

VALEUR NUTRITIONNELLE DE TREIZE MATIÈRES PREMIÈRES POUR LE PORC EN CROISSANCE

2. Teneurs en protéines et en acides aminés digestibles.

J. NOBLET, C. DUPIRE, H. FORTUNE

INRA, Station de Recherches Porcines, Saint-Gilles, 35590 L'HERMITAGE.

*avec la collaboration technique de Y. LEBRETON et A. ROGER pour les mesures sur animaux,
Annick BLANCHARD, Martine FILLAUT, Nadine MEZIERE et les laboratoires de EUROLYSINE, 80012 Amiens
et RHÔNE POULENC ANIMAL NUTRITION, 03600 Commentry, pour les analyses de laboratoire.*

La digestibilité iléale des protéines et des acides aminés de 17 régimes complexes constitués à partir de 13 matières premières, 9 d'entre elles étant des sources de protéines (blé, orge, maïs, tourteaux de soja, colza et tournesol, pois, «corn distillers» et «corn gluten feed»), a été mesurée chez des porcs munis d'une anastomose iléo-rectale termino-terminale. Les coefficients de digestibilité iléale apparente des protéines et des acides aminés des matières premières, calculés par la technique de régression linéaire multiple, sont en accord avec les données de la bibliographie. Toutefois, les valeurs absolues de ces coefficients sont inférieures aux valeurs des tables, notamment pour les matières premières riches en protéines (80% pour la lysine du soja, par exemple). De la même façon, la teneur en acides aminés digestibles mesurée sur les régimes est inférieure (-4% en moyenne pour la lysine) à celle pouvant être calculée par additivité des données des tables. La présence de blé semble améliorer la digestibilité iléale des matières azotées du régime. L'étude met en évidence la nécessité de :

1/ caractériser et quantifier les sécrétions de protéines endogènes

2/ exprimer les teneurs en acides aminés des matières premières et les besoins du porc sur la base des acides aminés digestibles.

La signification des données de valeur protéique des matières premières est discutée en relation avec les conditions de leur utilisation dans les aliments.

Nutritional value of thirteen feedstuffs in growing pigs.

2. Ileal digestibilities of protein and amino acids.

Ileal digestibilities of protein and amino acids in 17 complex diets formulated with 13 different ingredients were measured in ileorectal anastomized growing pigs. The apparent ileal digestibilities of the 9 ingredients which supplied proteins (wheat, barley, maize, soybean meal, rapeseed meal, sunflower meal, peas, corn distillers and corn gluten feed) were calculated by multiple linear regression methods. Digestibility coefficients for foodstuffs agree with literature values. However, the coefficients are lower than tabulated values, especially for protein rich ingredients (80% for lysine in soybean meal, for instance). Similarly, measured ileal digestible amino acids contents in diets were lower than calculated contents from tables (-4% on average for lysine). Presence of wheat in the diet seems to improve digestibility of dietary proteins. The study emphasizes the necessity to :

1/ characterize and quantify endogenous proteins secretions

2/ express amino acids contents in feedstuffs and amino acids requirements of pigs on a ileal digestibility basis.

Significance of protein values data for foodstuffs is discussed in relation with the nature of the diets in which they are included.

INTRODUCTION

Les performances du porc en croissance sont directement liées aux apports d'énergie et de protéines. Pour ce qui concerne l'apport azoté, il est particulièrement important de connaître la valeur protéique des matières premières utilisables pour établir à la fois une hiérarchie entre elles dans un objectif de formulation à moindre coût et assurer la couverture des besoins de l'animal. Diverses méthodes sont disponibles pour estimer la valeur protéique d'un aliment (LAPLACE et al., 1985), la plus couramment utilisée consistant à mesurer la digestibilité des matières azotées et des acides aminés à la fin de l'intestin grêle (digestibilité iléale). Différentes techniques sont mises en oeuvre pour apprécier la digestibilité iléale, la plus récemment développée pour un usage en routine étant l'anastomose iléo-rectale (LAPLACE et al., 1985). L'essentiel des valeurs de digestibilité iléale des protéines et des acides aminés des principales matières premières utilisables chez le porc a été obtenu au cours de la dernière décennie (SAUER et OZINEK, 1986 ; EUROLYSINE, 1988 ; KNABE et al., 1988 ; SCHRÖDER et al., 1989). Enfin, la nécessité de formuler les aliments sur la base des acides aminés digestibles est accentuée dans le contexte d'une diversification croissante des sources de protéines et d'une réduction de la teneur en protéines des régimes avec, comme conséquence, le recours aux acides aminés industriels hautement digestibles. Ceci renforce encore les limites de la formulation sur la base des teneurs en acides aminés bruts. L'objet de la présente étude est d'estimer par la technique de régression, la digestibilité iléale des protéines et des acides aminés de 9 matières premières protéiques (sur les 13 de l'étude), lorsqu'elles sont utilisées au sein de régimes complexes. Les régimes sont

