

## Digestion des protéines dans l'intestin grêle chez le porc.

### III. - Digestibilité des acides aminés et variations postprandiales de la composition des digesta selon la source de protéines d'un régime à base d'amidon de blé purifié

Béatrice DARCY-VRILLON, J.P. LAPLACE

avec la collaboration technique de Georgette BRACHET, Régine CALMES,  
F. COINTEPAS et Françoise SENE

*I.N.R.A., Laboratoire de Physiologie de la Nutrition  
Centre de Recherches zootechniques, F 78350 Jouy-en-Josas*

#### Résumé

Quatre porcs mâles castrés de race Large White d'un poids vif moyen de 57 kg ont été soumis à la fistulation iléo-colique postvalvulaire (DARCY, LAPLACE, VILLIERS, 1980). Ils ont reçu un repas quotidien d'un régime protéoprive ou d'un régime à 16 p. 100 de matières azotées, apportées soit par une farine de poisson, soit par un gluten de blé. On a déterminé les teneurs en azote total et en acides aminés (A.A.) de l'aliment et des contenus d'iléon terminal collectés 4, 6, 8, 14 et 24 h après le repas. Les variations de la composition en A.A. des digesta et les digestibilités iléales apparente et réelle de chacun des A.A. pour des régimes à base d'amidon de blé sont comparées aux résultats antérieurement décrits pour des régimes homologues à base d'amidon de maïs (DARCY, LAPLACE, DUEE, 1982 et 1983).

Les quantités totales d'A.A. recueillies en 24 h à l'extrémité distale de l'intestin grêle sont, respectivement pour les régimes poisson, gluten et protéoprive, de 19, 7 et 5 g. La digestibilité iléale apparente des A.A. individuels (fig. 1) est plus élevée pour le régime gluten que pour le régime poisson (sauf pour LYS, ALA et ARG). Les digestibilités réelles correspondantes sont dans l'ensemble supérieures de 3 à 4 points aux digestibilités apparentes. Ce relèvement n'entraîne pas de bouleversement notable de la hiérarchie des A.A. pour le poisson, alors qu'il conduit à un nivellement des valeurs autour de 100 p. 100 pour le gluten (sauf LYS et ASX).

L'évolution postprandiale des quantités d'A.A. collectées est très différente avec le régime poisson de celle observée avec les autres régimes. Le flux maximum d'A.A. est enregistré entre 4 et 14 h après le repas ; il correspond à une forte teneur en A.A. de la matière sèche. Dans cette même période, la part des A.A. dans les matières azotées et la proportion d'A.A. essentiels dans les A.A. totaux diminuent. La composition moyenne en A.A. des digesta diffère notablement selon la source des protéines du régime (fig. 2). Il existe aussi une variation au cours des 24 h de la composition en A.A. dans le cas des régimes azotés (fig. 3).

L'analyse de variance factorielle (2 amidons  $\times$  2 protéines) réalisée pour les digestibilités de chacun des A.A., montre (tabl. 5) que l'effet de la source de protéines est très important, qu'il s'agisse de digestibilité apparente ou réelle ; l'effet de la nature de l'amidon, significatif pour la digestibilité apparente de la plupart des A.A., ne l'est que pour la digestibilité réelle de quelques-uns. Pour ces 2 critères l'effet d'interaction amidon-protéines est significatif dans la plupart des cas. En définitive, la source de protéines affecte directement la digestibilité

iléale des A.A. ; la nature de l'amidon du régime paraît exercer aussi une influence en modifiant probablement la proportion de protéines endogènes dans les digesta, ce que suggère la comparaison des profils de digestibilité apparente et réelle des A.A. pour ces régimes à base d'amidon de blé et les régimes homologues à base d'amidon de maïs (fig. 4 et 5).

*Mots clés* : porc, digestibilité iléale, acides aminés, protéines alimentaires, azote endogène, digestibilité réelle.

## I. Introduction

Un travail antérieur a permis d'étudier l'influence de la source de protéines et de la nature de l'amidon alimentaires, ainsi que de leur interaction, sur la digestion dans l'intestin grêle (DARCY, LAPLACE & VILLIERS, 1981). Cette étude a été réalisée selon un dispositif factoriel impliquant deux sources d'amidon purifié (maïs ou blé) et deux sources de protéines (farine de poisson ou gluten de blé). Des effets significatifs de chacun de ces constituants alimentaires et de leur interaction ont été mis en évidence à l'égard de la digestibilité apparente de l'azote, mesurée à l'extrémité de l'intestin grêle. Ce résultat nous a conduit à utiliser les mêmes régimes, pour l'étude de la digestibilité des acides aminés et des variations post-prandiales de la composition des digesta en acides aminés. L'influence de la source de protéines a ainsi été analysée dans le cas des régimes à base d'amidon de maïs purifié (DARCY, LAPLACE & DUEE, 1982 et 1983). Le présent travail concerne l'influence des deux mêmes sources de protéines (farine de poisson et gluten de blé) dans le cas des régimes à base d'amidon de blé purifié.

## II. Matériel et méthodes

### A. Schéma expérimental et animaux

L'expérience a été effectuée sur quatre porcs mâles castrés, de race *Large White* (poids vif moyen :  $56,6 \pm 0,7$  kg) préparés selon la technique de fistulation iléo-colique post-valvulaire (DARCY, LAPLACE & VILLIERS, 1980). Trois régimes ont été utilisés : deux régimes formulés à 16 p. 100 de matières azotées totales apportées par une farine de poisson (régime poisson) ou par un gluten de blé (régime gluten), et un régime protéoprive. La composition de ces régimes est identique à celle décrite précédemment (DARCY, LAPLACE & VILLIERS, 1981). La teneur effective en azote est respectivement de 2,6 p. 100 (régime poisson), 2,5 p. 100 (régime gluten) et 0,2 p. 100 (régime protéoprive) de la matière sèche. Tous les animaux ont reçu le régime poisson pendant 8 jours de récupération post-opératoire. Tous les porcs ont ensuite, sous ce même régime, fait l'objet de mesures durant 1 ou 2 nycthémers, puis sans accoutumance préalable sous le régime protéoprive (2 jours au plus). Après une accoutumance de 4 jours au régime gluten, ils font à nouveau l'objet de mesures sous ce régime, puis sous le régime protéoprive, dans les mêmes conditions que précédemment. N'ont été retenus pour l'étude que les nycthémers pour lesquels toutes les conditions ont été satisfaisantes (niveau d'ingestion, collectes, manipulations

d'échantillons). De ce fait, les résultats présentés ici portent au total sur 6 nycthémères en régime poisson, 7 en régime gluten, et 8 en régime protéoprive (dont 4 à la suite du régime poisson et 4 à la suite du régime gluten). Chaque nycthémère débute par un repas d'épreuve unique, comportant 1 200 g d'aliment expérimental présenté sous forme de farine, additionnée d'eau (rapport 1 : 2). Les consommations réelles de farine ont été de  $1\,193 \pm 4$  g pour le régime poisson,  $1\,185 \pm 6$  g pour le régime gluten, et  $1\,108 \pm 42$  g pour le régime protéoprive.

### B. Collectes et analyses des digesta

A différents temps après le repas d'épreuve (4, 6, 8, 14 et 24 h) on recueille les digesta dérivés en permanence dans le ballon de collecte. Pour chacune de ces collectes, le volume et le poids frais sont mesurés et un échantillon de 80 g est prélevé, sur lequel sont déterminées après lyophilisation, les teneurs en matière sèche, en azote total et en acides aminés. Les digesta résiduels sont ensuite restitués, après réchauffement, par la canule colique.

La teneur en matière sèche des aliments et des digesta est mesurée après 24 h à l'étuve à  $104^{\circ}\text{C}$ . L'azote total est déterminé par la méthode Kjeldhal. La composition globale en acides aminés des aliments ou des digesta est déterminée après hydrolyse acide (24 h et 48 h) ; le dosage chromatographique des acides aminés est effectué après leur séparation sur colonne échangeuse d'ions, dans les conditions analytiques décrites par PION & FAUCONNEAU (1966). La détermination des acides aminés soufrés est réalisée de la même façon après oxydation préalable par l'acide performique. Le tryptophane, détruit par l'hydrolyse acide, n'est pas dosé. Les déterminations de l'asparagine et de la glutamine se font conjointement avec l'acide aspartique d'une part, et l'acide glutamique, d'autre part.

