

# Influence de la substitution du tourteau de soja par des graines de lupin, avec ou sans complément d' $\alpha$ -galactosidase, sur la digestibilité des régimes et la rétention azotée du porc en croissance

Eric FROIDMONT (1), Olivia SCHOELING (2), Françoise DELIÈGE (3), Bernard WATHELET (4), José WAVREILLE (1), Nicole BARTIAUX-THILL (1)

(1) Centre de Recherches agronomiques, Département Productions et Nutrition animales, rue de Liroux 8, 5030 Gembloux, Belgique

(2) Faculté universitaire des Sciences agronomiques, Unité de Zootechnie, passage des Déportés 2, 5030 Gembloux, Belgique

(3) Haute Ecole Charlemagne, rue St Victor 3, 4500 Huy, Belgique

(4) Faculté universitaire des Sciences agronomiques, Unité de Chimie biologique industrielle, passage des Déportés 2, 5030 Gembloux, Belgique

avec la collaboration technique de P. BOSH (1), A. COLINET (1) et A. PIRE (1)

## Influence de la substitution du tourteau de soja par des graines de lupin, avec ou sans complément d' $\alpha$ -galactosidase, sur la digestibilité des régimes et la rétention azotée du porc en croissance

Trois régimes iso-protéiques et iso-énergétiques ont été distribués à trois lots de quatre porcs Landrace Piétrain ( $37,4 \pm 1,16$  kg) munis d'une canule en aval de la valvule iléocaecale. Ces régimes contenaient plus de 70 % de froment et 15 % de tourteau de soja (Régime « tourteau de soja ») ou 20 % de graines de lupin avec ou sans complément d' $\alpha$ -galactosidase (Régime « lupin +  $\alpha$ -gal » et Régime « lupin », respectivement). L'ajout d' $\alpha$ -galactosidase a réduit l'excrétion d'N urinaire par rapport au régime « lupin » et permis d'atteindre une rétention azotée équivalente à celle observée pour le régime « tourteau de soja ». Les pertes fécales d'N étaient supérieures avec les régimes à base de lupin suite, probablement, à une plus grande activité fermentaire dans le colon. L'ajout d' $\alpha$ -galactosidase tendait à accroître les digestibilités iléales apparentes des acides aminés. La thréonine était le premier acide aminé limitant dans les trois régimes, tant sur base de la comparaison du profil en acides aminés digestibles à celui de la protéine idéale que sur base de l'utilisation des acides aminés par l'animal. L'ajout d' $\alpha$ -galactosidase tendait à accroître la digestibilité iléale des  $\alpha$ -galactosides comparativement aux régimes « tourteau de soja » et « lupin ». Les résultats suggèrent que les  $\alpha$ -galactosides contenus dans les graines de lupin interfèrent sur la digestion et limitent la valorisation du lupin par le porc en croissance. L'ajout d' $\alpha$ -galactosidase au régime « lupin » a limité l'effet néfaste des  $\alpha$ -galactosides et permis d'atteindre des performances zootechniques similaires à celles observées avec le régime « tourteau de soja ».

## Influence of replacing soybean meal by lupin seeds, with or without a supplement containing $\alpha$ -galactosidase, on digestibility and nitrogen retention in growing pigs

Three iso-nitrogenous and iso-energetic diets were fed to three groups of four Landrace x Piétrain pigs ( $37,4 \pm 1,16$  kg) fitted with a cannula positioned after the ileocaecal valve. Diets contained more than 70 % wheat and either 15 % soybean meal ('soybean meal' diet) or 20 % lupin seeds with or without an  $\alpha$ -galactosidase supplement ('lupin +  $\alpha$ -gal' diet and 'lupin' diet, respectively). The addition of  $\alpha$ -galactosidase decreased urinary N excretion compared to the 'lupin' diet and resulted in a similar level of N retention compared to the 'soybean meal' diet. Faecal N losses were higher with diets containing lupin, probably due to higher microbial activity in the large intestine. Apparent ileal digestibility of amino acids tended to be increased by the  $\alpha$ -galactosidase supplement. Threonine was the first limiting amino acid in the three diets on the basis of both ; the digestible amino acid pattern compared to the "ideal protein" and the utilisation of amino acids by the animals. The addition of  $\alpha$ -galactosidase tended to increase the ileal digestibility of  $\alpha$ -galactosides compared to the 'soybean meal' and 'lupin' diets. Results suggest that the  $\alpha$ -galactosides found in lupin seeds interfere with digestion and therefore, limit their use in growing pig diets. However, the  $\alpha$ -galactosidase supplement in the 'lupin' diet reduced the harmful effects of  $\alpha$ -galactosides and resulted in similar growth performance compared with that obtained with the 'soybean meal' diet.

