2,0

Les quantités ingérées et excrétées sont données pour l'aliment

son de riz à 49,5 % pour le son de blé et le remoulage blanc avec une valeur moyenne de 32,5 % toutes matières premières confondues. Les teneurs en phosphore digestible sont comprises entre 0,7 et 5,8 g/kg MS pour le sorgho et le son de blé respectivement avec une moyenne de 2,4 g/kg MS.

2.4. Digestibilité des aliments

Le coefficient d'utilisation digestive de la matière sèche des

aliments est similaire pour les quatre régimes (15 à 18). Les coefficients de digestibilité du phosphore des aliments 17 et 18 (40,1 et 38,1 % respectivement) sont significativement inférieurs à celui de l'aliment 15 (51 %), celui de l'aliment 16 étant intermédiaire, CUD de 48,8 %. Les aliments 15 et 16 contiennent significativement le plus de phosphore digestible, et l'aliment 18 le moins, l'aliment 17 étant intermédiaire. La digestibilité du phosphore augmente (de 12,9 points entre les régimes 18 et 15) avec l'augmentation de l'activité phytasiq des régimes (820 U/kg) de même que la teneur

Tableau 3 - Composition centésimale et caractéristiques analytiques des aliments expérimentaux (g/kg ou kcal/kg)

Aliments	15	16	17	18
Composition centésimale (% de produit brut)				
Blé	64,0	45,1	23,0	
Remoulage blanc	10,1	7,2	3,6	
Son de blé	3,9	2,8	1,4	
Maïs		17,0	30,3	31,1
Orge				26,1
Pois			13,1	15,1
Tourteau de soja	19,2	15,0	13,0	17,0
Tourteau de colza			8,0	
Tourteau de tournesol			5,0	
Milurex		5,0		
Corn gluten feed		5,0		8,0
AOV	0,5	0,5	0,5	0,5
sel	0,3	0,3	0,3	0,3
CaCO ₃	1,9	1,9	1,8	1,9
L Lysine	0,10	0,24		0,01
DL Methionine	0,02	0,02		0,03
Composition analytique prévisionnelle				
EN (1)	2250	2260	2240	2250
MAT	180	170	190	180
Lysine digestible (1)	8,3	8,4	8,2	8,3
Phosphore total	4,2	4,4	4,5	4,0
Phosphore phytique	3,0	3,2	3,5	2,8
Activité phytasique (U/kg)	1000	710	380	190
Digestibilité du Phosphore (%) (2)	41,0	35,3	32,1	33,2
Phosphore digestible	1,7	1,6	1,5	1,3
Composition analytique mesurée				
MAT				
Calcium	183	172	186	172
Phosphore total	7,2	7,7	8,4	7,8
Phosphore phytique	4,3	4,3	4,6	3,9
Activité phytasique (U/kg)	930	620	360	110

(1) Calculées d'après le logiciel PORFAL (ITP)

(2) Calculée d'après les valeurs de digestibilité mesurées (cf. tableau 2, p. 171)

en phosphore digestible. Les différences entre les valeurs de phosphore digestible prévisionnelles (calculées à partir des valeurs mesurées sur les matières premières) et mesurées sont de 29 %, 31 %, 20 %, et 15 % pour les aliments 15, 16, 17 et 18 respectivement (tableaux 3 et 4).

3. DISCUSSION

3.1. Matières premières

Les caractéristiques chimiques des matières premières de l'étude correspondent bien à la description que l'on peut en trouver dans les tables d'alimentation françaises (AFZ, 1998 ; ITP-ITCF-AGPM, 1998). Seul, le son de riz s'éloigne notablement des caractéristiques générales de ce produit (cellulose brute) y compris pour le phosphore total, le phosphore phytique et l'activité phytasique en comparaison aux données de EECKHOUT et DE PAEPE (1994). Le pourcentage de phosphore phytique du maïs, 95 %, est plus élevé que celui rapporté, 68 %, par EECKHOUT et DE PAEPE (1994). Pour le blé, l'activité phytasique est supérieure à la valeur moyenne de 500 U/kg décrite par BARRIER-GUILLOT et al., (1996a) mais inférieure à celle (1193 U/kg) donnée par EECKHOUT et DE PAEPE (1994). Il semblerait que les données fournies par ces derniers auteurs soient surestimées dans les conditions françaises, POINTILLART (1994) donnant des valeurs proches des nôtres. Pour le triticales, la valeur de 830 U/kg est plus proche de celle décrite (880 U/kg) par BARRIER-GUILLOT et al. (1994) que de celle (1688 U/kg) de EECKHOUT et DE PAEPE (1994). Les données publiées (POINTILLART, 1994 ; BARRIER-GUILLOT et al., 1994 et 1996a ; EECKHOUT et DE PAEPE, 1994) font donc ressortir des différences assez notables entre les teneurs en phosphore, phosphore phytique et surtout activité phytasique pour certaines matières premières communément employées dans les formules d'aliments pour porcs charcutiers.