### C. Présentation des résultats

Comme précédemment (DARCY, LAPLACE & DUEE, 1982), les 17 acides aminés (A.A.) dosés seront désignés par leur abréviation conventionnelle. On utilisera également les abréviations suivantes : EAA : acides aminés indispensables (ou essentiels) et semi-indispensables ; NAA : acides aminés non indispensables ;  $\Sigma\text{AA}$  : somme des 17 A.A. A partir des quantités d'acides aminés totaux recueillis, on étudie les variations de composition des digesta, et on détermine les digestibilités apparentes des A.A. pour chacun des 2 régimes protéiques. La prise en compte des résultats obtenus en régime protéoprive permet la détermination des digestibilités réelles selon un mode d'expression usuel.

## III. Résultats

La composition en A.A. des régimes azotés utilisés n'est pas rapportée en détail. Elle est, en effet, analogue à celle précédemment décrite pour les régimes à base d'amidon de maïs (DARCY, LAPLACE & DUEE, 1982).

TABLEAU I

*Quantités moyennes d'acides aminés (A.A.) et d'azote ingérées et collectées en 24 heures pour des régimes azotés comportant une farine de poisson ou un gluten de blé, et pour un régime protéoprive.*  
*Mean quantities of aminoacids (A.A.) and nitrogen ingested and collected over 24 hrs after feeding either a fishmeal or a wheat gluten or a protein free diet.*

Régime Diet	Farine de poisson Fish meal		Protéoprive (après poisson) Protein free (after fish meal) Quantité collectée en 24 h-g (CV %) Quantity collected over 24 hrs-g (CV %)	Gluten de blé Wheat gluten		Protéoprive (après gluten) Protein free (after wheat gluten) Quantité collectée en 24 h-g (CV %) Quantity collected over 24 hrs-g (CV %)
	Quantité ingérée (g) Ingested quantity (g)	Quantité collectée en 24 h-g (CV %) Quantity collected over 24 hrs-g (CV %)		Quantité ingérée (g) Ingested quantity (g)	Quantité collectée en 24 h-g (CV %) Quantity collected over 24 hrs-g (CV %)	
E.A.A.						
THR . . . . .	7,28	0,90 (8,3)	0,37 (31,3)	4,15	0,41 (11,6)	0,34 (10,8)
VAL . . . . .	9,01	0,92 (8,4)	0,32 (18,7)	6,87	0,45 (19,4)	0,33 (17,3)
ILE . . . . .	7,92	0,70 (7,8)	0,21 (18,0)	6,71	0,35 (20,0)	0,23 (18,4)
LEU . . . . .	13,52	1,14 (7,5)	0,37 (18,6)	11,42	0,55 (21,3)	0,39 (16,8)
TYR . . . . .	6,09	0,54 (7,7)	0,19 (17,8)	5,47	0,28 (19,1)	0,20 (16,4)
PHE . . . . .	7,36	0,76 (11,6)	0,24 (21,3)	8,58	0,33 (17,3)	0,25 (17,4)
LYS . . . . .	13,96	1,18 (7,1)	0,26 (17,8)	2,79	0,44 (23,3)	0,30 (17,6)
HIS . . . . .	3,66	0,38 (8,9)	0,11 (22,5)	3,32	0,16 (19,1)	0,12 (13,0)
ARG . . . . .	10,74	0,73 (7,7)	0,26 (23,0)	6,17	0,37 (21,3)	0,28 (15,8)
CYS . . . . .	1,44	0,41 (9,2)	0,14 (21,0)	3,69	0,22 (17,7)	0,14 (15,4)
MET . . . . .	5,41	0,34 (6,9)	0,06 (27,1)	2,79	0,10 (21,1)	0,06 (16,5)

Somme E.A.A. . . . Sum E.A.A.	86,40	8,01	(7,0)	2,51	(20,8)	61,98	3,66	(18,9)	2,65	(15,7)
N.A.A.										
ASX . . . . .	16,26	3,82	(12,0)	0,49	(20,4)	5,33	0,74	(18,2)	0,52	(17,1)
SER . . . . .	7,01	0,92	(6,11)	0,27	(24,4)	7,61	0,34	(20,3)	0,26	(12,3)
GLX . . . . .	24,61	2,32	(5,8)	0,56	(18,3)	61,73	0,94	(18,3)	0,62	(15,3)
PRO . . . . .	7,24	0,84	(6,8)	0,30	(19,9)	19,96	0,39	(13,8)	0,39	(44,7)
GLY . . . . .	11,97	1,65	(5,0)	0,40	(32,3)	5,18	0,46	(17,5)	0,41	(23,3)
ALA . . . . .	11,29	1,07	(5,1)	0,29	(21,7)	4,24	0,42	(17,3)	0,32	(16,9)
Somme N.A.A. . . . Sum N.A.A.	78,38	10,63	(6,3)	2,31	(22,3)	104,06	3,32	(16,4)	2,51	(19,6)
Somme tous A.A. . . . Sum all A.A.	164,79	18,65	(5,4)	4,82	(21,5)	166,03	6,98	(17,6)	5,17	(17,4)
Azote total . . . . . Total nitrogen	27,43	3,35	(3,4)	0,91	(22,0)	25,97	1,28	(13,9)	0,93	(18,8)

Collectes effectuées au niveau de la jonction iléo-caeco-colique. EAA = acides aminés essentiels; NAA = acides aminés non essentiels; CV = coefficient de variation.

Digesta collected at the ileo-caeco-colic junction. EAA = essential aminoacids; NAA = non essential aminoacids; CV = coefficient of variation.

### A. Quantités résiduelles d'acides aminés (tabl. 1)

Avec le régime protéoprive, les quantités d'A.A. recueillies ne présentent jamais de différence significative, pour chacun des A.A. individuels et pour leur somme, selon les conditions d'épreuve : animal concerné, régime azoté ingéré auparavant et jour d'épreuve considéré. La quantité totale d'A.A. collectés en 24 h avec ce régime est en moyenne de l'ordre de 5 g. Dans le cas du régime gluten, la quantité totale d'A.A. recueillie est supérieure d'environ 35 p. 100 à celle recueillie en régime protéoprive ( $P < 0,01$ ). Cette différence se retrouve pour la plupart des A.A. individuels, à l'exception de PRO et GLY. Dans le cas du régime poisson, les quantités totales d'A.A. collectées en 24 h (environ 19 g) sont près de 4 fois plus élevées qu'avec le régime protéoprive. Pour chacun des A.A., l'écart entre les quantités collectées en régime poisson, d'une part, et en régimes gluten ou protéoprive d'autre part, est significatif ( $P < 0,001$ ). Les quantités d'EAA diffèrent significativement selon le régime : de l'ordre de 2,6 g en régime protéoprive, elles atteignent 3,7 g en régime gluten et 8 g en régime poisson. Il en va de même dans le cas des NAA, avec des valeurs qui sont respectivement de l'ordre de 2,4 g, 3,3 g et 10,6 g pour ces 3 régimes. Enfin la variabilité des quantités d'A.A. totaux, d'EAA, de NAA ou d'A.A. individuels collectés en 24 h, est plus importante pour les régimes protéoprive et gluten (coefficient de variation de l'ordre de 17 à 20 p. 100) que pour le régime poisson (de l'ordre de 5 à 10 p. 100).

### B. Digestibilité des acides aminés du régime poisson (fig. 1)

La digestibilité apparente calculée pour chacun des EAA varie entre 87,6 et 93,8 p. 100 sauf pour CYS (71,6 p. 100). La variabilité de ce critère, appréciée par le coefficient de variation, est très faible (0,5 à 1,4 p. 100) sauf pour CYS (3,8 p. 100). Dans le cas des NAA, la digestibilité apparente est comprise entre 86,2 et 90,6 p. 100 (coefficient de variation : 0,5 à 1,0 p. 100) sauf pour ASX (76,5 p. 100 — coefficient de variation égal à 3,5 p. 100). Les valeurs de digestibilité réelle sont supérieures de 3 à 4 points à celles de digestibilité apparente pour les EAA comme pour les NAA, sans bouleversement de la hiérarchie entre A.A. individuels. La digestibilité apparente moyenne de l'ensemble des A.A. est supérieure de 2,7 points à celle de l'azote. Un écart de même sens de 2,3 points est retrouvé pour les digestibilités réelles correspondantes.