## INTRODUCTION

La production porcine est largement tributaire de l'importation de tourteau de soja comme source de protéines alimentaires. La dépendance de l'Europe envers la production de soja américain ne permet pas de garantir la sécurité d'approvisionnement ni l'absence de contaminants ou d'OGM. La relance d'un plan d'autonomie en protéines végétales au niveau communautaire est dès lors nécessaire, surtout dans le cadre d'une production en filière de qualité différenciée. Par ailleurs, le développement des protéagineux s'inscrit parfaitement dans une stratégie de développement durable. Leurs cultures présentent en effet un grand intérêt pour le maintien de la structure des sols et sont peu exigeantes en intrants et en produits phytosanitaires.

Le lupin, plus riche en protéines (36 % MS) que le pois (24 % MS) et la féverole (28 % MS), est le protéagineux le plus susceptible de remplacer le tourteau de soja dans l'alimentation porcine. Des variétés pauvres en certains facteurs anti-nutritionnels, comme les alcaloïdes, ont déjà été sélectionnées. Le lupin contient cependant toujours des  $\alpha$ -galactosides, comme le raffinose, le stachiose ou le verbascose (VELDMAN et al., 1993), non digérés dans l'intestin grêle du porc suite à l'ab-

sence d' $\alpha$ -galactosidases dans les sécrétions digestives (CARRE et al., 1985), et dès lors susceptibles d'interférer sur l'absorption des nutriments (GDALA et al., 1997) ainsi que de provoquer des problèmes de flatulence suite à leur fermentation dans le gros intestin (DELZENNE et ROBERT-FROID, 1994).

Cet essai étudie l'incidence de la substitution partielle du tourteau de soja par des graines de lupin blanc (var. Arès), en présence ou non d'un complément d' $\alpha$ -galactosidase, sur les digestibilités iléale et fécale apparentes des nutriments et la rétention azotée du porc en croissance.

## 1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

### 1.1. Schéma expérimental

Douze porcs Landrace Pietrain ( $37,4 \pm 1,16$  kg), munis d'une canule au caecum et maintenus en cages à digestibilité, ont été répartis en trois lots homogènes recevant trois régimes différents (tableau 1) selon un dispositif expérimental complètement aléatoire. Les régimes, formulés sur une base froment, différaient essentiellement par la source de protéines ('tourteau de soja' ou 'lupin') et la présence

**Tableau 1-** Composition (% MS), valeur nutritionnelle (g/kg MS) et ratio comparatifs des régimes

	Régime 'Tourteau de soja'	Régime 'Lupin'	Régime 'Lupin + $\alpha$ -gal.'
<b>Ingrédients</b>			
Froment	73,64	72,73	72,73
Tourteau de soja	15,04	2,25	2,25
Lupin	-	20,18	20,18
Huile de soja	1,47	-	-
CMV <sup>1</sup>	3,25	3,38	3,38
L-lysine	0,38	0,42	0,42
DL-méthionine	0,07	0,11	0,11
Tryptophane	-	0,03	0,03
Bicarbonate de Na	0,34	0,90	0,90
Son	5,80	-	-
$\alpha$ -galactosidase, GALU/kg MS	-	-	907
<b>Valeur nutritionnelle</b>			
Protéines brutes	181,7	181,4	181,4
Cellulose brute	35,4	42,9	42,9
NDF	152,9	124,5	124,5
ADF	56,4	54,0	54,0
Matières grasses	26,7	31,8	31,8
Amidon <sup>2</sup>	498,5	496,9	496,9
Energie nette (kJ) <sup>2</sup>	9337	9323	9323
Ca <sup>2</sup>	8,8	8,7	8,7
P <sup>2</sup>	7,5	6,5	6,5
P digestible <sup>2</sup>	3,3	3,1	3,1
<b>Ratio<sup>2</sup></b>			
Prot. (g) / MJ EN97	17,14	17,19	17,19
Lys dig. (g) / MJ EN97	0,89	0,89	0,89
Ca / P total	1,17	1,34	1,34
Ca / P digestible	2,65	2,79	2,79
Met dig. / Lys. dig.	0,31	0,31	0,31
Met+Cys dig / Lys dig.	0,63	0,63	0,63
Trp dig. / Lys dig.	0,20	0,20	0,20
Thr dig. / Lys dig.	0,64	0,66	0,66

<sup>1</sup> Porcomin Focazo 30SP, Radar, Deinze, Belgium. Composition (%) : Ca 21.5, Na 4.0, Mg 0.4, P 8.5 ; (mg/kg) : Fe 3330, Cu 670, Mg 1330, Co 33, Zn 2500, I 33, Se 13 ; (UI/kg) : Vit A 266000, Vit D3 66700.

