

IMPORTANCE DE L'ACTIVITÉ PHYTASIQUE DES CÉRÉALES POUR L'UTILISATION DES PHYTATES PAR LE PORC : COMPARAISON TRITICALE ET MAÏS

Annie FOURDIN, Nicole FONTAINE, A. POINTILLART

INRA - Station de Recherches de Nutrition - 78350 JOUY-EN-JOSAS

Avec la collaboration technique de P. CAMUS, C. COLIN et B. CAYRON

INTRODUCTION

Le phosphore phytique occupe une place importante dans la couverture des besoins en phosphore du porc (BAGHERI *et al.*, 1982). La digestibilité supérieure du phosphore phytique du blé (comparée à celle du maïs), a pu être attribuée à l'activité phytasique élevée de cette céréale (POINTILLART *et al.*, 1984). Le seigle possède également une phytase très active (REDDY *et al.*, 1982) et il en est probablement de même pour le triticales, hybride du seigle et du blé. En effet, chez la poule pondeuse, la disponibilité du phosphore du triticales est d'au moins 55 % et la présence de cette céréale dans les régimes pourrait accroître la disponibilité du phosphore des autres composants de la ration, voire rendre inutile la supplémentation en phosphore minéral (SAUVEUR, 1984). Enfin, étant donné ses qualités nutritionnelles, « phytotechniques » et boulangères (BERNARD et LAROCHE, 1985 ; HALE *et al.*, 1985), le triticales pourrait être appelé à occuper une place non négligeable parmi les céréales secondaires. C'est pourquoi l'utilisation du phosphore phytique du triticales a été étudiée, chez le porc en croissance, en la comparant avec celle du maïs, céréale pratiquement dépourvue d'activité phytasique.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Douze porcelets de race Large-White, âgés de 83 à 91 jours, pesant $27,8 \pm 0,4$ kg ont été répartis en deux groupes de 6 : T (triticales) ou M (maïs). Les régimes expérimentaux ont été distribués pendant 6 semaines et un bilan de 10 jours réalisé sur 4 animaux de chaque lot, deux semaines avant le sacrifice.

Les deux régimes, presque exclusivement (80 à 90 %) composés de céréales, triticales (T) ou maïs (M), contenaient des quantités similaires de P, total ou phytique, et n'étaient pas supplémentés en P minéral et donc insuffisants en phosphore (0,4 % contre 0,6 % normalement selon GUEGUEN et PEREZ, 1981) (Tableau 1). Les apports d'énergie, de protéines, de vitamines et d'oligo-éléments étaient équivalents. En fait, ces régimes ne différaient essentiellement que par leur activité phytasique, l'un (T) ayant une activité environ 45 fois supérieure à l'autre (M). Contrairement aux précédents essais (POINTILLART *et al.*, 1984, 1985 a ; FONTAINE *et al.*, 1985), ils étaient supplémentés en vitamine D (1500 UI/kg). Le contenu en Ca (0,5 %) était inférieur aux recommandations (0,95 %) afin de tenir compte du fait que les animaux étaient carencés en phosphore, ce qui ne permet pas une rétention calcique normale, l'excès relatif de calcium absorbé étant excrété dans les urines (POINTILLART *et al.*, 1985 a).

Le sang a été prélevé à trois reprises au cours de l'expérience ; avant la distribution des régimes expérimentaux, à mi-expérience et enfin à l'abattage afin de suivre les variations de la phosphatémie et de la calcémie. La composition minérale des os a été déterminée sur les échantillons d'os cortical et d'os spongieux des métatarsiens ainsi que sur les péronés entiers. La résorption osseuse a été estimée par l'intermédiaire du dosage de l'hydroxyproline dans les urines récoltées au cours du bilan. Des prélèvements de muqueuse de l'intestin grêle (duodénum, jéjunum, iléon) ont permis de mesurer les activités phosphatasiques (phytase et phosphatase alcaline) intestinales. La méthodologie a été décrite en détail précédemment (POINTILLART *et al.*, 1984 ; FONTAINE *et al.*, 1985).

TABLEAU 1
COMPOSITION DES RÉGIMES (EN %)

INGRÉDIENTS	« TRITICALE »	« MAÏS »
Isolat protéique de soja	7,5	9,2
Triticale	80	—
Maïs	—	89
Sucre cristallisé	5,7	—
Huile de maïs	5	—
CMV*	1,8	1,8
Phosphore total	0,40	0,35
Phosphore phytique	0,22	0,19
Calcium	0,55	0,50
Vitamine D ₃ **	1 500	1 500
Activité phytasique***	440	9

* Ne contenant pas de phosphore.