### C. Digestibilité des acides aminés du régime gluten (fig. 1)

La digestibilité apparente varie selon les EAA entre 90,2 et 96,4 p. 100 (coefficient de variation 0,7 à 1,3 p. 100) sauf pour LYS (84,3 p. 100 — coefficient de variation 4,2 p. 100). Pour les NAA, la digestibilité apparente est comprise entre 90,0 et 98,5 p. 100 (coefficient de variation 0,3 à 1,9 p. 100) sauf pour ASX (86,0 p. 100 — coefficient de variation 2,9 p. 100). Les digestibilités apparentes des A.A. individuels du régime gluten sont en général significativement ( $P < 0,005$ ) plus élevées que celles du régime poisson, à l'exception de LYS pour lequel une valeur significativement plus faible est obtenue et d'ALA et ARG qui ont des digestibilités apparentes analogues dans ces 2 régimes. Malgré un relèvement important (10 points environ) par rapport à la digestibilité apparente, les digestibilités réelles les moins

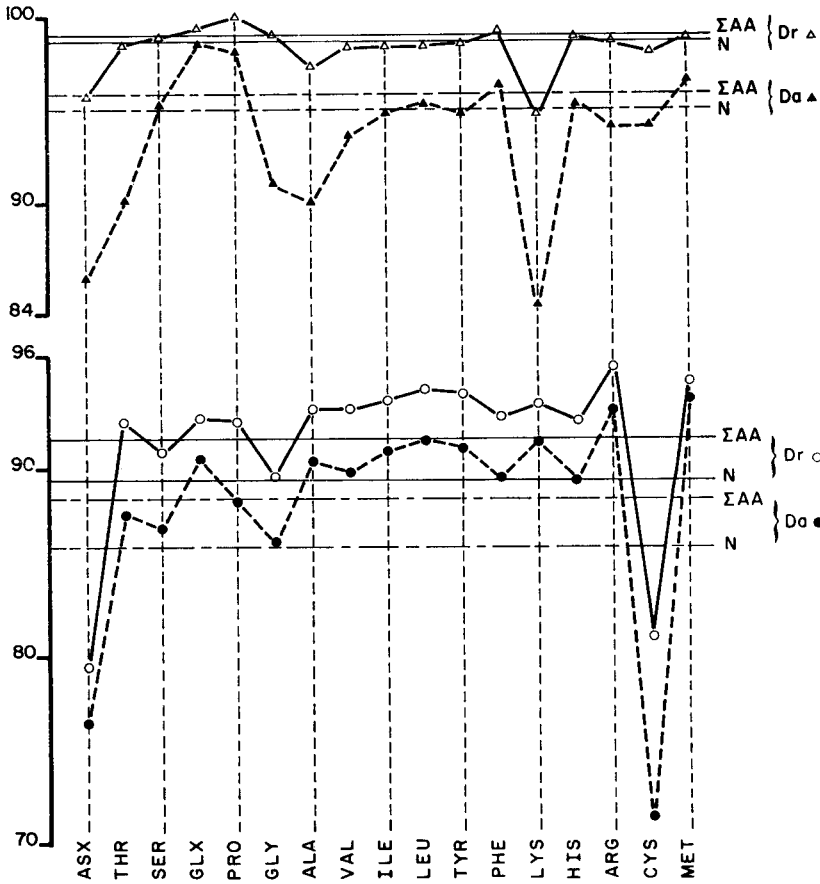


FIG. 1

*Digestibilité des acides aminés (A.A.) au niveau de la jonction iléo-caeco-colique.  
Amino acid (A.A.) digestibility at the ileo-caeco-colic junction.*

Digestibilités apparentes (Da) et réelles (Dr) pour chacun des régimes. Les lignes horizontales indiquent pour chacun d'eux les digestibilités apparentes et réelles de l'azote total (N) d'une part et les valeurs moyennes calculées pour l'ensemble des A.A. ( $\Sigma$  A.A.) d'autre part.

*Apparent (Da) and true (Dr) digestibilities according to diet. The straight lines indicate in each case apparent and true digestibilities of the total nitrogen (N) and average amino-acids ( $\Sigma$  A.A.).*

- ▲ Da Blé gluten.  
Gluten diet.
- △ Dr Blé gluten.  
Gluten diet.
- Da Blé poisson.  
Fish meal diet.
- Dr Blé poisson.  
Fish meal diet.

élevées sont celles de ASX et LYS (95,0 p. 100). Pour tous les autres A.A., le relèvement est de l'ordre de 3 points. Les valeurs de digestibilité réelle en régime gluten sont supérieures aux valeurs correspondantes en régime poisson, à l'exception de LYS pour laquelle les valeurs ne diffèrent pas. La digestibilité apparente moyenne de l'ensemble des A.A. est très voisine de celle de l'azote (moins d'1 point d'écart). Les digestibilités réelles de chaque A.A. sont presque identiques.

#### D. Evolution post-prandiale des quantités collectées d'acides aminés

Les quantités d'A.A. collectées en régime poisson sont supérieures à celles recueillies en régime gluten pour chacune des collectes correspondant aux 14 premières heures post-prandiales. Elles sont systématiquement supérieures à celles obtenues en régime protéoprive (tabl. 2). Par ailleurs, les quantités d'A.A. recueillies en régime gluten ne sont supérieures à celles enregistrées en régime protéoprive qu'entre les sixième et huitième, et entre les quatorzième et vingt-quatrième heures post-prandiales (tabl. 2).

TABLEAU 2

Moyennes et écarts-type à la moyenne des quantités d'A.A. (g) dans les digesta totaux recueillis à chacun des temps de collecte selon la nature du régime.

Mean A.A. quantities (g) and standard errors of the mean in total digesta collected for each period and diet.

Période de collecte <i>Collection period</i> (heures - hours)	Régime - Diet		
	Farine de poisson <i>Fish meal diet</i> (n = 6)	Gluten de blé <i>Wheat gluten diet</i> (n = 7)	Protéoprive <i>Protein free diet</i> (n = 8)
0 à/to 4 . . . . .	1,48 ± 0,37 <sup>a</sup>	0,38 ± 0,15 <sup>b</sup>	0,36 ± 0,08 <sup>b</sup>
4 à/to 6 . . . . .	2,41 ± 0,66 <sup>a</sup>	0,63 ± 0,18 <sup>b</sup>	1,04 ± 0,18 <sup>b</sup>
6 à/to 8 . . . . .	3,72 ± 0,57 <sup>a</sup>	1,31 ± 0,28 <sup>b</sup>	0,64 ± 0,20 <sup>c</sup> (*)
8 à/to 14 . . . . .	7,07 ± 0,51 <sup>a</sup>	1,90 ± 0,33 <sup>b</sup>	1,64 ± 0,23 <sup>b</sup>
14 à/to 24 . . . . .	3,97 ± 0,53 <sup>a</sup>	2,74 ± 0,67 <sup>a</sup>	1,32 ± 0,16 <sup>b</sup>
En/over 24 . . . . .	18,65 ± 0,41 <sup>a</sup>	6,98 ± 0,46 <sup>b</sup>	4,99 ± 0,32 <sup>c</sup>

n = nombre de données.

Les valeurs affectées de lettres différentes sur une même ligne diffèrent entre elles au seuil  $p < 0,05$  sauf dans un cas (\*),  $p < 0,10$ .

n = number of data.

The values within one and the same line bearing different letters differ ( $p < 0.05$ ) except for one case (\*),  $p < 0.10$ .



D'un point de vue cinétique, le flux maximal d'A.A. (quantités en  $g \cdot h^{-1}$  pour chaque période de collecte) est observé dans la période de 4 à 6 h pour le régime protéoprive. Dans le cas des régimes azotés, un flux horaire important est enregistré dans la période 4 à 14 h, avec un maximum entre 6 et 8 h après le repas. On recueille ainsi dans la période 4 à 14 h (soit 42 p. 100 du nyctémère) 71 et 55 p. 100 du total des A.A. récoltés en 24 h, respectivement pour les régimes poisson et gluten.

La teneur en A.A. de la matière sèche des digesta (tabl. 3) est, en 24 h, la plus élevée pour le régime poisson et la plus faible pour le régime protéoprive. Ce classement des 3 régimes est retrouvé pour toute la période 8 à 24 h après le repas. A l'opposé, au cours des 4 premières heures post-prandiales, la teneur en A.A. de la matière sèche est analogue pour les 3 régimes. Entre 4 et 8 h, les teneurs sont analogues pour les régimes gluten et protéoprive ; elles sont plus élevées pour le régime poisson.