<sup>2</sup> estimés sur base des tables alimentaires hollandaises (CVB, 1999)

ou non d'un complément d' $\alpha$ -galactosidase ('lupin' ou 'lupin +  $\alpha$ -gal'). Ils sont iso-protéiques, iso-énergétiques et leur valeur nutritionnelle est similaire sur base des tables alimentaires (CVB, 1999). Les rations étaient distribuées en deux repas identiques, à 08h00 et 20h00, sous forme de soupe (1 part d'eau / 1 part d'aliment), à un niveau d'ingestion quotidien en début d'essai de 90 g MS/kg<sup>0,75</sup>/j. L' $\alpha$ -galactosidase (E.C. 3.2.1.22 - Roche Vitamins NV, Deinze, Belgium - Alpha-Gal 1000 L), fournie sous forme liquide, était diluée dans de l'eau (40 g de produit à 1000 GALU<sup>1</sup>/g pour 49,960 litres d'eau, soit 800 GALU/kg d'aliment frais) et conservée en chambre froide (4°C) avant d'être mélangée aux aliments des animaux recevant le régime 'lupin +  $\alpha$ -gal'.

L'expérience se composait de 7 jours d'adaptation aux régimes suivis de 9 jours de collecte des matières fécales et des urines et de 1 jour de collecte continue de chyme à la fin de l'intestin grêle. Les urines, collectées dans leur totalité en présence d'H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 2M, ont été filtrées et pesées chaque matin à 8h00 avant qu'un échantillon (100 ml) ne soit congelé. De même, les matières fécales émises ont été entièrement mélangées avant qu'un échantillon ne soit séché à l'étuve (60°C) jusqu'à poids constant. Les échantillons de chyme ont été collectés de façon continue de 08h00 à 20h00. Trois jours avant le début des prélèvements et tout au long de l'expérience, de l'oxyde de chrome (1,5 g/repas) était incorporé aux rations en tant que marqueur indigestible de la phase solide afin d'estimer le flux de MS à l'iléon et à la fin du tube digestif.

## 1.2. Analyses de laboratoire

Après mouture des échantillons à 1 mm, les teneurs en MS, cendres, cellulose, matières grasses (AOAC, 1990), protéines (méthode de Dumas, AFNOR V18-120, 1997), NDF & ADF (VAN SOEST et WINE, 1967), acides aminés (UE, 1998) à l'exception du Trp déterminé selon FONTAINE et al. (1998),  $\alpha$ -galactosides (GDALA et al., 1997) et énergie brute ont été déterminées pour chaque régime.

Après décongélation, la teneur en N total (méthode de Dumas, AFNOR V18-120, 1997) a été mesurée sur les échantillons d'urine. Les matières fécales ont été mouluées au tamis de 1 mm avant détermination de leurs teneurs en MSa, cendres, (AOAC, 1990), protéines (méthode de Dumas, AFNOR V18-120, 1997) et oxyde de chrome (FRANCOIS et al., 1978). Les teneurs en NDF, ADF (VAN SOEST et WINE, 1967), cellulose (AOAC, 1990),  $\alpha$ -galactosides (GDALA et al., 1997) et énergie brute ont été mesurées sur un échantillon moyen des matières fécales émises par porc pendant les 9 jours de collecte.

Après lyophilisation, les échantillons de chyme ont été moulus au tamis de 1 mm, regroupés par animal, et analysés pour leurs teneurs en MS, cendres, cellulose (AOAC, 1990), protéines (méthode de Dumas, AFNOR V18-120, 1997), oxyde de chrome (FRANÇOIS et al., 1978), acides aminés (UE, 1998), tryptophane (FONTAINE et al., 1998), énergie brute et  $\alpha$ -galactosides (GDALA et al., 1997).

## 1.3. Méthodes de calcul et analyses statistiques

Les flux de nutriments dégradés dans le gros intestin ont été calculés par différence entre les flux fécaux et caecaux.

L'utilisation des acides aminés a été calculée en rapportant les apports d'AA digestibles dans l'intestin grêle aux quantités théoriquement retenues par l'animal. Celles-ci ont été estimées sur base de la quantité de protéines (N x 6,25) retenue et la composition en AA de la carcasse du porc en croissance définie par FERNANDEZ et BATTERHAM (1995).

Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel Minitab (2000, version 13). L'effet du régime sur la rétention azotée des animaux et sur les digestibilités fécales apparentes de la MS, MO et N a été étudié selon une analyse de la variance à deux critères de classification (régime et jour). Les digestibilités iléales des nutriments ainsi que les digestibilités fécales des fibres (NDF, ADF, cellulose), des matières grasses, de l'énergie brute et des  $\alpha$ -galactosides -mesurées après regroupement des échantillons par animal-, ont fait l'objet d'une analyse de la variance à un critère de classification (régime). Les moyennes ont été comparées par le test de Tukey (Minitab, 2000, version 13).