** Ajoutée, en UI/kg d'aliment.

*** en mUI/g d'aliment ; 1 UI = 1 μ mole de P libéré/mn.

Teneur en protéines brutes : 16 %.

Energie digestible estimée : 3 500 Kcal/kg.

RÉSULTATS ET COMMENTAIRES

1) CROISSANCE, CONSOMMATION (tableau 2)

Les poids des animaux à l'abattage ne sont pas significativement différents, mais le gain moyen quotidien (GMQ) des porcs nourris avec le régime triticale est significativement plus élevé que celui obtenu avec l'autre régime, pour une consommation alimentaire identique (2,1 kg/jour au cours du bilan) donc, l'indice de consommation est meilleur avec le triticale qu'avec le maïs.

TABLEAU 2
PERFORMANCES

Régime	Triticale	Maïs
P.V. abattage, kg	60,7 \pm 1,3	57,7 \pm 0,7*
GMQ, kg/j	0,71 \pm 0,02	0,64 \pm 0,02**
I.C.	2,45 \pm 0,07	2,70 \pm 0,09**

* 0,05 < P < 0,10 ; ** P < 0,05 ; test t ; moyennes (n = 6) ; \pm écart-type de la moyenne.

2) ÉVOLUTION DE LA CALCÉMIE ET DE LA PHOSPHATÉMIE (tableau 3)

Les deux régimes entraînent une augmentation significative, comparable, de la calcémie après

3 semaines, qui se maintient jusqu'à l'abattage, 3 semaines plus tard. Par contre, si la phosphatémie est significativement diminuée dans les 2 groupes, la chute est plus importante après 3 semaines avec le régime « Maïs » (-29 %) qu'avec le régime « Triticale » (-13 %, $P < 0,05$). A l'abattage, les hypophosphatémies sont de même amplitude pour les 2 lots, car celle du lot T a continué à diminuer significativement (de 10 % par rapport à la valeur précédente) celle du lot M ne diminuant plus. Autrement dit, la carence en P se manifeste plus rapidement avec le régime à base de maïs qu'avec celui à base de triticale.

TABLEAU 3
VARIATIONS DE LA CALCÉMIE ET DE LA PHOSPHATÉMIE (en mg/100 ml)

Période		Début	3 semaines	6 semaines
Ca	Triticale	10,2b	11a	10,7a
	Maïs		11,3a	10,8a
P	Triticale	11,4a	9,9b	8,9c
	Maïs		8,1c	7,4c

a, b, c : les moyennes ne portant pas les mêmes lettres en indice sont différentes ($P < 0,05$, test de comparaison multiple des moyennes). Pour la 1^{re} colonne $n = 12$, les 2 suivantes $n = 6$.

écart-type $\left\{ \begin{array}{l} P = \pm 0,93 \text{ (F = 21,3, } P < 0,01) \\ Ca = \pm 0,54 \text{ (F = 4,89, } P < 0,05) \end{array} \right.$

3) UTILISATION DU PHOSPHORE, PHOSPHATASES INTESTINALES (tableaux 4 et 5)

Avec le régime « triticale », l'absorption du phosphore, en g/j, est supérieure à celle observée avec le « maïs », le gain ((T-M)/M, en %) est de plus de 50 %, il n'est donc pas dû à l'écart des quantités ingérées (écart de 1 g) qui n'est que de 14 %, ce que confirme la différence significative, importante (35 % d'écart, $(T-M)/M \times 100$), entre les coefficients d'absorption, exprimés en % de l'ingéré (CUDa). Cette meilleure digestibilité avec le triticale n'est pas due à une stimulation de l'activité phytasique intestinale puisque celle-ci est identique dans les 2 lots : $1,2 \pm 0,2$ et $1,0 \pm 0,2$ mUI/mg de protéines de la muqueuse, pour T et M respectivement (moyennes au niveau du jéjunum). L'activité de la phosphatase alcaline intestinale n'est pas non plus modifiée par le type de céréale ingérée, les valeurs étant comparables (tableau 5) pour les 2 lots, quel que soit le segment. Elles sont similaires à celles observées dans les essais antérieurs sur la digestibilité des phytates (POINTILLART *et al.*, 1985 a, b) ; les plus élevées se situent au niveau jéjunal et les plus basses au niveau duodéal. La digestibilité supérieure de P du triticale n'apparaît donc pas non plus liée à une stimulation de l'activité phosphatasique intestinale. L'ensemble de ces résultats s'accorde avec les résultats antérieurs chez le porc (POINTILLART *et al.*, 1985 a, b ; FONTAINE *et al.*, 1985), mais également avec ceux d'autres auteurs, chez le rat (MOORE et VEUM, 1983 a et b). Donc, les phosphatases intestinales (phytase et phosphatase alcaline) n'interviendraient pas dans l'absorption du phosphore et c'est l'activité phytasique supérieure des graines de triticale, et non celle de l'intestin, qui est vraisemblablement à l'origine de l'amélioration de la digestibilité du phosphore phytique.