TABLEAU 3

*Teneurs moyennes en A.A. de la matière sèche (g/100 g de M.S., 1<sup>re</sup> ligne) et des matières azotées (g/16 g N, 2<sup>e</sup> ligne) recueillies à chacun des temps de collecte et dans chacune des fractions.*

*Mean quantities of A.A. collected for each period and diet relative to the dry matter (g/ 100g D.M., 1st line) and nitrogenous matters (g/16 g N, 2nd line) of the corresponding fraction.*

Période de collecte <i>Collection period</i> (heures - hours)	Régime - Diet		
	Farine de poisson <i>Fish meal diet</i>	Gluten de blé <i>Wheat gluten diet</i>	Protéoprive <i>Protein free diet</i>
0 à/to 4 . . . . .	11,40 <sup>a</sup> 85,80 <sup>a</sup>	10,41 <sup>a</sup> 89,41 <sup>a</sup>	9,17 <sup>a</sup> 84,12 <sup>a</sup>
4 à/to 6 . . . . .	20,61 <sup>a</sup> 76,90 <sup>a</sup>	9,27 <sup>b</sup> 90,63 <sup>b</sup>	11,10 <sup>b</sup> 88,27 <sup>b</sup>
6 à/to 8 . . . . .	17,58 <sup>a</sup> 78,72 <sup>a</sup>	7,23 <sup>b</sup> 89,89 <sup>b</sup>	8,33 <sup>b</sup> 92,62 <sup>b</sup>
8 à/to 14 . . . . .	12,49 <sup>a</sup> 76,78 <sup>a</sup>	7,17 <sup>b</sup> 88,24 <sup>b</sup>	5,35 <sup>c</sup> 89,03 <sup>b</sup>
14 à/to 24 . . . . .	10,32 <sup>a</sup> 76,65 <sup>a</sup>	7,30 <sup>b</sup> 82,74 <sup>ab</sup>	4,93 <sup>c</sup> 82,17 <sup>b</sup>
En/over 24 . . . . .	12,86 <sup>a</sup> 77,72 <sup>a</sup>	7,69 <sup>b</sup> 86,91 <sup>b</sup>	6,31 <sup>c</sup> 86,82 <sup>b</sup>

Les valeurs affectées de lettres différentes sur une même ligne diffèrent entre elles au seuil  $p < 0,01$ .  
*The values within one and the same line bearing different letters differ at  $p < 0.01$ .*

Dans les matières azotées ( $N \times 6,25$ ) des digesta récoltés sur 24 h, les acides aminés constituent une fraction plus faible dans le cas du régime poisson, notamment entre 4 et 14 h, que dans celui des régimes gluten et protéoprive qui, tout au long du nyctémère, gardent une composition voisine.

A chaque collecte, la part des FAA dans les A.A. des contenus digestifs (tabl. 4), s'avère relativement constante et analogue pour les régimes protéoprive ou gluten (de l'ordre de 52 p. 100 des A.A. totaux). Par contre, dans le cas du régime poisson, cette part est au total plus faible (43,0 p. 100) et varie au cours du nyctémère avec un minimum entre 6 et 8 h après le repas.

TABLEAU 4

*Proportions d'acides aminés essentiels (E.A.A. en g/100 g d'A.A. totaux) dans les digesta recueillis à chacun des temps de collecte, selon la nature du régime.*

*Proportion of essential amino acids (E.A.A. as g/100 g total A.A.) in the digesta collected for each period and diet.*

Période de collecte <i>Collection period</i> (heures - hours)	Régime - Diet		
	Farine de poisson <i>Fish meal diet</i>	Gluten de blé <i>Wheat gluten diet</i>	Protéoprive <i>Protein free diet</i>
0 à/to 4 .....	49,8 <sup>a</sup>	53,5 <sup>b</sup>	53,1 <sup>b</sup> (*)
4 à/to 6 .....	39,2 <sup>a</sup>	53,2 <sup>b</sup>	52,2 <sup>b</sup>
6 à/to 8 .....	37,5 <sup>a</sup>	52,8 <sup>b</sup>	51,3 <sup>b</sup>
8 à/to 14 .....	41,8 <sup>a</sup>	50,6 <sup>b</sup>	50,9 <sup>b</sup>
14 à/to 24 .....	50,5 <sup>a</sup>	53,2 <sup>b</sup>	52,9 <sup>b</sup>
En/over 24 .....	43,0 <sup>a</sup>	52,4 <sup>b</sup>	51,8 <sup>b</sup>

Les valeurs affectées de lettres différentes sur une même ligne diffèrent entre elles au seuil  $p < 0,05$  sauf dans un cas (\*,  $p < 0,10$ ).

*The values within one and the same line bearing different letters differ ( $p < 0,05$ ) except for one case (\*,  $p < 0,10$ ).*

#### E. Composition moyenne en acides aminés des digesta de 24 h (fig. 2)

L'étude de la composition moyenne des digesta de 24 h, sur la base des teneurs en A.A. exprimées en pourcentage de leur somme, montre qu'il existe une différence significative selon la source de protéines du régime pour tous les A.A., sauf LYS, SER et GLX. Les teneurs en ASX, GLY et MET sont plus élevées avec le régime poisson, alors que celles des autres A.A. le sont avec le régime gluten. Dans le cas du régime protéoprive, il n'existe de différence, selon le régime azoté ingéré auparavant, que pour LYS et SER.

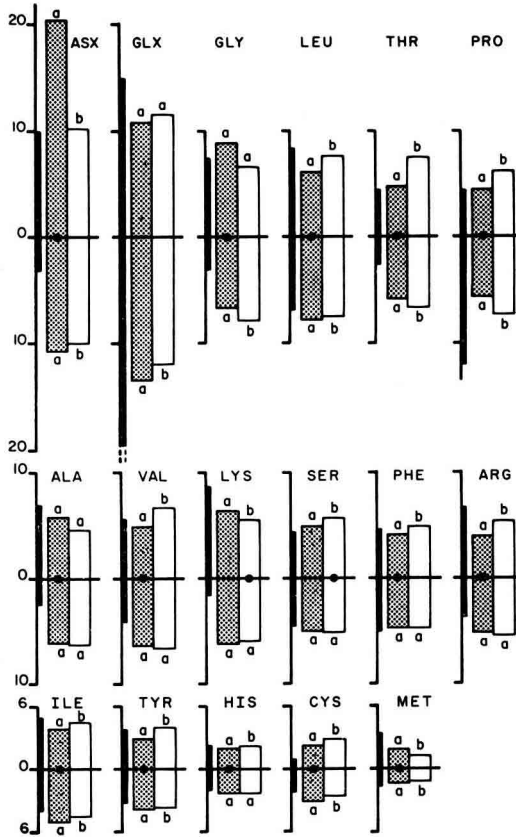


FIG. 2

Composition moyenne des digesta collectés en 24 h  
(chaque A.A. est exprimé en p. 100 de la somme des A.A. déterminés).

Mean A.A. composition of digesta collected within 24 h  
(each A.A. is expressed as p. 100 of the total A.A. assayed).

- Aliment.  
Dietary protein.
- Digesta recueillis en régime azoté.  
Digesta collected with nitrogenous diets.
- Digesta recueillis en régime protéoprive.  
Digesta collected with the protein-free diet.

Demi-graphique supérieur : régime poisson et régime protéoprive distribué après ce régime poisson - Top of the graph : fish-meal diet and protein-free diet following this fish meal diet.

Demi-graphique inférieur : régime gluten et régime protéoprive distribué après ce régime gluten - Bottom of the graph : wheat gluten diet and protein-free diet following this wheat gluten diet.

Pour chaque demi-graphique, les valeurs affectées d'une lettre différente diffèrent entre elles au seuil  $p < 0,10$ . - For each part of the graphs, the columns bearing different letters differ according to Student's *t* test ( $p < 0.10$ ).

Pour chaque colonne, la présence d'un point indique une différence entre régimes ( $p < 0,10$ ) - Within each column, the point indicates the between-diet differences ( $p < 0.10$ ).