## 2. RÉSULTATS ET DISCUSSION

Un porc recevant le régime 'lupin +  $\alpha$ -gal' a été malade deux jours après le début des prélèvements et a été écarté de l'essai.

### 2.1. Les paramètres de digestibilité

Sur l'ensemble du tube digestif, la plupart des nutriments ont tendance à être mieux digérés avec le régime 'tourteau de soja' qu'avec les régimes à base de lupin (tableau 2). Selon SALGADO et al. (2002), la forte proportion de NDF indigestible dans le lupin occasionne une réduction des digestibilités fécales apparentes de la MS, de la MO et de l'énergie. L'ajout d' $\alpha$ -galactosidase au régime 'lupin' a provoqué une baisse supplémentaire de la digestibilité fécale de l'N. Une tentative d'explication nécessite toutefois d'analyser séparément la digestibilité dans l'intestin grêle et dans le gros intestin.

Les digestibilités iléales apparentes des nutriments ne sont pas influencées de façon significative par la nature du régime ( $P > 0,05$ ). A l'exception de la MS et de la MO, SALGADO et al. (2002) n'ont pas observé de différence dans la digestibilité intestinale des principaux nutriments apportés par un régime à base de tourteau de soja ou de lupin. Selon GDALA et al. (1997), l'addition d' $\alpha$ -galactosidase aux régimes contenant du lupin accroît la digestibilité iléale de la MS, de l'énergie et de la plupart des acides aminés. En accord avec WIGGINS (1984), ces auteurs considèrent que la présence d' $\alpha$ -galactosides dans le chyme provoque une augmentation de l'osmolarité dans l'intestin grêle et affecte l'absorption de certains nutriments.

<sup>1</sup>GALU : GALactosidase Unit = quantité d'enzyme qui dégrade 1 mmol p-NPGal par minute dans des conditions standards.

L'obtention de coefficients de digestibilité négatifs pour les fibres pourrait provenir de l'inadéquation des méthodes de dosage à définir précisément la teneur en fibres dans les contenus intestinaux ; ces méthodes sont en effet principalement développées pour la détermination des fibres dans les matrices végétales (VAN SOEST et al, 1991).

Selon SALGADO et al. (2002), la plus faible digestibilité des fibres dans l'intestin grêle avec des régimes à base de lupin occasionne une augmentation de leur flux dans le gros intestin. Ces fibres sont alors fermentées par les bactéries y résidant, ce qui provoque un accroissement des pertes d'N dans les matières fécales, en particulier de l'N bactérien, et par conséquent une diminution de la digestibilité des protéines sur l'ensemble du tube digestif. Cette explication s'applique difficilement à nos données car du son a été incorporé au régime 'tourteau de soja' afin d'équilibrer les régimes en terme d'apport de fibres peu dégradables (cellulose et résidu ADF).

Il n'en demeure pas moins que l'activité microbienne dans le gros intestin paraît modifiée avec le régime 'lupin +  $\alpha$ -gal'. Les digestibilités de la MS, de la MO et de l'N dans le colon ont en effet tendance à être inférieures avec ce régime. Ceci traduit probablement une plus grande utilisation de ces nutriments par les bactéries du gros intestin, une large partie

d'entre eux étant alors éliminés par la voie fécale (NOBLET et LE GOFF, 2001).

Conformément aux résultats de NOBLET et al. (1998), les MG sont digérées presque exclusivement avant la fin de l'intestin grêle. La digestibilité négative des MG observées dans le colon des porcs ingérant les régimes à base de lupin pourrait s'expliquer par une synthèse de MG d'origine bactérienne (NOBLET et LEGOFF, 2001).

## 2.2. La balance azotée

Les régimes ont été formulés afin d'être iso-protéiques. Comme les refus étaient négligeables, l'ingestion d'N s'est avérée similaire entre les régimes (tableau 3). L'excrétion d'N fécal est supérieure avec les régimes à base de lupin, en particulier pour le régime 'lupin +  $\alpha$ -gal'. Le régime 'lupin' occasionne par ailleurs une perte d'N urinaire supérieure à celle observée avec le régime 'lupin +  $\alpha$ -gal'. La perte d'N urinaire avec le régime 'tourteau de soja' est intermédiaire. L'association lupin &  $\alpha$ -galactosidase a permis de réduire la perte d'N urinaire de 2,1 g/j, soit de 12,8 % comparativement au régime 'lupin' mais a par ailleurs provoqué une augmentation des pertes fécales d'N. Cette observation tend à confirmer l'hypothèse d'une plus grande activité microbienne dans le gros intestin des

**Tableau 2-** Apports de nutriments digestibles et coefficients de digestibilité apparente observés dans les différentes parties du tube digestif selon les régimes