TABLEAU 4
BILANS DU PHOSPHORE

Lot	Ingéré g/j	Absorbé g/j	CUDa %	Urinaire mg/j	Retenu g/j	Rétention %
T	$8,3 \pm 0,02$	$5,4 \pm 0,1$	65 ± 1	408 ± 15	$5,0 \pm 0,1$	60 ± 2
M	$7,3 \pm 0,02^{**}$	$3,5 \pm 0,2^{**}$	$48 \pm 3^{**}$	$40 \pm 5^{**}$	$3,4 \pm 0,2^{**}$	$47 \pm 3^{**}$

Moyennes ($n = 4$) \pm écart-type de la moyenne. ** $P < 0,01$; test t.

TABLEAU 5
ACTIVITÉ PHOSPHATASIQUE DE LA MUQUEUSE INTESTINALE (en mUI/mg de protéines)

Phosphatase alcaline	Duodénum	Jéjunum	Iléon
T	53 ± 7a	207 ± 21b	94 ± 15c
M	56 ± 12a	190 ± 29b	116 ± 25c

a, b, c : cf. Tableau 3.
 Moyennes (n = 6) ± écart-type de la moyenne.

L'excrétion urinaire de phosphore est significativement plus faible (0,5 % de l'ingéré) chez les porcs nourris avec le maïs que celle de ceux nourris avec le triticale (5 % de l'ingéré). Toutefois, si l'on compare ces excrétions urinaires à celles de porcs alimentés avec un régime classique (POINTILLART et FONTAINE, 1983), les 2 régimes, « maïs » et « triticale », entraînent une hypophosphaturie ; ce que souligne le calcul de la rétention en % de l'absorbé. Ainsi, 93 (T) à 97 % (M) de P absorbé est retenu, ce qui n'apparaît que chez les porcs carencés en phosphore (POINTILLART *et al.*, 1984, 1985 a). Cette hypophosphaturie fait que les écarts rencontrés au niveau des absorptions se retrouvent au niveau de la rétention, accrue d'environ 50 % en valeur absolue (g/j, (T-M)/M × 100) et de 30 % en valeur relative (en % de l'ingéré) avec le triticale.

4) ABSORPTION ET RÉTENTION DU CALCIUM (tableau 6)

L'absorption (en g/jour ou en % de l'ingéré, CUDa) du calcium ne diffère pas d'un lot à l'autre. Le fait que les porcs soient carencés en phosphore n'a donc pas modifié l'absorption calcique, les CUDa (environ 50 %) étant comparables aux valeurs habituelles (POINTILLART et FONTAINE, 1983). Bien que les coefficients de rétention soient comparables, la quantité de calcium retenue quotidiennement est significativement plus faible avec le régime maïs. L'écart avec le triticale étant le double de celui constaté au niveau des quantités de Ca ingéré ((T-M)/M = 12,5 %), il s'agit probablement d'un effet propre aux régimes. Ceci est confirmé par le fait que la calciurie des porcs alimentés avec le maïs est 3 fois plus élevée que celle des porcs alimentés avec le triticale et ce malgré un apport calcique légèrement inférieur. La calciurie varie de 3 (T) à 9 % (M) du calcium ingéré, celle-ci étant normalement négligeable chez le porc (≤ 1 %, POINTILLART et FONTAINE, 1983), l'ensemble des animaux présente donc une hypercalciurie, plus ou moins sévère suivant les régimes. Ceci provient probablement d'une rétention osseuse de calcium rendue défectueuse par l'insuffisance de P. En effet, le dépôt des minéraux dans l'os se fait conjointement, sous une forme, l'hydroxyapatite, qui est un phosphate tricalcique complexe. La minéralisation exige donc la présence simultanée de Ca et P, si l'un des deux manque, comme c'est le cas ici, l'autre ne peut donc être fixé. La rétention plus faible de P, chez les porcs du lot M, a donc entraîné une rétention calcique diminuée et l'excès, relatif, de Ca absorbé, une plus grande excrétion urinaire de Ca.