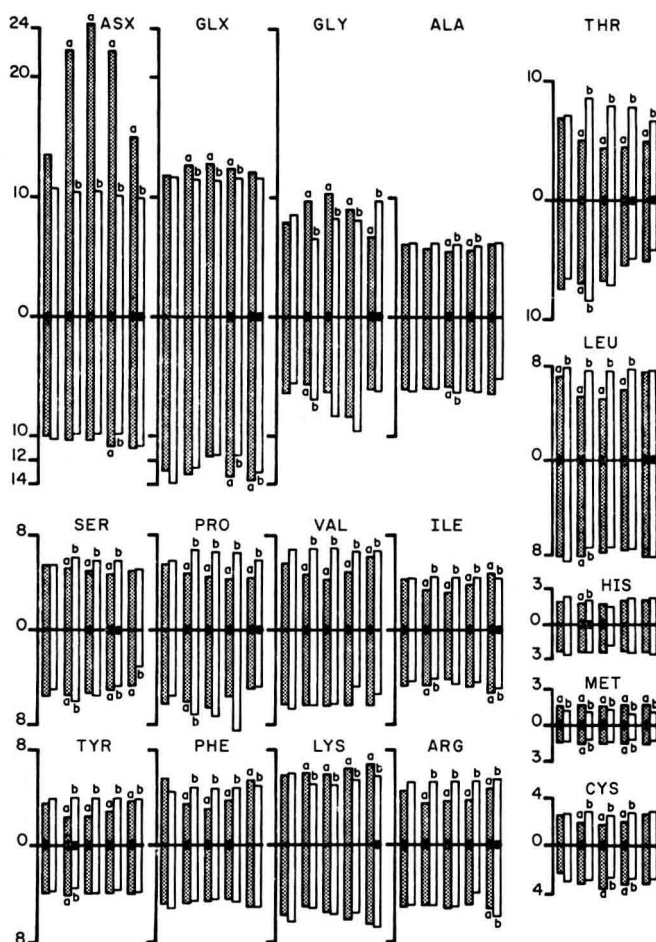


FIG. 3

Composition moyenne des digesta collectés aux différents temps post-prandiaux (chaque A.A. est exprimé en p. 100 de la somme des A.A. déterminés).

Mean A.A. composition of digesta collected at each of the collection periods (each A.A. is expressed as p. 100 of the sum of the A.A. assayed).

Les colonnes de gauche à droite représentent dans l'ordre les temps 0 à 4 h, 4 à 6 h, 6 à 8 h, 8 à 14 h, 14 à 24 h après le repas - The columns indicate the following periods, from left to right : 0-4 h, 4-6 h, 6-8 h, 8-14 h, 14-24 h after the meal.

▨ Digesta recueillis en régime azoté.  
Digesta collected with the protein diets.

□ Digesta recueillis en régime protéoprive.  
Digesta collected with the protein-free diet.

Les demi-graphiques supérieur et inférieur, les lettres et les points ont la même signification que dans la fig. 2 - The upper and lower parts of the graphs, the letters and the points have the same meaning as in fig. 2.

La comparaison des profils de composition des digesta en A.A. montre qu'il existe plus de différences entre les régimes poisson et protéoprive qu'entre les régimes gluten et protéoprive. Pour trois A.A. (GLX, GLY et ALA), la proportion est la même dans les digesta du régime poisson et dans ceux du régime protéoprive correspondant. Pour trois autres (ASX, LYS, MET), elle est plus importante pour le régime azoté. Et enfin pour les onze autres A.A., elle est plus importante avec le régime protéoprive. Dans le cas du gluten, sept A.A. présentent une teneur analogue à celle observée pour les digesta du régime protéoprive correspondant. Pour sept autres (ASX, GLX, LEU, ILE, TYR, CYS, MET), la teneur est plus élevée pour le régime azoté. A l'opposé, la teneur la plus forte en GLY, THR et PRO est obtenue pour le régime protéoprive.

La confrontation de la composition en A.A. des digesta à celle des sources protéiques consommées, montre des remaniements importants. Dans le cas du poisson, les digesta s'enrichissent en ASX, GLY et CYS, et s'appauvrissent en GLX, LEU, LYS, ARG et MET principalement. Dans le cas du gluten, l'appauvrissement est limité à GLX et PRO ; on observe par contre un enrichissement des digesta en onze autres A.A.

#### F. *Evolution post-prandiale de la composition en acides aminés des digesta (fig. 3)*

Après consommation d'un régime protéoprive, la composition en A.A. des contenus d'iléon varie peu selon le moment de la collecte, quel que soit le régime azoté ingéré antérieurement. Ce n'est que dans le cas du régime protéoprive distribué après le régime gluten que l'on observe une évolution post-prandiale particulière pour certains A.A. : augmentation de 70 p. 100 entre la première et la quatrième collecte pour GLY, diminution de moitié de la teneur en THR entre la deuxième et la cinquième collecte, augmentation de 50 p. 100 de la teneur en PRO entre la première et la quatrième collecte. Lors de consommation du régime gluten, et pour l'ensemble des A.A., les teneurs observées à chaque instant de collecte ne diffèrent qu'exceptionnellement des teneurs enregistrées en régime protéoprive.

La consommation du régime poisson modifie fortement la composition en A.A. des contenus digestifs, surtout si on la compare à la composition correspondante obtenue en régime protéoprive. Les teneurs en la plupart des EAA (THR, VAL, ILE, LEU, TYR, ARG et CYS) diminuent entre 4 et 14 h après le repas. A l'inverse, il y a enrichissement relatif en certains NAA (ASX, GLX, GLY) pendant la même période. Enfin, les concentrations en PRO et SER sont systématiquement plus faibles et celles en LYS et MET plus fortes dans le cas du régime poisson que dans celui du régime protéoprive.

Les écarts de composition entre les 2 sources protéiques, détectés lors de la comparaison des contenus digestifs totaux de 24 heures, résultent de différences portant sur un nombre variable de périodes de collecte. Pour ASX, LEU, TYR, ARG et MET, on enregistre des différences significatives lors de chacune des périodes. Par contre, l'évolution de la teneur en LYS au cours du nyctémère est la même, quelle que soit la source azotée.

#### IV. Discussion et conclusion

Les aspects méthodologiques relatifs aux choix de la technique de fistulation, des conditions d'alimentation et d'une chronologie des prélèvements autorisant l'étude des variations de composition des digesta ont été discutés précédemment (DARCY, LAPLACE & DUEE, 1982, 1983) lors de l'étude de régimes homologues à base d'amidon de maïs (régimes maïs-poisson et maïs-gluten). De fait, le présent travail relatif aux régimes blé-poisson et blé-gluten fait partie intégrante d'un même plan d'expérience. Les contraintes matérielles de ce type de programme ont imposé la réalisation par étapes successives des différentes combinaisons du schéma factoriel visant à tester les effets de la nature de l'amidon et de la source de protéines. L'homogénéité de l'ensemble des conditions expérimentales a été assurée durant toute la réalisation de ce programme. Elle est également vérifiée pour les quantités d'aliment ingérées, en moyenne analogues pour les régimes à base d'amidon de blé et de maïs.

Compte tenu de ce qui précède, tous les résultats enregistrés pour les régimes blé-poisson et blé-gluten seront discutés non seulement en eux-mêmes, mais surtout dans le contexte plus large du schéma factoriel complet. Cette nécessaire comparaison aux résultats obtenus précédemment (DARCY, LAPLACE & DUEE, 1982 et 1983) sera particulièrement étayée par l'analyse de variance de l'ensemble des digestibilités apparente et réelle pour les 4 régimes résultant de la combinaison factorielle  $2 \times 2$ . Par contre, l'étude comparative des variations post-prandiales de la composition en A.A. des digesta sera ici limitée à une approche analytique. L'étude globale de cet aspect sera reprise dans une publication ultérieure, à l'aide d'une analyse multidimensionnelle pour faciliter la concentration de l'information (analyse factorielle des correspondances), et avec l'estimation des contributions relatives de l'exogène et de l'endogène aux A.A. résiduels. Ces méthodes devraient permettre, avec l'appoint de données complémentaires et par leur application au schéma factoriel complet, d'aller au-delà des conclusions partielles retenues précédemment (DARCY, LAPLACE & DUEE, 1983).

##### A. Quantités résiduelles d'acides aminés

La comparaison des quantités résiduelles d'A.A. dans les digesta pour les 4 régimes du plan d'expérience, est rendue possible par l'homogénéité des quantités d'A.A. individuels ingérés. Il y a une étroite similitude dans le cas des régimes poisson ; pour les régimes gluten, les quantités ingérées sont un peu plus faibles pour l'aliment blé-gluten de cette expérience, du fait des caractéristiques de la fabrication.