On retrouve une valeur moyenne de digestibilité du phosphore des matières premières végétales (32,5 %) proche de la valeur de 30 % déjà décrite (INRA, 1989), valeur dont on ne peut se satisfaire puisque les digestibilités varient de 12,4 à 49,5 % suivant les matières premières. Le tableau 5 résume les données bibliographiques récentes. Suivant les sources de données, les valeurs peuvent être assez différentes. Elles peuvent refléter des méthodes de détermination différentes (JONGBLOED et al., 1999). Ainsi les valeurs NRC (1998) sont des valeurs relatives, de biodisponibilité, c'est à dire établies par comparaison à un phosphate de référence (CROMWELL, 1992) tandis que les valeurs hollandaises (JONGBLOED et al., 1999 ; CVB, 1999) et françaises sont issues de la méthode des bilans (calcul direct ou par différence comme décrit dans Matériel et Méthodes). On peut aussi noter que, excepté dans le cas du son de riz, les animaux ingèrent des quantités de phosphore inférieures à leurs besoins ce qui conduirait à maximiser les coefficients d'utilisation digestive du phosphore calculés pour les matières premières (JONGBLOED et al., 1999) et qui pourrait expliquer le décalage de 5 à 10 points de pourcentage, parfois observé, entre les digestibilités calculées d'après les tables et celles mesurées ici.

Les valeurs obtenues sur le maïs en France sont supérieures aux autres données de la bibliographie. Nous avons même déjà trouvé une valeur de 46 % (ITCF 1998, donnée non publiée) pour un maïs grain humide ensilé. Pour le blé nos valeurs sont inférieures aux données hollandaises et américaines. Les valeurs ITCF (tableau 5) sont proches des

Tableau 4 - Bilan de phosphore pour les aliments 15 à 18

Aliment	15	16	17	18	Probabilité sous HO (1)	ETR (2)
Digestibilité de la matière sèche (%)	86,2	85,3	84,7	85,8	NS	1,2
P ingéré (g/i)	5,2 ab	5,3 ab	5,7 a	4,7 b	**	0,3
P fécal (g/i)	2,5 b	2,7 b	3,4 a	2,9 b	**	0,3
Digestibilité du P (%)	51,0 a	48,8 ab	40,1 b	38,1 b	*	5,7
P digestible (g/kg)	2,2 a	2,1 a	1,8 ab	1,5 b	**	0,3

(1) NS : $P > 0,10$; * : $0,01 < P < 0,05$; ** : $0,001 < P < 0,01$

(2) ETR : écart type résiduel pour l'analyse de variance

a, b : groupes homogènes par le test de Newman et Keuls

Tableau 5 - Comparaison des données de la bibliographie

Références Matières Premières	Coefficient d'utilisation digestive du phosphore (%)				
	ITCF 1999 Présente étude	ITCF 1997* et 1998**	JONGBLOED et al. (1999)***	CVB (1999)	NRC (1998)
Maïs	30,8	24,0*-36,7**	12-26 (19)	20	14
Maïs ensilé humide	-	45,6**	36-52 (42)		
Maïs grain humide entier inerté	-	32,8**	-	-	-
Blé	39,4	37,6*-40,7**	46-51 (48)	48	50
Blé inerté	-	43,9**	-	-	-
Orge	32,9	-	34-44 (39)	39	30
Triticale	43,5	-	-	48	46
Sorgho	25,3	-	-	17	20
Pois	40,0	-	42-51 (45)	45	-
Tourteau soja 48	32,9	50,4*	33-46 (39)	39	31
Tourteau colza	32,0	-	22-33 (27)	27	-
Tourteau tournesol	19,0	-	9-20 (15)	15	3
Milurex	25,6	-	-	-	-
Son de blé	49,5	36,8*	-	30	29
Son de riz	12,4	-	9-20 (14)	14	25
Remoulage blanc	49,5	36,2*	-	30	41
Corn gluten feed	22,1	30,4*	12-32 (20)	20	59

* Données ITCF publiées par CHAUVEL (1997)

** Données ITCF non publiées (1998)

*** Entre parenthèses : valeur moyenne

données précédemment publiées par BARRIER-GUILLOT et al. (1996b) : digestibilités du phosphore comprises entre 38,5 et 41,5 % et, de valeurs mesurées dans un récent essai (ITCF 1998, données non publiées) où les digestibilités du phosphore de deux blés étaient de 40,7 et 43,9 %.