TABLEAU 6
BILANS DU CALCIUM

Lot	Ingéré g/l	Absorbé g/l	CUDa %	Urinaire g/l	Retenu g/l	Rétention %
T	11,7 ± 0,04	5,6 ± 0,2	48 ± 2	0,3 ± 0,1	5,3 ± 0,2	45 ± 2
M	10,4 ± 0,03**	5,2 ± 0,3	50 ± 3	0,9 ± 0,1**	4,3 ± 0,3**	41 ± 3

Moyennes (n = 4) ± écart-type de la moyenne.
 ** P < 0,01, test t.

5) ASPECTS OSSEUX (tableau 7)

Si la composition minérale de l'os compact (diaphyse des métatarsiens) n'est pas affectée par le type de céréale consommée, il n'en est pas de même pour l'os spongieux (prédominant dans les

épiphyses). En effet, la teneur en cendres ($P < 0,05$) et en phosphore ($0,10 > P > 0,05$) des métatarsiens du lot T est supérieure, tandis que celle du calcium est comparable, à celle observée pour le lot M. Les analyses portant sur le péroné entier sont encore plus démonstratives. En effet, rapportées à la matière sèche, non seulement les teneurs en cendres ($P < 0,01$) et en phosphore ($P < 0,01$) mais également celles de calcium ($P < 0,01$) sont plus élevées avec le régime « triticale » qu'avec le régime « maïs » ainsi que le contenu total de l'os en cendres ($P < 0,05$), en calcium ($P < 0,05$) et, dans une moindre mesure, celui de P ($0,05 < P < 0,10$). Pour la plupart de ces valeurs, les écarts maïs/triticale sont de l'ordre de 10 % et donc voisins de ceux enregistrés pour les quantités de minéraux ingérées. Toutefois, il est extrêmement rare, chez le porc, de rencontrer des effets osseux significatifs aussi marqués avec d'aussi faibles différences dans les apports. Ainsi, chez le porc carencé en calcium (POINTILLART et FONTAINE, 1983), le calcium osseux diminuait de 20 % (comparé aux témoins) mais avec un écart de 1 à 7 (0,1 vs 0,7 % de Ca) entre les apports calciques et non de 1 à 1,2 comme ici. L'écart de minéralisation entre les 2 lots est, selon nous, la conséquence logique des différences apparues au niveau de l'absorption et de la rétention du phosphore (cf. § 3 et 4), ce qui se traduit par une minéralisation (un contenu en minéraux) plus faible quand le régime est à base de maïs. Donc le phosphore organique de cette céréale est moins disponible que celui du triticale et ce résultat concorde avec ceux obtenus par SAUVEUR (1984) chez la poule pondeuse. En outre, pour les 2 lots, les teneurs en cendres, Ca et P de l'os spongieux ($Ca \leq 15\%$, $P \leq 6\%$, cendres $\leq 40\%$ de l'os sec) sont assez faibles en regard de celles observées chez des porcs d'âge comparable mais non carencés en P (POINTILLART et FONTAINE, 1983), ce qui témoigne des effets néfastes de la carence en phosphore sur l'os, quel que soit le régime. En effet, les besoins en P du porc en croissance se situent entre 5 et 6 g/kg d'aliment (entre 9,5 et 12 g/jour ; GUEGUEN et PEREZ, 1981) soit davantage que les apports utilisés dans cet essai : 3,5 à 4 g/kg soit 7 à 8 g de P ingéré quotidiennement. L'excrétion urinaire d'hydroxyproline est de 310 ± 36 et de 237 ± 63 mg/jour pour les lots T et M respectivement, l'écart n'est pas significatif ($P > 0,10$) ce qui reflète une résorption osseuse comparable. Ainsi, les rétentions minérales différentes proviendraient d'un trouble de la formation osseuse (accrétion), plus importante avec le maïs qu'avec le triticale.

