

# Effet des protéines et des fibres alimentaires sur les pertes iléales d'acides aminés endogènes chez le porc

P. LETERME, Florence ROSSI, A. THÉWIS

Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques, UER de Zootechnie  
2, passage des Déportés, B-5030 Gembloux, Belgique

avec la collaboration technique de L. Givron, Geneviève Jean, J.-P. Haulotte et Th. Monmart

## Effet des protéines et des fibres alimentaires sur les pertes iléales d'acides aminés endogènes chez le porc

Un régime protéoprive a été supplémenté en quantités limitées mais croissantes de protéines (30, 60 ou 90 g/kg d'aliment d'un mélange caséine-jaune d'oeuf) afin de mesurer leur effet sur les pertes d'acides aminés (AA) endogènes à l'iléon des porcs. L'étude a été menée à deux niveaux de fibres alimentaires: 20 et 80 g/kg, isolées de graines de pois. Par rapport au régime protéoprive, un ajout de 30 g de protéines a suffi à rétablir une rétention azotée positive et les ajouts suivants ont assuré une augmentation constante et linéaire (0.88 g N retenu/g N ingéré). Ce même ajout a causé une élévation des pertes iléales endogènes par rapport au témoin (10.7 vs 7.2 g AA/kg MS ingéré pour le régime contenant 20 g de fibres) mais la différence n'est pas significative en raison d'une grande variabilité entre animaux. Les apports de 60 et 90 g de protéines n'ont plus modifié le niveau des pertes: 10.2 et 10.6 g AA/kg MSi, respectivement. La même tendance a été observée avec les régimes riches en fibres mais, dans ce cas, les pertes étaient nettement plus élevées: 14.9, 16.7, 15.7 et 17.0 g AA/kg MSi, respectivement. Par ailleurs, la fraction des AA libres et petits peptides (< 3 kDa) des digesta est demeurée indépendante du taux protéique alors qu'elle est supposée contenir les molécules alimentaires indigestibles. Ceci suggère une digestibilité virtuellement complète des protéines alimentaires. Les fibres de pois induisent donc un accroissement significatif des pertes iléales endogènes mais sans entraver la digestion des protéines, comme l'atteste la rétention azotée. L'ajout de protéines a vraisemblablement accru les sécrétions digestives mais celles-ci auront été en grande partie réabsorbées en raison de l'absence de facteurs alimentaires susceptibles d'entraver la réabsorption.

## Effect of dietary proteins and fibres on the ileal endogenous amino acid losses in pigs

An N-free diet was supplemented with limited but increasing amounts of proteins (30, 60, 90 g/kg diet from a mixture of casein and egg yolk), in order to measure their effect on the ileal endogenous amino acid (AA) losses in pigs. The study was conducted at 2 dietary fibre levels: 20 and 80 g/kg, isolated from pea seeds. Compared to the N-free diet, a supply of 30 g proteins was sufficient to obtain a positive N retention and the following supplies allowed a constant and linear increase (0.88 g N retained/g N intake). The same supply induced an increase in ileal endogenous losses, compared to the control (10.7 vs 7.2 g AA/kg DMi for the low fibre diet) but the difference was not significant because of a high variability between the pigs. The supplies of 60 and 90 g proteins did not modify the level of the losses either: 10.2 and 10.6 g AA/kg DMi, respectively. The same trends were observed for the diets with a high fibre level but, in this case, the losses were significantly higher: respectively 14.9, 16.7, 15.7 and 17 g AA/kg DMi. On the other hand, the fraction of the digesta containing the free AA and the small peptides (< 3 kDa), supposed to be mainly of dietary origin, remained independent of the protein level. This suggests a virtually complete digestibility of the dietary proteins. Thus, pea fibres induce a significant increase of the ileal endogenous losses but without disturbing the protein digestion process, as suggested by the N retention. The protein supply probably increased the digestive secretions but the latter could have been highly reabsorbed, due to a lack in dietary factors susceptible to increase the reabsorption.

## INTRODUCTION

Plus de la moitié de l'azote rejeté à l'iléon des porcs est d'origine endogène et provient de sécrétions digestives non réabsorbées (DE LANGE et al, 1990; LETERME et al, 1996a). SÈVE (1994) distingue deux composantes dans les pertes iléales d'azote endogène: une composante 'basale', naturelle et inéluctable et une autre 'spécifique des aliments' ingérés. Cette dernière est fonction de la présence, dans le régime, de constituants alimentaires (fibres, etc.) qui stimulent les sécrétions ou empêchent leur réabsorption par l'intestin.