identiques à ceux présentés précédemment (NOBLET et al., 1990).

1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

1.1. Dispositif expérimental

Dix sept régimes dont la composition centésimale est donnée au tableau 1 et les caractéristiques chimiques et la valeur énergétique ont été rapportées par NOBLET et al. (1990), ont été distribués à des porcs mâles castrés de race Large White munis d'une anastomose iléo-rectale termino-terminale (LAPLACE et al., 1985). La totalité de l'expérience a été réalisée au cours de 3 essais successifs, le premier concernant les régimes 1 à 7 (7 régimes), le deuxième, les régimes 8 à 13 (6 régimes) et le dernier, les régimes 14 à 17 (4 régimes). Dans chaque essai, 4 animaux subissent la préparation chirurgicale au poids vif moyen de 35 kg. A l'issue d'une période post-opératoire d'environ 3 semaines, ils reçoivent successivement les 7, 6 ou 4 régimes, chaque régime étant testé 4 fois. Au sein d'un essai, l'ordre de passage est équilibré entre les régimes.

Chaque régime est offert à raison d'un repas par jour pendant 7 jours, la collecte totale des excréta étant réalisée (2 fois par jour) les 3 derniers jours. Les quantités d'aliment proposées sont accrues progressivement chaque semaine. A titre indicatif, elles sont de 1200 g par jour pendant la première semaine de mesure et d'environ 1700 g, la dernière semaine dans les essais 1 et 2 (1500 g dans le troisième essai). Les quantités de matière sèche ingérée et excrétée ont été déterminées pour chaque porc et chaque régime. Un échantillon des effluents iléaux a été lyophilisé pour les analyses ultérieures.

TABLEAU 1
COMPOSITION CENTÉSIMALE DES RÉGIMES⁽¹⁾.

Régime	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Composition centésimale, %																	
Blé	23,0	12,0	-	-	25,0	12,0	27,0	-	-	25,0	-	-	17,0	29,0	-	-	-
Orge	22,0	-	-	22,0	-	-	27,0	-	18,98	-	-	13,49	-	19,0	24,0	-	10,0
Mais	20,0	-	14,0	19,0	28,0	-	-	-	-	-	20,47	18,0	-	19,0	18,0	29,5	11,0
Manioc	-	17,0	14,0	-	-	11,0	-	-	24,0	21,5	20,0	-	18,5	-	15,0	15,0	-
Patate	-	17,0	14,0	-	-	10,5	-	35,0	7,0	4,0	-	11,0	-	18,0	13,0	-	5,0
T.soja	22,5	22,0	18,5	11,0	11,5	15,0	-	23,98	23,0	13,75	21,0	-	-	-	-	20,0	16,0
T.tourn.	-	7,0	-	15,0	6,0	15,0	-	-	-	-	4,0	11,5	13,0	-	-	15,0	8,0
T.colza	-	14,5	12,0	-	10,0	-	15,0	-	11,00	-	-	11,5	13,0	5,0	5,0	-	8,0
Pois	-	-	-	-	-	26,0	17,0	26,5	-	-	20,0	30,0	27,0	-	5,0	-	18,0
Corn dist.	-	-	15,0	9,0	-	-	9,38	-	-	15,0	10,0	-	-	-	10,0	-	5,0
Corn glut.	-	-	-	10,0	10,0	-	-	10,0	11,5	10,0	-	-	-	-	-	10,0	5,0
Mélasses	4,1	-	6,0	4,3	-	-	-	-	-	6,0	-	-	6,99	5,04	-	6,0	5,48
Graisses	3,8	6,0	2,0	5,0	4,85	6,0	-	-	-	-	-	-	-	-	5,1	-	4,0
Lys-HCL	0,10	-	-	0,20	0,15	-	0,10	-	-	0,20	-	-	-	-	0,32	0,27	-
Méthionine	-	-	-	-	-	-	-	0,02	0,02	0,03	0,03	-	-	-	-	-	0,02
Thréonine	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,12	0,1	-	-
Tryptophane	-	-	-	-	-	-	0,02	-	-	0,02	-	0,01	0,01	0,02	0,03	-	0,02
CMV	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50