TABLEAU 7
COMPOSITION MINÉRALE DES OS (en % de l'os sec)

		CENDRES	CALCIUM	PHOSPHORE
MÉTATARSISIENS				
Epiphyses	T	$39,6 \pm 1$	$15,4 \pm 0,8$	$6,5 \pm 0,2$
	M	$35,6 \pm 1,6^*$	$14,2 \pm 1,2$	$5,8 \pm 0,3^\bullet$
Diaphyses	T	$59,7 \pm 0,8$	$23,7 \pm 0,5$	$9,2 \pm 0,1$
	M	$60,2 \pm 0,5$	$23,5 \pm 0,5$	$9,0 \pm 0,2$
PÉRONÉ ENTIER				
en %	T	$58,0 \pm 0,6$	$20,4 \pm 0,3$	$9,6 \pm 0,2$
	M	$53,0 \pm 0,8^{**}$	$18,5 \pm 0,4^{**}$	$8,7 \pm 0,1^{**}$
<i>Contenu total de l'os en grammes</i>				
	T	$3,46 \pm 0,15$	$1,22 \pm 0,06$	$0,57 \pm 0,03$
	M	$2,90 \pm 0,19^*$	$1,02 \pm 0,06^*$	$0,48 \pm 0,03^\bullet$

** $P < 0,01$, * $P < 0,05$, $^\bullet 0,05 < P < 0,10$, test t. Moyennes \pm écart-type de la moyenne. Epiphyses, diaphyses : 6 porcs, 2 échantillons d'os par porc, Péroné entier $n = 6$.

DISCUSSION

1) Les performances supérieures constatées avec le triticale résultent probablement d'une meilleure valorisation du phosphore phytique due à la présence de phytase dans cette céréale. En effet, les autres facteurs (énergie, protéines, vitamine D) étaient tout à fait comparables d'un lot à l'autre et, même si les quantités de calcium et de phosphore ingérées différaient significativement, l'écart était trop faible pour justifier des croissances différentes. Ainsi, avec des apports P-Ca

accrus de 30 %, ni l'indice de consommation, ni les GMQ ne sont modifiés, chez le porc, entre 10 et 100 kg (cf. POINTILLART, 1984). Autrement dit, les effets de la carence en P se font davantage ressentir avec le régime « maïs » qu'avec le régime « triticale ». Par contre, quand les apports de P sont normaux, triticale et maïs permettent des performances similaires, chez le porc en croissance, selon HALE *et al.*, (1985). Par ailleurs, les GMQ observés au cours de cet essai sont très supérieurs ($\times 2$ au moins) à ceux précédemment obtenus chez des porcs également carencés en phosphore (0,3 % de P), mais non supplémentés en vitamine D (POINTILLART *et al.*, 1984) ; l'apport de 1500 UI de D₃ a donc vraisemblablement eu un effet bénéfique sur la croissance comme cela a été montré chez des porcs préalablement carencés en vitamine D (FONTAINE *et al.*, 1985).

2) Les phosphatémies relevées dans cet essai (7,4 à 11,4 mg/100 ml) sont, dans l'ensemble, supérieures à celles (6 à 7,6 mg/100 ml) des porcs soumis à une carence en phosphore tout à fait comparable (POINTILLART *et al.*, 1984), ce qui, là aussi, serait en relation avec l'apport plus important de vitamine D₃ (1500 UI contre 0 UI ajoutées dans l'essai 1984). En effet, cette vitamine est nécessaire au maintien d'une phosphatémie normale (POINTILLART *et al.*, 1978) et fait disparaître l'hypophosphatémie, classique chez les porcs recevant un régime riche en phytates (POINTILLART *et al.*, 1985 a ; FONTAINE *et al.*, 1985). La présence de vitamine D, en quantité importante, a également permis l'apparition de l'hypercalcémie qui accompagne l'hypophosphatémie liée à l'insuffisance des apports de P (PIERCE *et al.*, 1977 ; CROMWELL *et al.*, 1970). En effet, chez les porcs soumis à un régime riche en phosphore phytique mais carencé en vitamine D apparaît une hypocalcémie dont la gravité varie en raison inverse de celle de l'hypophosphatémie, mais il n'y a pas d'hypercalcémie possible en raison du rôle essentiel joué par la vitamine D dans l'absorption du calcium (POINTILLART *et al.*, 1984, 1985 b ; FONTAINE *et al.*, 1985).