	Apports digestibles				Coefficient de digestibilité, % ingéré			
	Régime			P	Régime			P
	Tourteau de soja	Lupin	Lupin + $\alpha$ -gal		Tourteau de soja	Lupin	Lupin + $\alpha$ -gal	
<b>Tube digestif</b>								
MS, g/j	1192,3	1192,4	1156,0	0,062	87,3	87,2	86,9	0,123
MO, g/j	1152,3	1149,8	1116,4	0,055	89,4 <sup>a</sup>	88,7 <sup>b</sup>	88,5 <sup>b</sup>	0,001
N, g/j	35,9 <sup>a</sup>	34,6 <sup>a</sup>	33,0 <sup>b</sup>	0,002	90,4 <sup>a</sup>	87,1 <sup>b</sup>	85,4 <sup>c</sup>	0,001
Cellulose, g/j	17,5	20,8	21,5	0,317	36,1	35,5	36,2	0,904
NDF, g/j	124,0 <sup>a</sup>	88,2 <sup>b</sup>	87,7 <sup>b</sup>	0,001	59,4 <sup>a</sup>	51,8 <sup>b</sup>	52,7 <sup>b</sup>	0,005
ADF, g/j	36,2 <sup>a</sup>	28,1 <sup>b</sup>	28,0 <sup>b</sup>	0,013	47,0 <sup>a</sup>	38,0 <sup>b</sup>	38,8 <sup>ab</sup>	0,038
MG, g/j	22,5	24,4	20,5	0,165	61,6 <sup>a</sup>	56,0 <sup>ab</sup>	48,1 <sup>b</sup>	0,031
EB, kcal/j	5214,5 <sup>a</sup>	5172,0 <sup>ab</sup>	4985,3 <sup>b</sup>	0,029	87,9 <sup>a</sup>	86,6 <sup>ab</sup>	85,5 <sup>b</sup>	0,005
<b>Intestin grêle</b>								
MS, g/j	868,1	894,9	938,6	0,167	63,6	65,4	68,6	0,179
MO, g/j	875,8	885,8	916,7	0,279	68,0	68,3	70,7	0,344
N, g/j	27,3	28,3	30,0	0,381	68,9	71,2	75,5	0,394
Cellulose, g/j	-6,8	-1,1	0,5	0,299	-14,1	-1,8	0,8	0,226
NDF, g/j	41,4	18,7	22,0	0,121	19,8	11,0	12,9	0,289
ADF, g/j	4,7	-2,7	-1,5	0,391	6,1	-3,6	-2,0	0,398
MG, g/j	22,3	25,1	26,0	0,051	61,1	57,8	59,7	0,592
EB, kcal/j	3980,1	4094,7	4148,7	0,435	67,1	68,6	69,5	0,562
<b>Gros intestin</b>								
MS, g/j	324,3 <sup>a</sup>	297,5 <sup>ab</sup>	217,4 <sup>b</sup>	0,033	23,8	21,7	17,7	0,079
MO, g/j	276,3 <sup>a</sup>	264,3 <sup>ab</sup>	199,6 <sup>b</sup>	0,029	21,5	20,4	17,3	0,095
N, g/j	8,5 <sup>a</sup>	6,3 <sup>ab</sup>	3,0 <sup>b</sup>	0,033	21,5 <sup>a</sup>	15,9 <sup>ab</sup>	9,2 <sup>b</sup>	0,046
Cellulose, g/j	24,2	21,9	21,1	0,865	50,2	37,3	36,8	0,391
NDF, g/j	82,6	69,5	65,8	0,385	39,6	40,8	39,8	0,981
ADF, g/j	31,5	30,7	29,5	0,962	41,0	41,6	40,8	0,996
MG, g/j	0,2	-0,8	-5,5	0,086	0,5	-1,8	-11,6	0,119
EB, kcal/j	1234,5 <sup>a</sup>	1077,3 <sup>ab</sup>	836,6 <sup>b</sup>	0,031	20,8	18,0	16,1	0,084

<sup>a,b,c</sup> les valeurs d'une même ligne sans indice similaire différent ( $P < 0,05$ )

porcs recevant le complément d' $\alpha$ -galactosidase. Pour se développer, les bactéries ont en effet besoin d'N et d'énergie. L'énergie est puisée dans la MO du chyme alors que l'N provient soit des protéines alimentaires non digérées dans l'intestin grêle, soit, plus facilement, de l'urée recyclée du sang vers la lumière intestinale. Ce recyclage d'N dépend des concentrations respectives en urée de chaque côté de la paroi intestinale. Si les bactéries utilisent l'urée, il est probable que ce recyclage soit plus important, ce qui expliquerait l'augmentation de l'excrétion d'N fécal et la diminution des rejets d'N urinaire observés avec le régime 'lupin +  $\alpha$ -gal'. Ce recyclage d'N suite au développement de la microflore dans le colon ne devrait toutefois pas être préjudiciable sur les performances des animaux étant donné qu'il n'affecte pas l'apport de protéines digestibles ( $N \times 6.25$ ) dans l'intestin grêle.