La fraction spécifique n'est pas couverte par les besoins en protéines du porc actuellement disponibles. De plus, le rendement de synthèse de ces protéines endogènes perdues serait beaucoup moindre que celui des autres protéines de l'organisme: 0,55 vs 0,88, respectivement (SÈVE et HENRY, 1995). En d'autres termes, les pertes doivent être compensées par un apport plus que proportionnel de protéines alimentaires (1,8 g/g), ce qui condamne les teneurs en protéines apparemment digestibles, dont l'utilisation signifie une compensation selon un rapport 1:1. GRALA et al (1994) ont d'ailleurs montré que des régimes contenant différentes sources de protéines mais ayant une même teneur en protéines apparemment digestibles, donnaient des rétentions d'azote relativement différentes et inversement corrélées aux pertes iléales d'azote endogène.

Peu de données sont disponibles sur le niveau des pertes

endogènes spécifiques ou sur l'effet des différents constituants alimentaires. Lors d'une précédente étude, nous avons montré que l'effet des fibres isolées de pois est fonction de l'origine génétique de ce dernier, de la forme de présentation et du niveau d'incorporation des fibres dans le régime (LETERME et al, 1996b). Les travaux présentés ici avaient comme objectif d'étudier l'effet de faibles taux d'ingestion de protéines sur les pertes iléales endogènes. Deux niveaux de fibres ont été considérés, afin de mettre en évidence une éventuelle interaction entre les protéines et les fibres.

## 1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

Huit porcs Large White ou Seghers Hybrid (poids moyen initial:  $40 \pm 5$  kg) sont munis d'une canule iléale post-valvulaire (PVTC, VAN LEEUWEN et al, 1991). Après convalescence, ils sont placés en cage à métabolisme et répartis en deux groupes homogènes. Chaque groupe correspond à un niveau de fibres et, au sein de chacun d'eux, quatre niveaux protéiques (0, 30, 60 et 90 g/kg) sont testés selon un dispositif en carré Latin. Les compositions centésimale et chimique des huit régimes testés sont décrits dans le tableau 1. Ils sont supplémentés en marqueur indigestible (3 g Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/kg MS). Les sources de fibres sont les coques de la graine de pois et une fraction isolée des cotylédons de pois (Provital s.a., 7740 Warcoing, Belgique). La source de protéines est un mélange 2:1 de caséine (Sigma C-5890, St-Louis, USA) et de jaune d'oeuf (Belovo, 6600 Bastogne, Belgique) dégraissé à l'éther de pétrole.

Tableau 1 - Composition des régimes

| Taux de fibres (g/kgMSi)        | 20   |      |      |      | 80   |      |      |       |
|---------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| Taux de protéines (g/kg MSi)    | 0    | 30   | 60   | 90   | 0    | 30   | 60   | 90    |
| <b>Ingrédients (g/kg MS)</b>    |      |      |      |      |      |      |      |       |
| Amidon de maïs                  | 823  | 787  | 751  | 714  | 721  | 685  | 649  | 612   |
| Fibres internes de pois (1)     | 25   | 25   | 25   | 25   | 100  | 100  | 100  | 100   |
| Coques de pois (1)              | 9    | 9    | 9    | 9    | 36   | 36   | 36   | 36    |
| Caséine (2)                     | -    | 22   | 44   | 66   | -    | 22   | 44   | 66    |
| Jaune d'oeuf dégraissé (3)      | -    | 18   | 36   | 54   | -    | 18   | 36   | 54    |
| Saccharose                      | 60   | 60   | 60   | 60   | 60   | 60   | 60   | 60    |
| Huile (4)                       | 20   | 16   | 12   | 9    | 20   | 16   | 12   | 9     |
| C.M.V. (5)                      | 63   | 63   | 63   | 63   | 63   | 63   | 63   | 63    |
| <b>Composition (g/kg MS)</b>    |      |      |      |      |      |      |      |       |
| Protéines brutes                | 5,4  | 31,3 | 65,0 | 95,6 | 14,4 | 41,9 | 71,9 | 102,5 |
| NDF                             | 13,8 | 13,8 | 13,8 | 13,8 | 55,1 | 55,1 | 55,1 | 55,1  |
| ADF                             | 8,3  | 8,3  | 8,3  | 8,3  | 8,3  | 8,3  | 8,3  | 8,3   |
| AOAC total                      | 20,3 | 20,3 | 20,3 | 20,3 | 81,1 | 81,1 | 81,1 | 81,1  |
| insoluble                       | 19,4 | 19,4 | 19,4 | 19,4 | 77,7 | 77,7 | 77,7 | 77,7  |
| soluble                         | 0,9  | 0,9  | 0,9  | 0,9  | 3,4  | 3,4  | 3,4  | 3,4   |
| Englyst total                   | 18,0 | 18,0 | 18,0 | 18,0 | 71,5 | 71,5 | 71,5 | 71,5  |
| insoluble                       | 14,0 | 14,0 | 14,0 | 14,0 | 56,0 | 56,0 | 56,0 | 56,0  |
| soluble                         | 4,0  | 4,0  | 4,0  | 4,0  | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 15,5  |
| Extrait éthéré                  | 20,0 | 19,0 | 18,0 | 18,0 | 20,0 | 19,0 | 18,0 | 18,0  |
| <b>Énergie brute (MJ/kg MS)</b> | 15,9 | 16,2 | 16,5 | 16,7 | 15,9 | 16,1 | 16,4 | 16,7  |