⁽¹⁾ T. soja : tourteau de soja 48 ; T. tourn. : Tourteau de tournesol métropolitain ; T. colza : Tourteau de colza 00 ; Corn dist. : Corn distillers import ; corn glut. : Corn gluten feed ; Mélasses : Mélasses de canne ; Graisses : Graisses animales 15.

1.2. Analyses et calculs

La teneur en azote des 13 matières premières et d'un échantillon de chaque régime a été déterminée par 6 laboratoires

(NOBLET et al., 1990) alors que celle des excréta (4 échantillons par régime) a été mesurée par un seul laboratoire. Les teneurs en acides aminés ont été mesurées (par deux laboratoires) sur les 9 matières premières « riches » en protéines (blé,

orge, maïs, tourteaux de soja, tournesol et colza, pois, «corn distillers» et «corn gluten feed»), un échantillon de chaque régime et un échantillon moyen des 4 excréta obtenus pour chaque régime. Le dosage du tryptophane n'a pas été réalisé alors que celui de la proline l'a été par un seul laboratoire. La composition en acides aminés des matières premières et des régimes est rapportée respectivement dans les tableaux 2 et 3. Comme pour la détermination de la valeur énergétique des 13 matières premières (NOBLET et al., 1990), la technique de la régression multiple (SAS, 1985) a été appliquée, la variable expliquée étant représentée par la teneur en un acide aminé (brut ou digestible), les variables explicatives étant les taux d'introduction des matières premières en pourcentage du produit sec (à l'exception de la mélasse et des graisses). Quant au manioc et à la patate douce, l'analyse des données ne met en évidence aucune contribution significative (positive ou négative) à l'apport d'acides aminés digestibles. Elles ont donc été ignorées dans les équations de régression concernant les teneurs en acides aminés digestibles. Dans les équations se rapportant aux acides aminés bruts, la contribution de ces 2

matières premières a été évaluée à partir de leur teneur en matières azotées et de la composition moyenne en acides aminés rapportée dans les tables. La digestibilité des acides aminés industriels a été estimée à 100%. Le coefficient d'utilisation digestive apparent d'un acide aminé pour une matière première correspond alors au rapport entre le coefficient obtenu pour cet acide aminé et pour cette matière première dans l'équation «acide aminé digestible» et celui de l'équation «acide aminé brut».

Les teneurs en acides aminés mesurées sur les régimes sont en bonne cohérence avec celles obtenus par additivité des matières premières. Toutefois, la comparaison des résultats d'analyse obtenus sur les régimes par les deux laboratoires met en évidence un «effet laboratoire» marqué pour un ou plusieurs acides aminés, au sein d'une série d'analyses (une série d'analyses par essai) avec, comme conséquence, une différence systématique entre les teneurs mesurée et calculée pour ce ou ces acides aminés. Dans ce cas, les résultats d'un seul laboratoire - celui conduisant à la plus faible différence -