Le régime 'lupin' a occasionné une plus faible rétention azotée (g/j) que le régime 'tourteau de soja'. Dès lors, l'incorporation de 20 % MS de lupin blanc dans les régimes pour porcs en croissance est déjà trop élevée pour ne pas compromettre leurs performances zootechniques. Cet effet

provient probablement de la teneur en  $\alpha$ -galactosides du lupin car l'addition d' $\alpha$ -galactosidase à ce même régime a permis l'obtention d'une rétention azotée des animaux équivalente à celle observée avec le régime 'tourteau de soja'. L'utilisation des protéines ingérées (rétention azotée relative à la quantité d'N ingéré) et des protéines digérées (rétention azotée relative à la quantité d'N digéré) confirment la meilleure valorisation du régime lupin en présence d' $\alpha$ -galactosidase.

En considérant une proportion de protéine dans le gain de croît de 16 % (ITP, 1994), les gains quotidiens moyens pour les régimes 'tourteau de soja', 'lupin' et 'lupin +  $\alpha$ -gal' s'élèvent respectivement à 822, 723 et 782 g/j.

Les apports en acides aminés digestibles diffèrent peu entre les régimes alors que leur digestibilité dans l'intestin grêle a tendance à être légèrement supérieure avec le régime 'lupin +  $\alpha$ -gal' (tableau 4). Cette observation confirme les résultats obtenus par GDALA et al. (1997). Parmi les AAE, la Thr est le seul AA à présenter une digestibilité iléale apparente inférieure à 70 %. Selon WASILEWKO et al. (1999), ceci pour-

**Tableau 3** - Balance azotée des porcs en fonction de la source de protéines incorporée dans l'alimentation

	Régime			P
	Tourteau de soja	Lupin	Lupin + $\alpha$ -gal	
N ingéré, g/j	39,69	39,72	39,72	-
N fécal, g/j	3,82 <sup>a</sup>	5,13 <sup>b</sup>	5,70 <sup>c</sup>	0,001
N urinaire, g/j	14,84 <sup>ab</sup>	16,07 <sup>a</sup>	14,01 <sup>b</sup>	0,019
<b>Rétention azotée</b>				
g/j	21,04 <sup>a</sup>	18,52 <sup>b</sup>	20,01 <sup>ab</sup>	0,001
% N ingéré	53,01 <sup>a</sup>	46,62 <sup>b</sup>	50,38 <sup>ab</sup>	0,001
% N digéré	58,73 <sup>a</sup>	53,53 <sup>b</sup>	58,85 <sup>a</sup>	0,006

<sup>a,b</sup>les valeurs d'une même ligne sans indice similaire diffèrent ( $P < 0,05$ )

**Tableau 4** - Flux digestibles (g/j) et digestibilités iléales apparentes (%) des acides aminés en fonction des régimes

	Apports digestibles				Digestibilités apparentes			
	Régime			P	Régime			P
	Tourteau de soja	Lupin	Lupin + $\alpha$ -gal		Tourteau de soja	Lupin	Lupin + $\alpha$ -gal	
Arg	12,0 <sup>a</sup>	14,0 <sup>b</sup>	14,2 <sup>b</sup>	0,001	83,7	85,4	86,5	0,476
His	4,9	4,5	4,7	0,315	77,2	77,2	79,8	0,692
Ile	7,2	6,4	6,7	0,064	77,8	75,0	78,1	0,583
Leu	13,9	13,0	13,4	0,215	79,7	77,9	80,3	0,710
Lys	11,3	10,9	11,4	0,584	79,0	78,5	82,0	0,587
Met + Cys	6,8	6,8	7,1	0,766	77,7	79,8	82,9	0,530
Phe + Tyr	14,4	13,7	14,1	0,376	79,2	77,4	79,6	0,717
Thr	5,2	4,7	5,3	0,420	65,6	62,8	69,7	0,490
Trp	1,8	1,8	2,0	0,447	71,7	69,9	78,5	0,452
Val	8,1 <sup>a</sup>	7,0 <sup>b</sup>	7,3 <sup>ab</sup>	0,048	74,4	71,2	74,9	0,584
$\Sigma$ AAE <sup>1</sup>	77,2	74,0	76,9	0,533	78,3	77,3	80,3	0,671
$\Sigma$ AANE <sup>2</sup>	107,6	105,5	110,0	0,691	77,7	78,3	81,6	0,568
$\Sigma$ AAT <sup>3</sup>	184,9	179,5	186,9	0,656	78,0	77,9	81,1	0,623

<sup>a,b</sup>les valeurs d'une même ligne sans indice similaire diffèrent ( $P < 0,05$ )

<sup>1</sup>AAE = Arg, His, Ile, Leu, Lys, Met, Phe, Thr, Trp, Val

<sup>2</sup>AANE = Ala, Asp, Cys, Glu, Gly, Pro, Ser, Tyr

<sup>3</sup>AAT = AAE + AANE

rait provenir de la richesse des sécrétions endogènes en cet acide aminé.