(1) Provital s.a. (7740 Warcoing, Belgique) ;

(2) Caséine C-5890, Sigma, St Louis, USA ;

(3) Le jaune d'oeuf (Belovo, 6600 Bastogne, Belgique) dégraissé contient environ 16 % de lipides résiduels et 60 % de protéines ;

(4) Huile: maïs/soja/arachide (1/1/1) ;

(5) 10 g/kg phosphate dicalcique; 5 g/kg craie; 5 g/kg NaCl; 43 g/kg d'un CMV du commerce (Brichart, 5140 Sombreffe, Belgique).

Les porcs reçoivent quotidiennement, en deux repas (8 h 00 et 16 h 30), 90 g MS/kg  $P^{0.75}$  d'un des 8 repas d'épreuve. Après 3 jours d'adaptation, les matières fécales et l'urine sont collectées quantitativement durant 3 jours et au cours des 3 suivants, les digesta iléaux le sont au moyen de sachets plastiques attachés aux canules. La collecte des digesta est limitée aux 8 heures suivant le repas du matin.

Les digesta sont lyophilisés et analysés pour leur teneur en matière sèche, azote, chrome, acides aminés et les aliments pour leur teneur en azote, fibres NDF, ADF, AOAC et selon Englyst. Toutes ces analyses ont été décrites par ailleurs (Leterme et al, 1996c). La fraction des acides aminés libres et des petits peptides a été isolée des digesta par ultrafiltration à l'aide de Centriprep-3 (*cut-off*: 3 kDa; Amicon, Danvers, USA)

## 2. RÉSULTATS

Les résultats de la balance azotée et de l'excrétion de créatinine obtenus pour les différents régimes testés sont détaillés au tableau 2. L'augmentation de la quantité de protéine ingérée s'accompagne d'une augmentation sensible des pertes d'azote urinaire et fécal mais qui n'est significative que pour l'azote urinaire avec le régime pauvre en fibres ( $P < 0,05$ ).

L'ajout de 30 g de protéines au régime protéoprive a été suffisant pour rétablir une rétention azotée positive chez le porc. Des ajouts de 60 et 90 g ont aussi permis une augmentation significative de la rétention. Il est remarquable de constater que le niveau de fibres du régime n'a eu aucun effet ( $P > 0,05$ ) sur la rétention azotée.

L'excrétion urinaire de créatinine a été mesurée afin de vérifier l'effet éventuel du niveau protéique sur le maintien de la masse musculaire corporelle. Pour la période de mesure envisagée (4-6 jours de traitement), aucune différence n'a

été constatée entre les 8 régimes ( $P > 0,05$ ).

Les flux iléaux d'acides aminés (AA) mesurés pour les différents régimes sont détaillés au tableau 3 (p.246). Une augmentation sensible mais non significative ( $P > 0,05$ ) a été observée lorsqu'on passe d'un régime dépourvu de protéine à un régime en contenant 30 g/kg et ce, pour les deux niveaux de fibres considérés. L'absence de signification statistique est due à la très grande variabilité observée. De même, aucune différence n'a été mise en évidence entre les 3 taux protéiques testés, toujours aux 2 niveaux de fibres. Par contre, une différence très hautement significative a été constatée entre les niveaux de fibres ( $P < 0,001$ ), à chaque niveau protéique considéré. Suite à l'augmentation du taux de fibres dans le régime, l'augmentation de flux iléal a été très élevée, surtout pour les AA non-essentiels et en particulier la glycine, la proline et la sérine. Les flux de ces derniers sont aussi très variables d'un régime à l'autre. Cette grande variabilité est classiquement observée pour la glycine et la proline lorsque les porcs sont en condition protéoprive.