TABLEAU 2
TENEURS EN PROTÉINES ET EN ACIDES AMINÉS DES MATIÈRES PREMIÈRES DE L'ÉTUDE (% produit sec)⁽¹⁾

Matière première	MAT	Arg	His	Ile	Leu	Lys	Met	Phe	Thr	Val	Ala	Asp	Cys	Glu	Gly	Pro	Ser	Tyr	AA _s (2)	Σ AA ⁽²⁾
Blé	14,6	0,71	0,35	0,53	0,98	0,41	0,19	0,66	0,41	0,65	0,51	0,72	0,35	4,17	0,57	1,57	0,69	0,39	0,54	13,9
Orge	10,6	0,54	0,25	0,37	0,71	0,40	0,16	0,53	0,35	0,52	0,45	0,64	0,23	2,39	0,45	1,22	0,46	0,35	0,39	10,0
Maïs	10,6	0,45	0,30	0,38	1,36	0,29	0,20	0,48	0,37	0,56	0,82	0,69	0,19	2,07	0,37	1,15	0,50	0,40	0,39	10,6
T.soja	51,4	3,80	1,37	2,43	3,96	3,01	0,74	2,69	1,95	2,45	2,34	5,90	0,73	9,38	2,26	3,25	2,84	1,94	1,47	51,0
T.tourn.	32,6	2,58	0,83	1,40	2,11	1,27	0,75	1,44	1,19	1,64	1,49	2,88	0,55	6,10	1,92	1,38	1,47	0,86	1,30	29,9
T.colza	37,7	2,18	1,01	1,51	2,65	2,18	0,82	1,56	1,69	1,99	1,83	2,78	1,01	6,56	1,94	2,76	1,61	1,18	1,83	35,3
Pois	25,9	2,25	0,61	1,11	1,88	1,73	0,29	1,24	0,93	1,26	1,14	2,93	0,32	4,44	1,14	1,35	1,14	0,89	0,61	24,7
Corn dist.	28,4	1,11	0,73	0,95	2,75	0,76	0,50	1,23	0,98	1,28	2,03	1,82	0,52	4,82	1,17	2,80	1,26	0,99	1,02	25,7
Corn glut.	22,9	1,05	0,80	0,76	1,98	0,71	0,36	0,89	0,84	1,20	1,82	1,18	0,50	3,27	1,08	2,54	0,98	0,68	0,86	20,6

⁽¹⁾ Voir Noblet et al. (1990) pour nature et autres caractéristiques chimiques des matières premières.

⁽²⁾ AA_s= Met.+ Cys. ; Somme AA = somme des acides aminés dosés.

TABLEAU 3
TENEURS EN PROTÉINES ET EN ACIDES AMINÉS DES RÉGIMES (% du produit sec).⁽¹⁾

Régime	MAT	Arg	His	Ile	Leu	Lys	Met	Phe	Thr	Val	Ala	Asp	Cys	Glu	Gly	Pro	Ser	Tyr	AA _s (1)	Σ AA ⁽¹⁾
1	19,7	1,21	0,51	0,86	1,55	1,03	0,28	0,98	0,68	0,92	0,91	1,77	0,33	4,03	0,80	1,52	0,98	0,67	0,61	19,0
2	22,6	1,45	0,55	0,97	1,54	1,15	0,36	1,03	0,86	1,07	0,97	2,06	0,39	4,03	1,00	1,50	1,07	0,74	0,75	20,7
3	21,8	1,25	0,56	0,87	1,72	1,03	0,33	1,00	0,81	1,03	1,13	1,90	0,36	3,72	0,93	1,48	1,06	0,74	0,69	19,9
4	19,9	1,20	0,51	0,79	1,58	0,97	0,33	0,91	0,71	1,00	1,07	1,64	0,34	3,56	0,91	1,43	0,91	0,66	0,67	18,5
5	20,5	1,21	0,56	0,82	1,64	1,04	0,34	0,94	0,75	1,01	1,06	1,62	0,40	3,97	0,90	1,62	0,99	0,66	0,74	19,5
6	21,5	1,66	0,54	0,94	1,54	1,15	0,33	1,04	0,79	1,05	0,96	2,19	0,32	4,06	1,00	1,15	1,08	0,71	0,65	20,5
7	19,4	1,13	0,48	0,75	1,42	1,00	0,31	0,89	0,70	0,95	0,92	1,47	0,41	3,89	0,86	1,58	0,88	0,63	0,72	18,3
8	24,1	1,68	0,60	1,00	1,70	1,31	0,30	1,13	0,87	1,10	1,10	2,40	0,33	3,90	1,00	1,21	1,15	0,80	0,63	21,6
9	21,6	1,39	0,60	0,91	1,62	1,12	0,35	1,03	0,84	1,07	1,07	1,96	0,39	3,79	0,96	1,48	1,07	0,74	0,74	20,4
10	18,7	1,03	0,48	0,71	1,43	0,91	0,28	0,83	0,63	0,85	0,96	1,42	0,33	3,52	0,75	1,62	0,88	0,59	0,61	17,2
11	22,6	1,58	0,60	0,95	1,83	1,19	0,34	1,09	0,83	1,09	1,15	2,23	0,33	4,06	0,98	1,57	1,11	0,81	0,67	21,7
12	19,5	1,40	0,49	0,77	1,45	1,02	0,33	0,91	0,75	1,00	0,94	1,72	0,35	3,46	0,89	1,21	0,85	0,61	0,68	18,5
13	19,7	1,36	0,47	0,79	1,30	1,01	0,33	0,86	0,70	0,95	0,85	1,68	0,35	3,59	0,91	1,27	0,83	0,59	0,68	17,8
14	11,9	0,53	0,28	0,41	0,84	0,68	0,17	0,50	0,51	0,52	0,50	0,68	0,23	2,43	0,44	0,93	0,50	0,34	0,40	10,5
15	12,3	0,60	0,28	0,42	0,94	0,69	0,19	0,52	0,53	0,56	0,61	0,82	0,21	2,08	0,48	0,87	0,53	0,38	0,40	10,7
16	22,1	1,43	0,56	0,90	1,70	0,97	0,36	0,99	0,78	1,06	1,08	1,97	0,34	3,75	0,95	1,22	1,07	0,70	0,70	19,8
17	23,7	1,60	0,61	0,98	1,79	1,22	0,38	1,11	0,89	1,16	1,13	2,19	0,39	4,21	1,06	1,33	1,14	0,78	0,77	22,0
Moy.	20,1	1,28	0,51	0,81	1,51	1,03	0,31	0,93	0,74	0,96	0,97	1,75	0,34	3,65	0,87	1,35	0,95	0,66	0,65	18,6