Les quantités d'A.A. résiduels sont au total en 24 h, quels que soient la source protéique ou le taux azoté, plus faibles pour les régimes à base d'amidon de blé. Cet écart est significatif dans le cas des régimes poisson et des régimes protéoprives. Il en résulte, pour les régimes à base d'amidon de blé, la hiérarchie suivante des quantités totales résiduelles d'A.A. : poisson > gluten > protéoprive, alors que pour les régimes maïs, il y avait analogie entre gluten et protéoprive. Ce classement peut être vérifié à la fois pour les EAA et les NAA. Enfin, on note que la variabilité des quantités résiduelles d'A.A. est dans l'ensemble plus faible pour les régimes blé. Quelle que soit la nature de l'amidon du régime, c'est toujours pour le régime poisson que l'on observe la variabilité la plus faible.

Les différences de quantité résiduelle d'A.A. récoltés en 24 h dans le cas des régimes azotés résultent pour l'essentiel de celles enregistrées pour la période 4 à 14 h qui correspond au passage des matériaux alimentaires. Au cours de cette période, le débit horaire des A.A. est maximum pendant 2 heures (6 à 8 h) pour les régimes blé, alors qu'il est important durant 4 heures (4 à 8 h) dans le cas du régime maïs-poisson, et qu'il est régulier dans le cas du régime maïs-gluten. En dehors de la période de passage des digesta du repas, il y a similitude des quantités recueillies pour les régimes poisson et gluten, soit entre 0 et 4 h (maïs), soit entre 14 et 24 h (blé). En ce qui concerne les régimes protéoprives, c'est au cours des collectes nocturnes que s'établit la différence observée en 24 h entre maïs et blé. Cette observation suggère une influence de la nature de l'amidon du régime, sur les quantités résiduelles d'A.A. d'origine endogène, sans pour autant préjuger de la cause de ce phénomène : production plus élevée ou moindre résorption dans le cas du maïs. Cet effet est l'opposé de celui observé pour les mêmes régimes protéoprives dans une expérimentation précédente (DARCY, LAPLACE & VILLIERS, 1981).

Les teneurs en A.A. de la matière sèche sont les plus élevées dans le cas des régimes poisson, sauf pendant les 4 premières heures post-prandiales. Ces teneurs ne présentent jamais de différence selon la nature de l'amidon du régime associé au poisson ou au gluten. Par contre, dans le cas des régimes protéoprives, la teneur en A.A. de la matière sèche est significativement plus élevée avec le régime maïs, pour l'ensemble des 24 h comme pour la plupart des périodes de collecte. Cet écart des teneurs en A.A. explique les différences des quantités totales d'A.A. excrétées entre régimes protéoprives blé et maïs. La teneur en A.A. des matières azotées collectées est analogue pour les régimes gluten et protéoprive dans le cas de l'amidon de blé comme dans le cas de celui de maïs. Par contre, elle est plus faible pour les régimes poisson, notamment au cours du passage de la vague des digesta du repas. Cette particularité est due à la forte proportion d'azote présent sous une forme autre qu'A.A. dans les digesta poisson (DARCY, LAPLACE & DUEE, 1982). Enfin, pour une même source de protéines, la teneur en A.A. des matières azotées récoltées sur 24 h ou lors de la plupart des collectes diurnes est plus élevée dans le cas de l'amidon de blé.

#### *B. Variations post-prandiales de la composition en A.A. individuels*

La proportion des EAA dans les A.A. totaux est du même ordre de grandeur pour les régimes gluten et protéoprive et reste stable tout au long du nyctémère. Les valeurs enregistrées sont également semblables à celles obtenues dans le cas des régimes maïs homologues. La proportion d'EAA est plus faible pour les régimes poisson. De plus, cette proportion passe par un minimum alentour de la septième heure post-prandiale. Cette évolution commune aux régimes maïs et blé, est cependant plus marquée dans le cas du blé. Il en résulte une proportion d'EAA plus faible en 24 h pour le régime blé.

La composition moyenne en A.A. des digesta de 24 h (fig. 2), fournit une image globalement très proche de celle obtenue pour les régimes à base d'amidon de maïs. Ce sont toujours les mêmes A.A. qui présentent les teneurs relatives les plus élevées. L'influence de la source de protéines affecte la plupart des A.A. de la même façon en régime blé et en régime maïs. Quelle que soit la nature de l'amidon

du régime, les teneurs en GLX et SER ne dépendent pas de la source de protéines. Par contre, les teneurs en LYS, ALA et HIS sont diversement affectées par la source de protéines selon la nature de l'amidon associé. La comparaison des teneurs observées dans le cas des régimes gluten et protéoprive correspondant, montre qu'il n'y a pas de différence pour 7 A.A. dans le cas des régimes blé et pour 8 A.A. dans le cas des régimes maïs, mais 3 A.A. seulement sont communs à ces 2 séries (ALA, VAL et SER). La comparaison des teneurs observées en régimes poisson et protéoprive correspondant, montre qu'il n'y a pas de différence pour un nombre limité d'A.A., 3 dans le cas des régimes blé, et 6 dans le cas des régimes maïs, 2 A.A. seulement étant communs à ces 2 séries (GLY et ALA). Au total, il est impossible de systématiser ces effets, et d'en déterminer l'origine. Mais on peut retenir l'existence d'effets importants de la source de protéines sur la composition en A.A. des digesta de 24 h. On peut également retenir que ces effets ne sont pas les mêmes selon la nature de l'amidon associé au régime. Ceci laisse *a priori* supposer l'existence d'interactions entre les effets de ces deux constituants.

Les compositions en A.A. des digesta recueillis au cours de chacune des périodes de collecte (fig. 3), fournissent également une image globale proche de celle obtenue pour les régimes maïs. Cette analogie est fondée essentiellement sur l'évolution croissante ou décroissante au fil de la journée de la teneur en certains A.A. en relation avec le passage des digesta correspondant au repas d'épreuve. Cependant, l'analyse comparative détaillée entre les 2 régimes azotés, ou entre ceux-ci et les régimes protéoprives homologues, fournit des éléments différents selon qu'il s'agit des régimes à base de maïs ou de blé. On retrouve donc la situation décrite pour les digesta de 24 h, compliquée par l'approche cinétique du phénomène au cours du nyctémère. Aussi est-il pratiquement impossible de tirer les éléments importants d'une telle approche analytique.

### C. Digestibilité des acides aminés

Les valeurs de digestibilités apparente et réelle de l'azote et des A.A. totaux, sont pour les régimes blé utilisés ici, supérieures de 7 à 10 points avec le gluten par rapport au poisson. Ces écarts sont un peu plus faibles que les différences de même sens enregistrées pour les régimes à base de maïs, qui étaient de 10 à 14 points. Si l'on compare ces mêmes digestibilités, en fonction de la nature de l'amidon pour une même source de protéines, on constate une digestibilité apparente et réelle de l'azote et des A.A. meilleure avec le blé qu'avec le maïs, lors d'association à la farine de poisson. Par contre, il n'existe pas de différence liée à la nature de l'amidon dans le cas des régimes gluten.