Des essais de prédiction de la digestibilité du phosphore à partir des constituants des matières premières n'ont permis de mettre en évidence, comme prédicteur, que l'activité phytasique des matières premières ($R^2=0,56$; $P<0,05$). Toutefois il faut souligner que notre étude comporte beau-

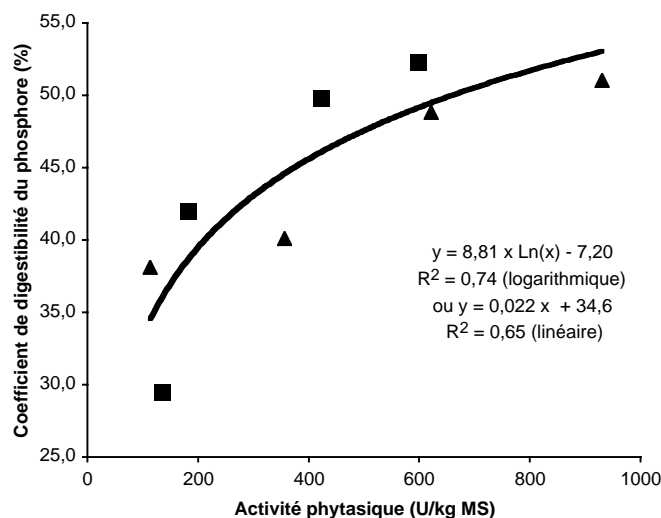
coup de céréales et issues à forte activité phytasique qui sont le support de cette corrélation. Ainsi même si ce prédicteur est un critère pertinent " intra " matière première comme dans le cas du blé (BARRIER-GUILLOT et al., 1996b) ou du triticale chez la volaille (BARRIER-GUILLOT et al., 1994), il semble dénué de tout intérêt pour prédire la digestibilité du phosphore des matières premières à faible activité phytasique (<300 U/kg) comme le pois (BARRIER-GUILLOT et al., 1994). Par ailleurs comme déjà souligné par POINTILLART (1994) et BARRIER-GUILLOT et al. (1996b), le phosphore phytique ou le rapport phosphore phytique sur phosphore total ne permettent pas de prédire la digestibilité du phosphore des matières premières.

3.2. Aliments

Les 18 aliments se situent dans une fourchette allant de 0,7 à 2,4 pour le rapport Ca/P, les aliments 15 à 18 étant même répartis sur une plage plus étroite (1,7 à 2). Pour certains auteurs (POINTILLART et GUÉGUEN, 1989 ; ECKHOUT et al., 1995 ; SEYNAEVE et al., 1997) le rapport Ca/P a peu d'influence sur la digestibilité du phosphore. Nous considérerons donc que les niveaux de calcium et les rapports Ca/P mesurés dans les aliments de notre étude n'ont pas eu d'action sur les valeurs de digestibilités du phosphore des matières premières ou des aliments. Toutefois, d'autres auteurs recommandent des rapports Ca/P de 1,3 (JONGBLOED, 1987) voire même de 1,0 pour des régimes pauvres en phosphore de type maïs soja (LIU et al., 1998) pour maximiser l'absorption du phosphore. Pour ces derniers une plus grande proportion de calcium entraîne, en particulier, la formation de complexes calcium phosphore faiblement solubles et donc peu digestibles.