Quoique théorique, la notion de protéine idéale représente une protéine dont la valeur biologique atteint l'unité, soit une protéine présentant un équilibre parfait en AA comparativement aux besoins de production de l'animal. Le tableau 5 compare le profil en AA déterminé pour les trois régimes de l'essai au profil en AA de la protéine idéale (HENRY, 1993). A l'exception de la Thr, nos résultats suggèrent que tous les AAE sont fournis en proportions suffisantes exception faite de la Thr, dont le déficit avoisine 30 %. Cette valeur est probablement surestimée étant donné qu'elle est calculée sur base de l'apport de Thr apparemment digeste et que les sécrétions endogènes sont riches en cet acide aminé. Par ailleurs, la carence en Thr digeste est similaire pour les trois régimes et n'est donc pas responsable des différences observées dans leur valorisation respective.

Le tableau 6 présente l'utilisation des AAE. La très haute utilisation de la Thr digeste confirme que cet AA est probablement le premier AA limitant quel que soit le régime. Alors qu'il est apporté en proportion élevée, l'His présente également une utilisation proche de 100 % et est donc potentiellement limitant. L'utilisation des autres AAE est inférieure à 80 %, ce qui signifie qu'aucun d'entre eux n'est limitant dans nos conditions expérimentales. A défaut d'une teneur corporelle bien définie, l'utilisation du Trp n'a pu être définie.

### 2.3. La digestion des $\alpha$ -galactosides

Les régimes à base de lupin sont plus riches en stachiose et en verbascose, alors que le raffinose est présent en quantité similaire dans les 3 régimes (tableau 7). La digestibilité iléale des  $\alpha$ -galactosides est similaire pour les régimes 'tourteau de soja' et 'lupin' alors qu'elle a tendance à augmenter avec le régime 'lupin +  $\alpha$ -gal'. Ceci reflète la bonne activité de l'enzyme dans nos conditions expérimentales. Quel que soit le régime, une large proportion d' $\alpha$ -galactosides est digérée à la fin de l'intestin grêle alors que le porc ne produit pas d' $\alpha$ -galactosidases (CARRE et al., 1985). Cette observation pourrait traduire la présence d'une microflore active dès la fin de l'intestin grêle. Des études complémentaires devraient toutefois éclaircir l'influence de cette microflore sur la valeur nutritionnelle des aliments ; la présence de bactéries étant souvent reconnue comme restreinte au gros intestin. La digestibilité du raffinose et du stachiose est totale à la fin du tube digestif alors que le verbascose est encore présent à l'état de trace dans les matières fécales. Malgré une ingestion importante d' $\alpha$ -galactosides, les porcs recevant le régime 'lupin' n'ont pas présenté de troubles digestifs.

### CONCLUSION

Les résultats confirment que les  $\alpha$ -galactosides présents dans la graine de lupin limitent fortement sa valorisation en alimentation porcine. L'ajout d' $\alpha$ -galactosidase au régime 'lupin' a permis l'obtention d'une rétention azotée équivalente à celle obtenue avec le tourteau de soja et

**Tableau 5** - Comparaison du profil en acides aminés digestibles (Lys = 1,00) occasionné par chaque régime au profil en acides aminés de la protéine idéale (HENRY, 1993)

	Régime			P	Protéine idéale
	Tourteau de soja	Lupin	Lupin + $\alpha$ -gal		
Arg	1,07 <sup>a</sup>	1,29 <sup>b</sup>	1,25 <sup>b</sup>	0,001	0,45
His	0,43 <sup>a</sup>	0,41 <sup>b</sup>	0,41 <sup>b</sup>	0,005	0,32
Ile	0,64 <sup>a</sup>	0,59 <sup>b</sup>	0,59 <sup>b</sup>	0,001	0,60
Leu	1,24 <sup>a</sup>	1,19 <sup>b</sup>	1,18 <sup>b</sup>	0,002	1,00
Lys	1,00	1,00	1,00	-	1,00
Met + Cys	0,60	0,62	0,62	0,359	0,60
Phe + Tyr	1,27	1,26	1,23	0,114	1,00
Thr	0,46	0,44	0,46	0,306	0,65
Trp	0,16	0,17	0,18	0,297	0,18
Val	0,72 <sup>a</sup>	0,64 <sup>b</sup>	0,64 <sup>b</sup>	0,001	0,70

<sup>a,b</sup>les valeurs d'une même ligne sans indice similaire différent ( $P < 0,05$ )