Un autre objectif de l'essai était de vérifier la proposition de MOUGHAN et al (1990) et BUTTS et al (1991) pour l'estimation des pertes endogènes en condition protéoprive d'alimentation. Il s'agit de compléter le régime protéoprive par des quantités limitées d'un hydrolysate protéique (caséine) hautement digestible, afin d'éliminer les désordres métaboliques liés à la condition protéoprive. Les peptides et AA alimentaires résiduels se trouvant éventuellement dans les digesta sont ensuite écartés par ultrafiltration. C'est cette fraction que nous avons isolée à l'aide d'un tamis moléculaire (*cut-off*: 3 kDa). Dans notre cas, les protéines alimentaires étaient entières.

Selon cette hypothèse, l'ultrafiltrat contient essentiellement des molécules alimentaires de faible poids moléculaire (AA libres, petits peptides). Le cas échéant, la quantité écartée aurait été corrélée au taux d'ingestion protéique. Ce ne

**Tableau 2** - Balance azotée, rétention azotée et excrétion de créatinine chez les porcs ingérant un régime protéoprive seul ou supplémenté de doses croissantes de protéines, à deux niveaux de fibres de pois

| Taux de fibres (g/kgMSi)            | 20                |                   |                   |                   |         | 80                |                   |                   |                   |         |
|-------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|---------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|---------|
|                                     | 0                 | 30                | 60                | 90                | ESM (1) | 0                 | 30                | 60                | 90                | ESM (1) |
| <b>Taux de protéines (g/kg MSi)</b> |                   |                   |                   |                   |         |                   |                   |                   |                   |         |
| <b>Balance azotée (g/j)</b>         |                   |                   |                   |                   |         |                   |                   |                   |                   |         |
| N ingéré                            | 1,9               | 11,3              | 22,1              | 29,5              | 2,8     | 3,5               | 12,5              | 20,9              | 29,8              | 2,6     |
| N urinaire                          | 2,8 <sub>a</sub>  | 3,6 <sub>ab</sub> | 4,5 <sub>bc</sub> | 5,8 <sub>c</sub>  | 0,4     | 3,3               | 3,8               | 4,1               | 4,7               | 0,3     |
| N fécal                             | 2,0               | 2,5               | 3,7               | 2,8               | 0,3     | 4,2               | 4,1               | 4,6               | 5,1               | 0,4     |
| <b>Rétention azotée</b>             |                   |                   |                   |                   |         |                   |                   |                   |                   |         |
| • g/j                               | -2,9 <sub>a</sub> | 5,2 <sub>b</sub>  | 13,9 <sub>c</sub> | 20,9 <sub>d</sub> | 2,4     | -4,3 <sub>a</sub> | 4,7 <sub>b</sub>  | 12,4 <sub>c</sub> | 20,0 <sub>d</sub> | 2,4     |
| • % N ingéré                        | -                 | 46,0 <sub>a</sub> | 62,9 <sub>b</sub> | 70,8 <sub>c</sub> | 3,6     | -                 | 37,6 <sub>a</sub> | 59,3 <sub>b</sub> | 67,1 <sub>c</sub> | 4,1     |
| <b>Créatinine (g excr/j.kg PV)</b>  | 35,7              | 34,1              | 34,7              | 37,5              | 0,7     | 33,4              | 34,6              | 33,5              | 32,8              | 1,1     |

(1) ESM: erreur-standard de la moyenne

a, b, c, d : dans un même ligne, les moyennes annotées d'une lettre différente diffèrent significativement ( $P < 0,05$ )

**Tableau 3** - Flux iléal d'azote et d'acides aminés (mg AA/kg MS ingéré) chez des porcs recevant un régime semi-synthétique à base d'amidon de maïs, supplémenté de différents niveaux de protéines et de fibres de pois