⁽¹⁾ Voir commentaires au bas de tableau 2.

ont été pris en considération, tant pour les régimes que pour les excréta. Pour ce qui concerne la proline, les résultats semblent peu cohérents, d'autant que son dosage a été réalisé par un seul laboratoire. Les résultats concernant cet acide aminé ne sont, par conséquent, pas présentés dans les tableaux 4 et 5. Ils sont toutefois inclus dans «Somme AA» (tableau 2) qui représente la somme des acides aminés dosés.

2. RÉSULTATS ET DISCUSSION

2.1. Régimes

Les résultats de digestibilité iléale apparente des matières azotées et des acides aminés des régimes sont rapportés dans

$$\text{MADgi} = -22 + 0,13 \times \text{MAT} + 0,036 \times \text{manioc} + 0,048 \times \text{patate} - 0,047 \times \text{«Corn glut.»} \quad (\text{ETR} = 3,5).$$

$$\text{MADgi} = 0,11 \times \text{MAT} - 0,11 \times \text{NDF} + 0,027 \times \text{manioc} + 0,032 \times \text{patate} \quad (\text{ETR} = 3,8).$$

Toutes les données y sont exprimées en g par kg de matière sèche d'aliment. Ces deux équations indiquent que MADgi s'accroît avec la teneur en matières azotées de l'aliment et avec la présence de manioc et de patate douce. Inversement, MADgi diminue avec la présence de fibres dans le régime et/ou de «Corn gluten feed». Ce dernier résultat est à relier à l'augmentation de la synthèse de protéines microbiennes dans le gros intestin avec la présence de parois végétales, ces protéines étant excrétées. La similitude des coefficients du manioc et de la patate douce dans ces équations avec la teneur en matières azotées de ces deux matières premières (NOBLET et al., 1990) conduit à penser que leurs matières azotées sont apparemment entièrement dégradées et absorbées dans le gros intestin. Mais ce résultat peut également être expliqué par un accroissement des sécrétions endogènes de matières azotées, associé aux processus de digestion du manioc et de la patate douce, celles-ci étant ultérieurement absorbées dans le gros intestin. Enfin, la valeur du coefficient affecté aux matières azotées du régime indique que celles qui n'ont pas été absorbées avant la fin de l'intestin grêle, le sont, ultérieurement et après fermentation dans le gros intestin. Quoi qu'il en soit, il est clair que les matières azotées ainsi absorbées après la fin de l'intestin grêle ne contribuent pas à la couverture des besoins azotés du porc (JUST et al., 1981).