3) Digestibilité du phosphore organique

Comme pour le blé (POINTILLART *et al.*, 1984), l'activité phytasique élevée du triticale est à l'origine de la meilleure digestibilité des phytates de cette céréale. En outre, les CUDa et les coefficients de rétention du phosphore du présent essai (CUDa maïs : 48 %, triticale : 65 %) sont très supérieurs à ceux obtenus dans l'essai 1984 (CUDa maïs : 29 %, blé : 46 %) avec des apports de P sensiblement identiques (0,35 ; 0,40 ; 0,33 ; 0,36 %) mais des contenus en vitamine D très différents (1500 UI, 1986 ; pas de supplémentation, 1984). En l'absence de phytase, la supplémentation en vitamine D (1000 UI/kg, FONTAINE *et al.*, 1985) peut doubler l'absorption de P phytique et c'est donc probablement la supplémentation en vitamine D qui a amélioré la digestibilité de P phytique, soit seule dans le cas du maïs, soit en synergie avec la phytase alimentaire dans le cas du triticale.

4) Conclusion et perspectives

Le phosphore phytique, en présence de vitamine D, est beaucoup mieux utilisé quand l'aliment possède une forte activité phytasique. Toutefois, un complément minéral demeure indispensable comme l'indique la persistance dans les 2 lots de troubles du métabolisme phosphocalcique (hypophosphatémie, hypercalciurie notamment).

Ainsi, contrairement à ce qui serait possible chez la poule pondeuse (SAUVEUR, 1984), chez le porc, le triticale ne suffit pas, à lui seul, à pourvoir aux besoins en phosphore, même s'il permet une meilleure disponibilité des phytates. Ces résultats laissent également entrevoir l'intérêt qu'il y aurait à augmenter l'activité phytasique des régimes afin de valoriser davantage le phosphore d'origine végétale. Ils confirment aussi que le triticale est une bonne céréale pour l'alimentation des porcs (HALE *et al.*, 1985).

BIBLIOGRAPHIE

- BAGHERI S.M., FONTAINE N., POINTILLART A., GUEGUEN L., 1982. In : Physiologie digestive chez le porc (I.N.R.A., éd. Paris), Les colloques, **12**, pp 247-260.
- BERNARD M., LAROCHE G., 1985. Bull. Tech. Inf., (397-398), 109-112.
- CROMWELL G.L., HAYS V.W., CHANEY C.H., OVERFIELD J.R., 1970. J. Anim. Sci. **30**, 519-525.
- FONTAINE N., FOURDIN A., POINTILLART A., 1985. Reprod. Nutr. Dévelop., **25** (4A), 717-727.
- GUEGUEN L., PEREZ J.M., 1981. Proc. Nutr. Soc., **40**, 273-278.

- HALE O.M., MOREY D.D., MYER R.O., 1985. *J. Anim. Sci.*, **60**, 503-510.
- MOORE R.J., VEUM T.L., 1983 a. *Br. J. Nutr.*, **49**, 145-152.
- MOORE R.J., VEUM T.L., 1983 b. *Nutr. Rep. Int.*, **27**, 1267-1275.
- PIERCE A.B., DOIGE C.E., BELL J.M., OWEN B.D., 1977. *Can. J. Anim. Sci.*, **57**, 573-589.
- POINTILLART A., 1984. *Les dossiers de l'élevage*, **5** (4), 29-48.
- POINTILLART A., GAREL J.M., GUEGUEN L., 1978. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **18** (1), 167-174.
- POINTILLART A., FONTAINE N., 1983. *J. Rech. Porcine en France*, **15**, 373-384.
- POINTILLART A., FONTAINE N., THOMASSET M., 1984. *Nutr. Rep. Int.*, **29**, 473-483.
- POINTILLART A., JAY M.-E., FONTAINE N., 1985 a. *J. Rech. Porcine en France*, **17**, 463-472.
- POINTILLART A., FONTAINE N., THOMASSET M., JAY M.-E., 1985 b. *Nutr. Rep. Int.*, **32** (1), 155-167.
- SAUVEUR B., 1984. *Nutr. Rep. Int.*, **29**, 911-919.
- REDDY N.R., SATHE S.K., SALUNKHE D.K., 1982. *Adv. Food. Res.*, **28**, 1-98.