| Taux de fibres (g/kgMSi)     | 20    |       |        |        |         | 80     |        |        |        |         |
|------------------------------|-------|-------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|---------|
| Taux de protéines (g/kg MSi) | 0     | 30    | 60     | 90     | ESM (1) | 0      | 30     | 60     | 90     | ESM (1) |
| <b>Acides aminés</b>         |       |       |        |        |         |        |        |        |        |         |
| Arg                          | 370   | 503   | 501    | 556    | 30      | 795    | 642    | 778    | 840    | 41      |
| His                          | 212   | 316   | 310    | 326    | 0       | 434    | 492    | 490    | 566    | 30      |
| Ile                          | 313   | 577   | 586    | 632    | 42      | 695 a  | 786 ab | 849 bc | 967 c  | 52 *    |
| Leu                          | 497   | 697   | 602    | 624    | 42      | 839    | 948    | 976    | 1090   | 65      |
| Lys                          | 382   | 550   | 457    | 530    | 43      | 674    | 772    | 95     | 911    | 59      |
| Phe                          | 337   | 498   | 412    | 410    | 34      | 681    | 630    | 684    | 792    | 40      |
| Thr                          | 459   | 665   | 641    | 683    | 41      | 738 a  | 928 b  | 980 b  | 1129 c | 60 *    |
| Val                          | 366   | 585   | 596    | 643    | 38      | 711 a  | 875 b  | 906 b  | 1060 c | 58 *    |
| Ala                          | 378   | 642   | 516    | 545    | 45      | 827    | 848    | 777    | 945    | 60      |
| Asp                          | 410   | 691   | 627    | 631    | 63      | 969    | 960    | 873    | 1122   | 85      |
| Glu                          | 592   | 1042  | 909    | 934    | 81      | 1432   | 1544   | 1346   | 1847   | 17      |
| Gly                          | 771   | 879   | 712    | 787    | 68      | 1825   | 1553   | 1477   | 1384   | 140     |
| Pro                          | 1198  | 1645  | 1318   | 1318   | 167     | 2585   | 3431   | 2353   | 2216   | 304     |
| Ser                          | 634 a | 927 b | 1547 c | 1562 c | 117 **  | 1004 a | 1559 b | 1789 b | 2344 c | 142 **  |
| Tyr                          | 350   | 95    | 435    | 453    | 30      | 676    | 772    | 708    | 817    | 40      |
| <b>Somme</b>                 | 7269  | 10709 | 10169  | 10634  | 707     | 4885   | 16740  | 15681  | 17049  | 1034    |
| <b>Azote</b>                 | 1703  | 2180  | 2038   | 2070   | 103     | 3000   | 3130   | 3133   | 2798   | 140     |

(1) ESM: erreur-standard de la moyenne ; \* :  $P < 0,05$  ; \*\* :  $P < 0,01$

a, b, c: dans une même ligne, les lettres annotées d'une lettre différente diffèrent significativement

l'est pas puisque les flux mesurés n'ont pas varié de manière significative ( $P > 0,05$ ) entre taux protéiques et pour les 2 taux de fibres envisagés, à l'exception de quelques AA (tableau 4). Par ailleurs, le profil des AA qu'il contient devrait être proche de celui de la protéine alimentaire initiale. Ce n'est pas le cas non plus: le profil en AA des molécules azotées ayant un poids moléculaire inférieur à 3000 Da ne ressemble pas à celui d'un mélange de caséine et de jaune d'oeuf (tableau 4), très riche en acide glutamique (17 %) et pauvre en glycine (2,3 %).

### 3. DISCUSSION

Le développement d'un système de formulation des aliments basé sur la teneur en AA réellement digestibles des matières premières et la correction des pertes iléales d'AA endogènes non prises en compte dans les besoins, nécessite une étude préalable sur l'effet réel de chaque constituant alimentaire susceptible d'influencer les sécrétions digestives ou leur réabsorption par l'organisme. L'objectif du présent essai était d'étudier l'effet de l'ingestion de quantités limitées de protéines sur les pertes iléales endogènes et de l'interaction éventuelle des protéines avec les fibres.

Le niveau de protéines a été limité pour deux raisons. Nous voulions établir une relation entre le taux protéique et les pertes et vérifier la méthode de MOUGHAN et al (1990) pour la mesure des pertes iléales endogènes en condition d'alimentation protéique.

Un mélange de caséine et de protéine dégraissée de jaune d'oeuf a été préparé afin de couvrir les besoins d'entretien des porcs en AA. Les ajouts successifs se sont traduits par une progression linéaire de la rétention (0,88 g N retenu/g N ingéré;  $r^2 = 0,99$ ), quel que soit le niveau de fibres. Ceci démontre l'innocuité des fibres internes de pois sur la digestion et l'absorption d'un isolat protéique. Par contre et, de manière inattendue, ils n'ont pas modifié les pertes iléales d'azote et d'AA de manière significative. Pourtant, de nombreux travaux ont montré l'incidence du niveau des protéines alimentaires sur les sécrétions digestives et notamment sur les sécrétions pancréatiques (LAPLACE et al, 1986). KRAWIELITZKI et al (1977), par exemple, ont montré à l'aide d'aliments marqués à l' $^{15}\text{N}$ , que l'augmentation du taux protéique d'un régime augmentait linéairement les pertes fécales d'azote endogène chez le rat. A l'instar de BUTTS et al (1993), nous avons aussi enregistré une augmentation importante du flux iléal d'azote lors d'un ajout de protéine hydrolysée à un régime protéoprive chez le porc (LETERME et al, 1996d).