**Tableau 6** - Influence du régime sur l'utilisation des AAE (%) estimée selon FERNANDEZ et BATTERHAM (1995)

	Régime			P
	Tourteau de soja	Lupin	Lupin + $\alpha$ -gal	
Arg	81,4 <sup>a</sup>	61,1 <sup>b</sup>	65,7 <sup>ab</sup>	0,011
His	97,9	92,1	96,2	0,649
Ile	68,4	64,7	70,0	0,849
Leu	66,8	63,0	66,0	0,623
Lys	78,6	71,5	74,0	0,389
Met + Cys	60,7	53,5	55,7	0,364
Phe + Tyr	60,8	56,4	59,2	0,476
Thr	99,1	95,8	93,2	0,772
Val	77,8	79,5	81,6	0,886

<sup>a,b</sup>les valeurs d'une même ligne sans indice similaire différent ( $P < 0,05$ )

**Tableau 7** - Apports et digestibilités apparentes des  $\alpha$ -galactosides

	Régime			P
	Tourteau de soja	Lupin	Lupin + $\alpha$ -gal	
<b>Apports alimentaires, g/j</b>				
Raffinose	6,4	6,5	6,5	-
Stachiose	12,0	20,1	20,1	-
Verbascose	1,0	2,6	2,6	-
<b>Digestibilités iléales, %</b>				
Raffinose	93,1	86,2	96,3	0,104
Stachiose	93,2	91,7	98,2	0,101
Verbascose	81,8	80,2	95,1	0,063
<b>Digestibilités fécales, %</b>				
Raffinose	100	100	100	-
Stachiose	100	100	100	-
Verbascose	99,8	99,4	99,4	0,057

tendait par ailleurs à améliorer la digestibilité des acides aminés dans l'intestin grêle. Grâce à l'utilisation de cette enzyme, et en veillant à ne pas incorporer plus de 20 % MS de lupin dans la ration, 85 % du tourteau de soja ont pu être remplacés par le lupin sans effet néfaste sur les performances animales. Ces résultats seront confirmés par un essai zootechnique à plus grande échelle.

## REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier Mme VAN LAERE K. (Roche Vitamins) pour la fourniture de l' $\alpha$ -galactosidase. Recherches subventionnées par le Ministère Classes moyennes et de l'Agriculture - Administration Recherche et développement.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AFNOR, 1997. Dosage de l'azote. Méthode par combustion (DUMAS). Association Française de Normalisation, Paris.
- AOAC, 1990. Official method of analysis. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.
- CARRE B., BRILLOUET J.M., THIBAUT J.T., 1985. J. Agric. Food Chem., 33, 285-292.
- CVB, 1999. Veevoedertable. Centraal Veevoederbureau, Lelystad, Pays-Bas.
- DELZENNE N.M., ROBERTFROID M.R., 1994. Lebensm.-Wiss. U Technol., 27, 1-6.
- FERNANDEZ J.A., BATTERHAM E.S., 1995. Anim. Feed Sci. Techn., 53, 279-296.
- FONTAINE J., BECH-ANDERSEN S., BUTIKOFER U., DE FROIDMONT-GORITZ I., 1998. Agrobiological Research, 51, 97-108.
- FRANCOIS E., THILL N., THEWIS A., 1978. Annales de Zootechnie, 27, 355-361.
- GDALA J., JANSMAN A.J.M., BURACZEWSKA L., HUISMAN J., VAN LEEUWEN P., 1997. Anim. Feed Sci. Techn., 62, 239-249.
- HENRY Y., 1993. Prod. Anim., 6(3), 199-212.
- ITP, 1994. L'alimentation du porc charcutier. Institut Technique du Porc, Paris, 47 p.
- NOBLET J., LE GOFF G., 2001. Anim. Feed Sci. Techn., 90, 35-52.
- NOBLET J., MANCUSO M., BOURDON D., VAN BERNEVELD R., 1998. Journées Rech. Porcines, 30, 239-243.
- SALGADO P., FREIRE J.P.B., MOURATO M., CABRAL F., TOULLEC R., LALLES J.P., 2002. Livest. Prod. Sci., 74, 191-202.
- UE, 1998. Commission Directive 98/64/EC. Official Journal of the European Communities, L 257, 14-28.
- VAN SOEST P.J., ROBERTSON J.B., LEWIS B.A., 1991. J. Dairy Sci., 74, 3583-3597.
- VELDMAN A., VEEN W.A.G., BARUG D., VAN PARIDON P.A., 1993. J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr., 69, 57-65.
- WASILEWKO J., GDALA J., BURACZEWSKA L., HAN I.K., 1999. J. Anim. Feed Sci., 8, 13-26
- WIGGINS H.S., 1984. Proc. Nutr. Soc., 43, 69-75.