Le tableau 4 indique que les acides aminés des 17 régimes ont des digestibilités apparentes relativement différentes. En particulier, nos données mettent en évidence des valeurs plus faibles pour la thréonine, la cystine et la glycine (respectivement 67, 66 et 62%, contre 70% pour l'ensemble des matières azotées, sur l'ensemble des 17 régimes). Il en serait de même pour la proline (SAUER et OZIMEK, 1986). Ces observations résultent en fait de la teneur particulièrement importante des protéines endogènes en ces 4 acides aminés (SAUER et OZIMEK, 1986). En accord avec la plupart des auteurs (HAYDON et al., 1981), l'arginine et l'acide glutamique ont des digestibilités apparentes particulièrement élevées. Quant à la lysine, sa digestibilité est en moyenne supérieure d'environ 4 points à celle de l'ensemble des matières azotées. Les autres acides aminés ont des digestibilités égales ou supérieures à celle des matières azotées du régime. Il en résulte que le coefficient d'utilisation digestive de l'ensemble des acides

le tableau 4. Pour ce qui concerne les matières azotées, leur digestibilité varie de 66 à 79% et est en moyenne de 70%. Cette valeur est inférieure de 5 points à la digestibilité fécale des matières azotées mesurée sur les mêmes régimes (NOBLET et al., 1990 ; tableau 3). Ce résultat est en accord avec les données de la bibliographie (SAUER et OZIMEK, 1986). Toutefois, nos données indiquent que l'écart entre les digestibilités fécale et iléale varie de 0 (régimes 4 et 5) à plus de 8 points (régimes 2, 3, 6, 8, 9, 11 et 12). La quantité de matières azotées apparemment absorbées dans le gros intestin (MADgi, g/kg MS) représente par conséquent de 0 à 10% des matières azotées ingérées. De façon à élucider les facteurs de variation de ce rapport, MADgi a été mis en relation (par régression multiple progressive) avec les taux d'introduction des matières premières et/ou les critères de composition chimique des régimes. Les deux relations suivantes ont été obtenues :

aminés dosés est supérieur à celui des matières azotées totales (GREEN, 1988 ; SCHRÖDER et al., 1989). Ce résultat également rapporté par de nombreux auteurs, est à rapprocher de la présence dans les effluents iléaux, d'«azote» non inclus dans les acides aminés dosés.

2.2. Matières premières

Les coefficients de digestibilité iléale apparente des protéines et des acides aminés calculés par régression multiple pour les matières premières sont rapportés dans le tableau 5. Conformément aux résultats obtenus sur les régimes, la digestibilité iléale des matières azotées est inférieure à la digestibilité fécale pour les tourteaux de soja, de colza et le pois. A l'inverse, les matières azotées des sources de protéines riches en fibres (tourteau de tournesol, «Corn distillers» ou «Corn gluten feed») ont une digestibilité fécale inférieure à la digestibilité iléale. Ce résultat pourrait provenir d'un accroissement des sécrétions endogènes et/ou des synthèses microbiennes de protéines avec la présence de substrats fermentescibles (parois végétales) dans le gros intestin. Parmi les céréales, le blé occupe une position particulière dans la mesure où la digestibilité iléale de ses matières azotées est très élevée (94%) et supérieure à la digestibilité fécale.

Les coefficients de digestibilité iléale apparente des acides aminés sont conformes aux valeurs concernant les matières azotées totales. Ainsi, parmi les sources de protéines, les valeurs les plus élevées sont obtenues avec le tourteau de soja et le pois et les plus faibles, avec les sous-produits du maïs. Les tourteaux de tournesol et de colza occupent une position intermédiaire. La hiérarchie observée entre ces matières premières est tout à fait comparable à celle rapportée dans la bibliographie (tableau 6). Toutefois, dans nos conditions expérimentales, les valeurs obtenues, notamment pour le tourteau de soja, sont inférieures aux données bibliographiques. Cet écart est d'ailleurs accentué dans le cas de la thréonine pour le tourteau de soja et le pois qui ont une teneur relative en cet acide aminé faible (tableau 1).