Cependant, tous les essais mentionnés concernent l'utilisation de matières premières complètes ou d'hydrolysats de protéines et non de protéines isolées. Les matières premières contiennent des facteurs antinutritionnels (lectines, inhibiteurs trypsiques), des fibres et d'autres constituants qui stimulent les sécrétions ou en empêchent la réabsorption. Certains, tels les lectines ou les inhibiteurs trypsiques, sont des protéines et leur présence dans le régime augmente en même temps que le taux protéique, provoquant une aug-

**Tableau 4** - Flux iléal d'azote et des acides aminés de la fraction soluble des digesta dont les molécules azotées ont un PM < 3000 Da (mg/kg MS ingéré) chez des porcs recevant un régime semi-synthétique à base d'amidon de maïs, supplémenté de différents niveaux de protéines et de fibres de pois

| Taux de fibres (g/kgMSi)     | 20    |      |      |      |         | 80     |        |       |       |         |
|------------------------------|-------|------|------|------|---------|--------|--------|-------|-------|---------|
| Taux de protéines (g/kg MSi) | 0     | 30   | 60   | 90   | ESM (1) | 0      | 30     | 60    | 90    | ESM (1) |
| <b>Acides aminés</b>         |       |      |      |      |         |        |        |       |       |         |
| N total                      | 1703  | 2180 | 2038 | 2070 | 103     | 3000   | 3133   | 3100  | 3146  | 140     |
| N soluble                    | 855   | 792  | 830  | 753  | 89      | 1651   | 1568   | 1448  | 1660  | 76      |
| < 3 kDa                      | 262   | 255  | 213  | 255  | 61      | 501 a  | 511 a  | 484 a | 305 b | 45 *    |
| <b>Acides aminés</b>         |       |      |      |      |         |        |        |       |       |         |
| Arg                          | 88    | 69   | 74   | 76   | 8       | 154    | 137    | 149   | 149   | 12      |
| His                          | 120 a | 76 b | 69 b | 61 b | 9 *     | 175 a  | 159 b  | 157 b | 155 b | 9 *     |
| Ile                          | 101   | 86   | 81   | 84   | 9       | 193 ab | 194 ab | 174 a | 215 b | 11 *    |
| Leu                          | 109   | 92   | 83   | 85   | 9       | 204 a  | 194 a  | 185 a | 246   | 12      |
| Lys                          | 119   | 106  | 93   | 88   | 11      | 235 a  | 212 a  | 200 a | 253   | 13      |
| Phe                          | 118   | 94   | 78   | 74   | 9       | 248    | 217    | 186   | 218   | 12      |
| Thr                          | 90    | 84   | 84   | 106  | 8       | 161    | 172    | 174   | 208   | 12      |
| Val                          | 86    | 86   | 75   | 88   | 7       | 158    | 168    | 158   | 213   | 11      |
| Ala                          | 92    | 102  | 77   | 106  | 11      | 183    | 175    | 177   | 199   | 13      |
| Asp                          | 64    | 52   | 53   | 70   | 6       | 90     | 115    | 113   | 159   | 9       |
| Glu                          | 55    | 59   | 66   | 106  | 11      | 76 a   | 130 a  | 133 a | 262 b | 20 **   |
| Gly                          | 159   | 139  | 106  | 138  | 16      | 252 a  | 269 a  | 261 a | 349 b | 27 *    |
| Pro                          | 162   | 268  | 186  | 193  | 46      | 403    | 438    | 313   | 363   | 49      |
| Ser                          | 73    | 75   | 70   | 97   | 9       | 119    | 146    | 135   | 175   | 10      |
| Tyr                          | 99    | 80   | 72   | 66   | 8       | 182    | 177    | 156   | 181   | 9       |
| <b>Somme</b>                 | 1535  | 1468 | 1350 | 1438 | 154     | 2833   | 2903   | 2671  | 3345  | 208     |

(1) ESM: erreur-standard de la moyenne ; \* :  $P < 0,05$  ; \*\* :  $P < 0,01$

a, b : dans une même ligne, les lettres annotées d'une lettre différente diffèrent significativement

mentation des pertes iléales endogènes. GOVERS et al (1993) ont, par exemple, montré qu'un isolat protéique de soja, contrairement à la caséine, endommageait l'épithélium du colon du rat et stimulait la prolifération épithéliale. Ces auteurs attribuent cette augmentation des pertes endogènes fécales à la présence de lectines ou de saponines.