De même, les digestibilités apparentes (fig. 4) de tous les A.A. du poisson, sauf ASX et CYS, sont plus élevées avec le blé qu'avec le maïs. A l'opposé, dans le cas des régimes gluten, les digestibilités sont très voisines pour presque tous les A.A., sauf TYR, PHE et MET (supérieures dans le cas du blé). Indépendamment des valeurs absolues enregistrées, la similitude des profils pour une même source de protéines est remarquable. Pour la digestibilité réelle (fig. 5), l'allure générale du profil est préservée dans le cas du régime poisson, par rapport au profil de digestibilité apparente. Mais l'écart entre les profils de digestibilité réelle du fait de la nature de l'amidon est très amoindri : il n'existe de différence significative que pour 5 A.A. (SER, GLY, ALA, PHE et MET). L'allure générale des profils de digestibilité



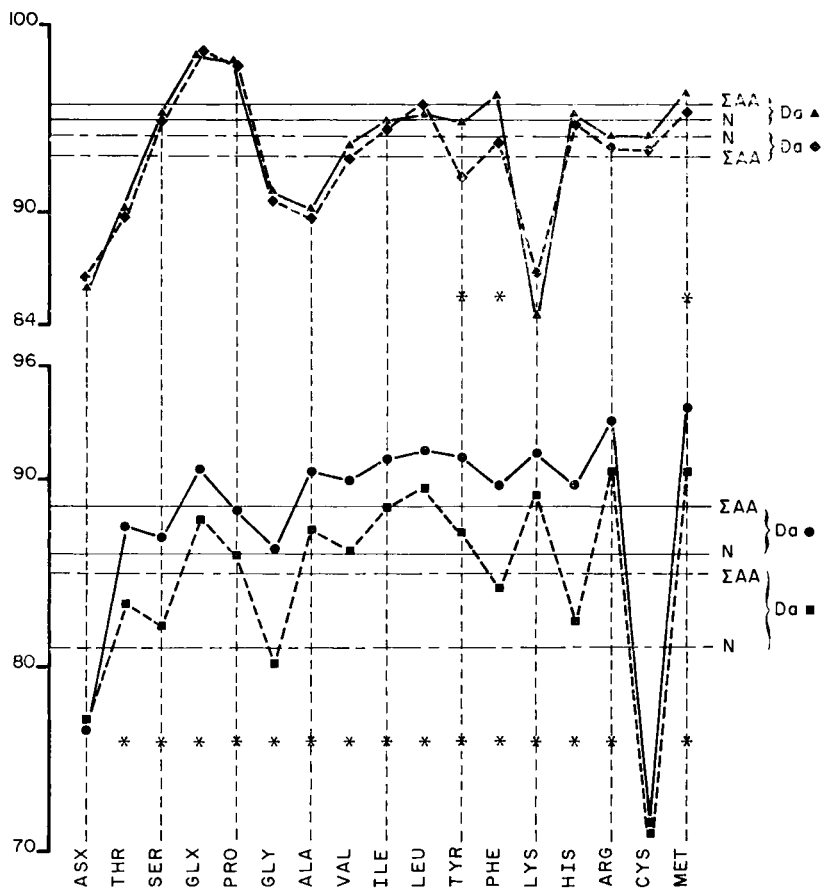


FIG. 4

Comparaison des digestibilités apparentes des régimes gluten et poisson selon la nature de l'amidon purifié du régime (blé ou maïs).

Comparison of the apparent digestibilities of the wheat gluten and fish meal diets according to the nature of the dietary purified starch (wheat or maize)

Les lignes horizontales et les abréviations ont la même signification que dans la fig. 1 - The straight lines and abbreviations have the same meaning as in fig. 1.

Pour chaque graphique, la présence d'une astérisque indique une différence au seuil  $p < 0,10$  - Within each graph, the asterisk indicates a significant difference ( $p < 0.10$ ).

- ▲ Blé-gluten.  
Wheat starch, wheat gluten.
- ◆ Maïs-gluten (1).  
Maize starch, wheat gluten.
- Blé-poisson.  
Wheat starch, fish meal.
- Maïs-poisson (1).  
Maize starch, fish meal.

(1) In DARCY, LAPLACE et DUEE (1982).

réelle en régime gluten, est fortement modifiée par rapport à celle des profils de digestibilité apparente. Ceci est lié à un écrasement du profil, c'est-à-dire à une réduction de l'amplitude des écarts entre A.A., hors le cas de LYS pour le régime maïs-gluten. Ceci étant, l'écart du fait de la nature de l'amidon, entre les 2 profils de digestibilité réelle des régimes gluten, est significatif pour tous les A.A., à l'exception de PRO, TYR, PHE, CYS et MET.

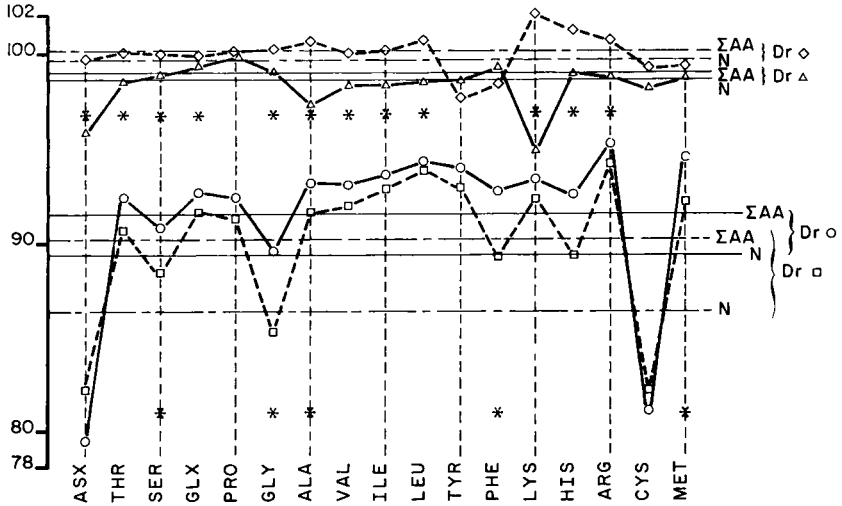


FIG. 5

*Comparaison des digestibilités réelles des régimes gluten et poisson selon la nature de l'amidon purifié du régime (blé ou maïs).*

*Comparison of the true digestibilities of the wheat gluten and fish meal diet according to the nature of dietary purified starch (wheat or maize).*

Les lignes horizontales et les abréviations ont la même signification que dans la fig. 1 *The straight lines and abbreviations have the same meaning as in fig. 1.*

Pour chaque graphique, la présence d'une astérisque indique une différence au seuil  $p < 0,10$  - *Within each graph, the asterisk indicates a significant difference ( $p < 0.10$ ).*

- Blé-gluten - Wheat starch, wheat gluten     $\triangle$
- Maïs-gluten - Maize starch, wheat gluten     $\diamond$  (1)
- Blé-poisson - Wheat starch, fish meal     $\circ$
- Maïs-poisson - Maize starch, fish meal     $\square$  (1)

(1) In DARCY, LAPLACE & DUEE (1982)

De l'ensemble des informations réunies dans les figures 4 et 5, il ressort une inversion frappante. Alors que pour les régimes poisson, la digestibilité apparente des A.A. révèle de nombreux écarts du fait de la nature de l'amidon, la plupart d'entre eux sont effacés en termes de digestibilité réelle. A l'inverse, dans le cas des régimes gluten, nombre de différences inexistantes en termes de digestibilité apparente sont révélées par la digestibilité réelle.

TABLEAU 5

*Analyse de variance des digestibilités des quatre régimes  
résultant de la combinaison factorielle de 2 amidons purifiés (maïs et blé)  
et de 2 sources de protéines (farine de poisson et gluten de blé).*

*Values of variance ratio and signification des effets (F 20,1) \* :  $p < 0,05$ ; \*\* :  $p < 0,01$ .*

*Analysis of variance of the digestibilities of the four diets  
combining 2 purified starches (maize or wheat)  
and 2 protein sources (fish-meal or wheat gluten).*

*Values of the variance ratio and significant effects (F 20.1) \*  $p < 0,05$ ; \*\* :  $p < 0,01$ .*

Variable Facteurs Factors	Digestibilité apparente Apparent digestibility			Digestibilité réelle True digestibility		
	Amidon Starch	Protéine Protein	Interaction Interaction	Amidon Starch	Protéine Protein	Interaction Interaction
ASX . . . . .	NS	93,11**	NS	11,99**	285,56**	NS
THR . . . . .	11,24**	44,82**	7,73*	NS	148,41**	8,99**
SER . . . . .	19,32**	302,30**	12,15**	NS	252,90**	7,82*
GLX . . . . .	17,42**	768,34**	15,25**	NS	447,40**	5,69*
FRO . . . . .	7,97*	609,31**	7,91*	NS	279,65**	NS
GLY . . . . .	12,71**	72,93**	10,37**	NS	183,75**	12,38**
ALA . . . . .	10,34**	NS	8,38**	NS	141,48**	19,83**
VAL . . . . .	19,47**	111,44**	9,46**	NS	159,56**	9,57**
ILE . . . . .	12,62**	149,16**	10,57**	NS	176,51**	11,35**
LEU . . . . .	7,19*	188,84**	13,08**	5,86*	207,12**	9,79**
TYR . . . . .	42,87**	59,34**	NS	NS	58,01**	NS
FHE . . . . .	60,98**	246,70**	10,41**	15,11**	201,37**	7,60*
LYS . . . . .	NS	28,01**	7,51*	14,86**	35,23**	24,17**
HIS . . . . .	12,17**	63,10**	9,30**	NS	62,42**	7,90*
ARG . . . . .	13,77**	20,84**	7,55*	NS	86,50**	12,47**
CYS . . . . .	NS	691,37**	NS	NS	362,23**	NS
MET . . . . .	47,43**	134,91**	16,56**	10,11**	251,31**	19,31**
ΣAA . . . . .	18,94**	438,02**	12,53**	NS	387,04**	8,13**
N . . . . .	20,05**	280,60**	8,72**	NS	277,59**	8,03*