Les mesures de phosphore total, de phosphore phytique ou d'activité phytasique réalisées sur les régimes 15 à 18 montrent que ces trois critères sont additifs. Peu de références traitent de l'additivité de l'activité phytasique des matières premières végétales. LATIMIER et POINTILLART (1993) ne retrouvent pas l'activité phytasique escomptée d'après la formulation sans doute à cause d'un problème d'estimation de l'activité phytasique des matières premières de leurs régimes et de dégradation de celle-ci au cours du temps alors que POINTILLART et al. (1993) observent dans un autre essai une bonne additivité pour ce critère. La difficulté à prédire l'activité phytasique réside dans la variabilité qui existe à l'intérieur d'une même matière première en ce qui concerne ce critère (BARRIER-GUILLOT et al., 1996a). POINTILLART (1994) signale ainsi des variabilités de 10 % pour les teneurs en phosphore total et phytique alors que l'activité phytasique peut varier du simple au triple. Il faut également souligner que l'additivité de l'activité phytasique d'origine végétale ne peut être préservée que dans le cas d'aliments présentés en farine. En effet des températures de granulation supérieures à 70-75°C entraînent une destruction de cette enzyme (POINTILLART, 1994 ; PABOEUF et al., 1999). Par ailleurs alors que le stockage sous forme de graines n'entraîne pas de diminution de cette activité enzymatique, le broyage induit une perte de plus de 40 % en 4 mois (NYS et al., 1996).

Figure 1 - Relation entre l'activité phytasique et la digestibilité du phosphore des régimes



Des résultats montrant une augmentation de la digestibilité du phosphore parallèlement à l'ajout d'activité phytasique microbienne ont été maintes fois rapportés (POINTILLART, 1994 ; 1998). Par contre, les données reliant la digestibilité du phosphore à l'activité phytasique d'origine végétale sont plus rares. Le graphique 1 reprend les données obtenues dans cet essai ainsi que quatre points obtenus dans un essai précédent à l'ITCF et publiés par CHAUVEL (1997). Nous obtenons une relation logarithmique ($R^2=0,74$; $P<0,01$) ou linéaire ($R^2=0,65$; $P<0,05$) entre l'activité phytasique et la digestibilité du phosphore. La relation linéaire obtenue est très proche de celle établie par NYS et al. (1996) sur volailles ou de celle de POINTILLART (rapportée par NYS et al., 1996) sur porc ($Y=0,02X + 32$ où $Y=CUD P$ et $X=$ activité phytasique). Nos résultats concordent avec ceux de ECKHOUT et DE PAEPE (1992) pour qui 500 U/kg de phytase de blé permettait d'augmenter la digestibilité du phosphore de 30 % ce que nous observons entre les régimes 18 et 16 (+28 % pour 500 U/kg).

Le point essentiel tient au fait que les teneurs en phosphore digestible des matières premières ne semblent pas additives quand on utilise des matières premières riches en phytase. En effet, les phytases, présentes dans certaines matières premières végétales, hydrolysent le phosphore phytique contenu globalement dans la formule améliorant la digestibilité de matières premières peu digestibles. Il convient donc de tenir compte de ces résultats en formulation puisque, dans le cas de régimes contenant de fortes activités phytasiques, on aurait tendance à sous estimer la digestibilité du phosphore et donc éventuellement à ajouter inutilement du phosphore minéral. Les conséquences peuvent être un surcoût de l'aliment et un rejet excessif de phosphore non utilisé par l'animal dans l'environnement. En outre, d'après PABOEUF et al. (1999) et POINTILLART et al. (1993), on peut supprimer toute supplémentation minérale dans des régimes croissance-finition convenablement pourvus en phytase végétale.

3. CONCLUSIONS

La grande variabilité de la digestibilité du phosphore des matières premières rend inopérante une valeur moyenne de 30 % lorsqu'il est souhaitable de réaliser une épargne du phosphore. Dans le cas de régimes présentés en farine et contenant une forte activité phytasique d'origine végétale, les teneurs en phosphore digestible des matières premières ne semblent pas additives. On peut alors se poser la question de l'utilité de valeurs provenant de tables de digestibilité dans ce contexte. Par contre, il est alors possible de prédire la digestibilité des régimes à partir d'équations de prédiction basées sur l'activité phytasique. Notre étude confirme que l'activité phytasique de régimes présentés en farine est un critère additif. Toutefois la détermination de valeurs tabulées utilisables en formulation est assez délicate étant donnée la forte variabilité qui existe au sein d'une famille de matières premières ou entre matières premières. Cependant, cet essai