Il se peut aussi que les taux protéiques testés (30 à 90 g/kg) soient trop faibles pour mettre en évidence des différences significatives, d'autant que la variabilité observée était particulièrement élevée. WYKES et al (1996) ont récemment montré que toutes les sécrétions digestives et le taux de synthèse protéique de la muqueuse intestinale étaient nettement plus faibles chez des rats recevant un régime à 30 g de caséine/kg d'aliment, par rapport à ceux en recevant 200 g. Cependant, SOUFFRANT et al (1995) ont utilisé des taux d'incorporation allant de 100 à 300 g de caséine/kg d'aliment semi-synthétique et n'ont pas observé non plus d'accroissement des pertes iléales endogènes avec des techniques aussi diverses que la dilution isotopique à l' $^{15}\text{N}$  ou l'homoarginine. FAN et al (1995) n'ont pas davantage observé de modification majeure avec des régimes contenant de 40 à 240 g de tourteau de soja/kg. Enfin, PÖHLAND et al (1993) n'avaient pas observé de modifica-

tion significative de l'excrétion pancréatique d'N chez des porcs ingérant de 110 à 190 g de protéines, provenant de sources aussi diverses que l'orge ou le tourteau de colza.

Selon FAN et al (1995), l'augmentation du taux protéique du régime s'accompagnerait bien d'un accroissement des sécrétions digestives mais celles-ci seraient aussi réabsorbées en quantité plus importante, en raison d'une amélioration de la capacité d'absorption de la muqueuse intestinale (SCHARRER, 1989).

Le taux de fibres de 20 g/kg d'aliment était trop faible pour affecter la réabsorption des sécrétions, ce qui explique l'absence de différence significative entre les différents taux protéiques. Par contre, une augmentation était attendue entre les taux protéiques avec les régimes riches en fibres. Cela n'a pas été le cas. Les régimes riches en fibres entraînent des pertes plus élevées que les régimes basse teneur mais indépendamment du niveau protéique. Les fibres internes se caractérisent par une capacité de rétention en eau très importante: 10 g eau/g matière. Lors d'un essai précédent, nous avons évoqué un effet 'barrière' qui freinerait la digestion et la réabsorption des sécrétions digestives et expliquerait les pertes endogènes plus élevées observées en leur présence, en grande quantité (LETERME et al, 1996d).



De plus, nous avons montré que leur présence dans un régime, toujours en quantité élevée, entravait l'absorption d'un hydrolysate de caséine (LETERME et al, 1996b). Dans cet essai, nous avons bien observé un effet du niveau de fibres mais il s'est avéré indépendant du niveau protéique. La présence des fibres n'a même pas gêné la digestion des protéines alimentaires, comme l'atteste la similarité des rétentions azotées entre les régimes à basse et haute teneur en fibres (tableau 2). TETENS et al (1996) n'ont pas davantage observé de différence de rétention d'azote chez des porcs recevant 50 ou 100 g de fibres de 5 matières différentes, par kg d'aliment.

L'hypothèse de MOUGHAN et al (1990) et BUTTS et al (1991) selon laquelle les fractions indigestibles de la caséine se retrouvent dans la fraction des AA libres et des petits peptides n'a pas non plus été vérifiée ici. Il faut cependant rappeler que MOUGHAN et ses collègues utilisent un hydrolysate de caséine alors qu'ici, nous distribuons des protéines entières. Cependant BUTTS et al (1993) ont comparé l'effet de l'hydrolysate à celui d'une protéine entière et non pas mis en évidence de différence. Ici, la digestion des protéines semble avoir été complète car le profil en AA de la fraction des molécules azotées ayant un PM < 3 kDa ne ressemblait en rien à celle d'un mélange caséine-jaune d'oeuf riche en acide glutamique (17 %) et pauvre en glycine (2,3 %). La littérature aussi mentionne des valeurs de digestibilité réelle très élevée pour la caséine (98-100 %; SOUFFRANT et al, 1993; ROOS et al, 1994). La digestion des protéines entières et l'absorption de leurs AA est peut-être plus efficace que celle d'un hydrolysate, composé d'AA libres

et de très petits peptides, grâce à une meilleure activité des peptidases et des phénomènes d'absorption.

## CONCLUSION

Les résultats d'indépendance des pertes iléales d'AA endogènes vis-à-vis de l'ingestion de faibles quantités d'isolats protéiques observés ici, confirment les observations récentes de SOUFFRANT et al (1995) en conditions identiques. Nous nous rallions à l'hypothèse de FAN et al (1995) selon laquelle l'augmentation du taux protéique du régime s'accompagne d'un accroissement des sécrétions digestives mais que celles-ci sont réabsorbées en quantité plus importante, en raison d'une amélioration de la capacité d'absorption de la muqueuse intestinale et pour autant que le régime ne contient pas de facteurs susceptibles d'entraver la réabsorption. Par contre, les pertes sont tributaires du taux de fibres dans le régime. Ces résultats ne sont pas transposables à des aliments complets pour lesquels la structure de la matière, la présence de facteurs antinutritionnels et l'interaction entre facteurs déterminent le niveau des pertes. Ils illustrent cependant la difficulté d'estimer les pertes endogènes spécifiques des aliments, indispensables au développement d'un système basé sur la digestibilité réelle des protéines alimentaires et la correction des pertes endogènes spécifiques.