L'explication de ces modifications doit être recherchée dans les quantités excrétées d'A.A. respectivement pour chacune des situations. Dans le cas des régimes poisson, la prise en compte des quantités excrétées en régime protéoprive, qui présentent entre elles un écart de même sens, conduit nécessairement à un rapprochement des digestibilités réelles qui ont, de ce fait, moins de différences significatives que les digestibilités apparentes. Ceci est vrai dans l'ensemble pour tous les A.A. De plus, le profil des digestibilités est préservé entre apparent et réel pour le poisson, du fait de la correction relativement faible apportée pour l'endogène : l'excrété en régime protéoprive représente un tiers ou un quart de l'excrété en régime azoté. Dans le cas des régimes gluten, la correction appliquée en fonction des quantités excrétées en régime protéoprive, qui présentent entre elles un écart significatif (maïs > blé), fait apparaître une différence des digestibilités réelles. Du fait de la correction importante apportée pour l'endogène, le profil des digestibilités est écrasé lorsqu'on passe de l'apparent au réel. En particulier, dans le cas du maïs où l'excrété protéoprive présente la même valeur que l'excrété en régime azoté, la quasi totalité des digestibilités réelles ne diffèrent pas de la valeur 100 p. 100.

Par rapport à cette approche analytique, une analyse de variance portant sur l'ensemble des digestibilités apparentes et réelles de tous les A.A., pour les 4 régimes résultant du schéma factoriel, fournit une interprétation d'ensemble. Il est, en effet, possible de tester les effets propres de la source de protéines et de la nature de l'amidon ainsi que leur interaction (tabl. 5). Dans le cas des digestibilités apparentes, l'influence des protéines alimentaires est toujours très importante, sauf pour ALA. On observe, également, un effet significatif de la nature de l'amidon sauf pour 3 A.A. (ASX, LYS et CYS). Enfin, il existe aussi un effet d'interaction entre protéines et amidon, à l'exception de ASX, CYS et TYR. Dans le cas des digestibilités réelles, l'effet de la protéine reste très important. Il apparaît même pour ALA, mais disparaît pour HIS. L'influence de l'amidon ne persiste que dans le cas de PHE, MET et LEU, mais apparaît pour ASX et LYS. Globalement pour les A.A. totaux et pour l'azote, il n'existe pas d'effet propre de l'amidon. L'influence de ce dernier n'est cependant pas nulle, puisque l'effet d'interaction est maintenu pour les A.A. totaux, l'azote et pour la plupart des A.A. Cet effet d'interaction n'est effacé que pour PRO et HIS.

L'existence des effets de la source de protéines, de la nature de l'amidon, et de leur interaction sur la digestibilité apparente de l'azote, a déjà été établie (DARCY, LAPLACE & VILLIERS, 1981). Ces mêmes effets sont ici mis en évidence dans le cas des A.A. De plus, dans ce travail, l'effet de la source de protéines s'avère extrêmement important pour la quasi-totalité des A.A., y compris en digestibilité réelle. Par contre, le fait que l'effet de l'amidon n'existe pas vis-à-vis de la digestibilité réelle, suggère que cet effet s'exerce pour l'essentiel sur les quantités de matières azotées d'origine endogène, ce que confirme la comparaison des quantités d'azote ou d'A.A. recueillies avec chacun des régimes protéoprives. Mais la persistance de l'effet d'interaction sur les digestibilités réelles suggère que l'amidon exerce aussi une certaine influence sur la digestion des matières azotées d'origine exogène.

### Summary

#### *Protein digestion in the small intestine of the pig.*

#### III. - *Amino acid digestibility and postprandial variations in the digesta composition according to the protein source of a purified wheat starch diet*

Four Large White castrated male pigs averaging 57 kg liveweight were fitted with a post-valvular ileo-colic fistula (DARCY, LAPLACE and VILLIERS, 1980). They were fed daily either a protein-free diet or a diet including 16 p. 100 crude protein supplied as fish-meal or wheat gluten. Total nitrogen and amino acid (A.A.) contents of the feeds were determined as well as those of the digesta collected from the terminal ileum 4, 6, 8, 14 and 24 h after the meal. Variations in the A.A. composition of digesta as well as apparent and true ileal digestibilities of each A.A. for wheat starch based diets were compared to previous results obtained with maize starch based diets (DARCY, LAPLACE, DUEE, 1982 and 1983).

The total amounts of A.A. collected over 24 h in the distal small intestine were 19, 7 and 5 g, respectively for the fish-meal, gluten and protein-free diets. The apparent ileal digestibility of individual A.A. (fig. 1) was much higher with the gluten diet than with the fish-meal diet (except for LYS, ALA and ARG). The corresponding true digestibilities were globally 3 to 4 points higher than the apparent digestibilities. This increase did not lead to a noticeable change in the A.A. hierarchy for fish-meal, while it led to a levelling of the values around 100 p. 100 for gluten (except for LYS and ASX).

The postprandial variation in the amounts of A.A. collected was very different with the fish-meal diet from that observed with the other diets. The maximum flow of A.A. was recorded between 4 and 14h after the meal. It corresponded to a high A.A. content of the dry matter. Over the same period the proportion of A.A. in the crude protein and that of the essential A.A. relative to the total A.A. decreased. The mean A.A. composition of digesta considerably differed according to the dietary protein source (fig. 2). The A.A. composition of digesta after feeding the protein diet also varied during the 24 h period (fig. 3).

The factorial analysis of variance (2 starches  $\times$  2 proteins) concerning the digestibilities of each A.A. showed (tabl. 5) that the influence of the protein source on the apparent or true digestibility was very important. The nature of the starch significantly affected the apparent digestibility of most A.A. but only the true digestibility of some of them. For both criteria the effect of the starch-protein interaction was significant in most of the cases. Finally, the protein source directly affected the ileal digestibility of A.A. The nature of the dietary starch seemed also to have an effect probably by modifying the proportion of endogenous proteins in the digesta, as shown by the comparison of the profiles of apparent and true digestibilities of A.A. for these wheat starch and maize starch based diets (fig. 4 and 5).

*Key words* : pig, ileal digestibility, amino acids, dietary proteins, endogenous nitrogen, true digestibility.

*Reçu en juillet 1984.*

*Accepté en septembre 1984.*

### Références bibliographiques

- DARCY B., LAPLACE J.P., DUEE P.H., 1982. Digestion des protéines dans l'intestin grêle chez le porc. I. — Digestibilité des acides aminés selon la source de protéines d'un régime à base de maïs purifié. *Ann. Zootech.*, **31**, 279-300.

- DARCY B., LAPLACE J.P., DUEE P.H., 1983. Digestion des protéines dans l'intestin grêle chez le porc. II. — Composition en acides aminés des digesta : influence de la source de protéines d'un régime à base d'amidon de maïs purifié et variations postprandiales. *Ann. Zootech.*, **32**, 315-340.
- DARCY B., LAPLACE J.P., VILLIERS P.A., 1980. Digestion dans l'intestin grêle chez le porc. III. — Cinétique comparée de passage des digesta selon le mode de fistulation, iléo-caecale ou iléo-colique post-valvulaire, dans diverses conditions d'alimentation. *Ann. Zootech.*, **29**, 147-177.
- DARCY B., LAPLACE J.P., VILLIERS P.A., 1981. Digestion dans l'intestin grêle chez le porc. IV. — Cinétique de passage des digesta au niveau de la jonction iléo-caeco-colique et bilans de la digestion selon la nature de l'amidon et la source de protéines alimentaires. *Ann. Zootech.*, **30**, 31-62.
- PION R., FAUCONNEAU G., 1966. Les acides aminés des protéines alimentaires. Méthodes de dosage et résultats obtenus. *Cahier n° 6, Aminoacides, peptides, protéines*, 157-175, A.E.C., Commentry.