n'aborde pas le cas des régimes granulés qui représentent une part importante des tonnages utilisés en alimentation porcine. Il conviendra de préciser, étant donnée la thermosensibilité des phytases végétales, s'il est préférable, pour ces régimes, d'utiliser des valeurs de digestibilité tabulées par matière première et mesurées après avoir inactivé la phytase de celles-ci comme l'a fait le CVB (1999) pour certaines céréales et issues. Par ailleurs, des travaux restent à réaliser pour préciser l'additivité d'action des phytases microbiennes et végétales.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient l'association ÉLITE pour sa participation financière à la réalisation de cette étude ainsi que les sociétés CCPA et ROQUETTE pour la fourniture de matières premières et A. POINTILLART pour la relecture critique de cet article.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AFZ, 1998. IO7, Banque de Données de l'Alimentation Animale. Version 4.0, Novembre 1998, A F Z, Paris, France.
- BARRIER-GUILLOT B., PALA TELES J.C., MÉTAYER J.P., MAUPETIT P., GÂTEL F., 1994. Colloque Annuel CRITT Valicentre, 93-104, Nouzilly, France.
- BARRIER-GUILLOT B., CASADO P., MAUPETIT P., JONDREVILLE C., GÂTEL F., 1996a. J. Sci. Food Agric., 70, 62-68.
- BARRIER-GUILLOT B., CASADO P., MAUPETIT P., JONDREVILLE C., GÂTEL F., 1996b. J. Sci. Food Agric., 70, 69-74.
- CHAUVEL J., 1997. Techniporc, 20 (4), 27-32.
- CORPEN, 1996. Programme d'action pour la maîtrise des rejets de phosphore provenant des activités agricoles. Ministère de l'Agriculture et de la Pêche et Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement.
- CROMWELL G.L., 1992. Pigs News and Information, 13 (2), 75N-78N.
- C.V.B. 1999. Veevoedertabel. Centraal Veevoederbureau, Lelystad, The Netherlands, pp 430.
- EECKHOUT W., DE PAEPE M., 1992. Revue de l'Agriculture, 45 (2), 195-216.
- EECKHOUT W., DE PAEPE M., 1994. Anim. Feed Sci. Technol., 47, 19-29.
- EECKHOUT W., DE PAEPE M., WARNANTS N., BEKAERT H., 1995. Anim. Feed Sci. Technol., 52, 29-40.
- I.N.R.A. 1989. L'alimentation des animaux monogastriques : porcs, lapins, volailles. INRA éd. Paris, pp 282.
- I.T.P. - I.T.C.F. - A.G.P.M., 1998. Tables d'alimentation pour les porcs. ITP éd., Paris, 31 p.
- JONGBLOED A.W., 1987. Phosphorus in the feeding of pigs. Doctoral Thesis, Wageningen Agricultural University, The Netherlands, pp 343.
- JONGBLOED A.W., EVERTS H., KEMME P.A., MROZ Z., 1999. In : A Quantitative Biology of the Pig, I. KYRIAZAKIS, CABI Publishing, 275-298, United Kingdom.
- LATIMIER P., POINTILLART A., 1993. Journées Rech. Porcine en France, 25, 277-286.
- LIU J., BOLLINGER D.W., LEDOUX D.R., VEUM T.R., 1998. J. Anim. Sci. 76, 808-813.
- N.R.C., 1998. Nutrient requirements of swine, Tenth Revised Edition. National Research Council, National Academy Press, 189 p.
- NYS Y., FRAPIN D., POINTILLART A., 1996. In : Phytase in animal nutrition and waste management. M.B. Coelho and E.T. Kornegay (eds), BASF, 213-236, USA.
- PABOEUF F., POINTILLART A., CORLOUËR A., LACROIX H., LATIMIER P., 1999. Journées Rech. Porcine en France, 31, 65-72.
- POINTILLART A., GUÉGUEN L., 1989. Summaries of the 40 th annual Meeting of the EAAP, vol I, 254, 27-31 August 1989, Dublin.
- POINTILLART A., COLIN C., LACROIX C., RADISSON J., 1993. Journées Rech. Porcine en France, 25, 233-238.
- POINTILLART A., 1994. INRA Prod. Anim., 7 (1), 29-39.
- POINTILLART A., 1998. C.R. Acad. Agric. Fr., 84, 1, 77-89.
- SEYNAEVE M., DE WILDE R.O., JANSSENS G., VAN NEVEL C., 1997. Proc.VII th Int. Symp. EAAP. EAAP pub., 88, 300-303.
- VAN CAUWENBERGHE S., JONDREVILLE C., BEAUX M.F., WILLIATTE I., GÂTEL F., 1997. Journées Rech. Porcine en France, 29, 205-212.