## REMERCIEMENTS

Les recherches sont subventionnées par le Ministère Belge des Classes moyennes et de l'Agriculture, Administration de la Recherche et du Développement, Bruxelles.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BUTTS C., MOUGHAN P., SMITH W., 1991. *J. Sci. Food Agric.* 55, 175-187.
- BUTTS C., MOUGHAN P., SMITH W., CARR D., 1993. *J. Sci. Food Agric.* 61, 31-40.
- DE LANGE C., SOUFFRANT W., SAUER W., 1990. *J. Anim. Sci.* 68, 409-418.
- FAN M., SAUER W., Mc BURNEY M., 1995. *J. Anim. Sci.* 73, 2319-2328
- GRALA W., JANSMAN A., VAN LEEUWEN P., VERSTEGEN M., HUISMAN J., GDALA J., 1994. In: W. Souffrant, H. Hagemester (Eds) *Proc. Vth Int. Symp. on Digestive Physiology in Pigs*, vol. I; Bad Doberan, Germany, EAAP Publ. 80; 31-34.
- KRAWIELITZKI K., VÖLKER T., SMULIKOWSKA S., BOCK H., WÜNSCHE J., 1977 *Arch. Tierernährung*, 27 (10), 609-627.
- LAPLACE J. P., CORRING T., RÉRAT A., DEMARNE Y., 1986. In: *Le porc et son élevage: bases scientifiques et techniques*. Maloine Ed., Paris, pp 65-120.
- LETERME P., THÉWIS A., FRANÇOIS E., VAN LEEUWEN P., WATHELET B., HUISMAN J., 1996a. *J. Nutr.* 126, 2188-2198.
- LETERME P., THÉWIS A., VAN LEEUWEN P., MONMART T., HUISMAN J., 1996b. *J. Sci. Food Agric.* 72, 127-134.
- LETERME P., MONMART T., THÉWIS A., MORANDI P., 1996c. *J. Sci. Food Agric.* 71, 265-271.
- LETERME P., FROIDMONT E., THÉWIS A., 1996d. *Journées Rech. Porcine en France*, 28, 407-412.
- MOUGHAN P., DARRAGH A., SMITH W., BUTTS C., 1990. *J. Sci. Food Agric.* 52, 13-21.
- PÖHLAND U., SOUFFRANT W., SAUER W., MOSENTHIN R., DE LANGE C., 1993. *J. Sci. Food Agric.* 62, 229-234.
- ROOS N., PFEUFFER M., HAGEMESTER H., 1994. *J. Nutr.* 124, 2404-2409.
- SCHARRER E., 1989. In: M. Friedman (Ed) *Absorption and utilization of amino acids*, vol. 1; CRC Press, Boca Raton, FL, pp 57-68.
- SÈVE B., 1994. *INRA Prod. Anim.* 7, 275-292.
- SÈVE B., HENRY Y., 1995. In: Nuñez A., Portugal A., Costa J., Ribeiro J. (Eds) *Proc. Vllth Symp. on Protein Metabolism and Nutrition*. Santarém (Portugal), EAAP Publ. 81, pp 59-82
- SOUFFRANT W., RÉRAT A., LAPLACE J., DARCY-VILLON B., KÖHLER R., CORRING T., GEBHARDT G., 1993. *Reprod., Nutr., Dev.* 33, 373-382.
- SOUFFRANT W.-B., FÉVRIER C., LAPLACE J.P., HENNIG U., 1995. In: *Symposium in Würdigung der wissenschaftlichen Arbeit von Prof. Dr. habil. H. Bergner auf dem Gebiet der Tierernährung*, Berlin, 7-8 Sept., pp 31-43.
- TETENS I., LIVESEY G., EGGUM B., 1996. *Br. J. Nutr.* 75, 461-469.
- VAN LEEUWEN P., VAN KLEEF D., VAN KEMPEN G., HUISMAN J., VERSTEGEN M., 1991. *J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr.* 65, 183-193.
- WYKES L., FIOROTTO M., BURRIN D., DEL ROSARIO M., FRAZER M., POND W., JAHOOOR F., 1996. *J. Nutr.* 126, 1481-1488.