De façon plus générale, nos résultats mettent clairement en évidence que la teneur en acides aminés digestibles qui a été

TABLEAU 4
COEFFICIENTS D'UTILISATION DIGESTIVE ILÉALE DES PROTÉINES ET DES ACIDES AMINÉS DES RÉGIMES (%) ⁽¹⁾

Régime	MAT _f (2)	MAT _i (2)	Arg	His	Ile	Leu	Lys	Met	Phe	Thr	Val	Ala	Asp	Cys	Glu	Gly	Ser	Tyr	AAs	Σ AA
1	81	79	88	81	82	83	82	79	83	72	75	73	80	72	88	74	82	82	75	82
2	78	70	81	76	72	73	73	78	73	66	66	67	72	66	80	64	73	75	72	74
3	72	64	77	71	67	72	66	74	70	60	62	68	66	63	76	60	69	70	68	69
4	70	70	85	76	75	79	74	80	79	67	75	74	73	68	82	67	75	79	75	77
5	75	75	87	84	78	83	72	82	82	73	75	76	79	75	87	72	81	80	78	81
6	77	70	83	78	72	74	74	77	75	66	68	67	74	59	80	65	73	76	68	74
7	75	73	83	80	73	78	76	81	79	67	70	72	73	73	85	69	76	78	76	78
8	76	67	83	76	68	70	74	81	70	62	63	67	68	50	72	57	69	78	63	69
9	74	66	84	79	74	77	72	89	78	66	70	70	72	64	76	55	75	84	76	73
10	73	71	83	81	78	83	76	82	86	65	73	74	68	67	84	56	77	87	74	77
11	76	67	87	78	72	77	75	87	77	65	69	70	73	57	76	56	73	84	73	74
12	76	68	87	78	71	77	75	85	77	65	70	70	71	58	82	57	67	86	71	74
13	75	73	89	79	76	77	78	90	80	66	72	71	73	72	87	62	71	88	81	77
14	73	71	76	76	73	78	79	78	79	70	68	67	63	75	87	60	70	70	75	75
15	70	66	78	73	70	77	75	76	77	65	66	69	64	66	80	53	66	70	70	72
16	73	69	87	77	78	79	70	81	79	68	74	73	75	70	78	58	75	78	76	75
17	75	73	87	79	78	80	76	82	81	70	74	74	76	75	83	66	76	78	78	78
Moy.	75	70	84	78	74	77	74	81	78	67	70	71	72	66	81	62	73	79	73	75

⁽¹⁾ Voir commentaires au bas de tableau 2.

⁽²⁾ MAT_f : coefficient d'utilisation digestive fécale des matières azotées ; MAT_i : coefficient d'utilisation digestive iléale des matières azotées.

TABLEAU 5
COEFFICIENTS DE DIGESTIBILITÉ ILÉALE APPARENTE DES PROTÉINES ET DES ACIDES AMINÉS
DES MATIÈRES PREMIÈRES DE L'ÉTUDE (%) ⁽¹⁾

Matière première	MAT _f (2)	MAT _i (2)	Arg	His	Ile	Leu	Lys	Met	Phe	Thr	Val	Ala	Asp	Cys	Glu	Gly	Ser	Tyr	AAs	Σ AA
Blé	84	94	87	96	93	96	82	78	99	82	83	79	87	88	100	93	96	88	84	94
Orge	75	75	78	68	84	82	85	76	87	65	81	68	83	72	88	78	81	76	74	83
Mais	70	67	99	78	79	87	42	75	81	71	75	77	81	75	83	54	72	76	75	78
T.soja	82	75	86	78	77	76	80	80	77	66	68	69	77	61	78	66	81	79	70	78
T.tourn.	67	72	85	73	80	80	71	78	81	73	80	73	80	83	90	73	71	69	80	77
T.colza	73	69	84	78	68	74	69	88	73	66	66	71	71	77	84	62	71	75	82	75
Pois	83	73	92	82	70	73	83	100	77	61	68	69	72	35	77	53	69	97	64	76
Corn dist.	56	62	70	70	61	78	41	72	80	47	64	76	45	66	79	50	65	72	68	68
Corn glut.	52	67	-	-	-	-	35	-	-	-	-	-	-	66	73	-	-	-	85	78

⁽¹⁾ L'absence de valeur pour certains acides aminés est liée à la non signification de la valeur obtenue. Pour le «corn gluten feed», les résultats rapportés ont une précision faible (à l'exception de MAT et Somme AA).

⁽²⁾ MAT_f : coefficient d'utilisation digestive fécale des matières azotées ; MAT_i : coefficient d'utilisation digestive iléale des matières azotées.

mesurée sur nos régimes est inférieure à celle que l'on peut calculer à partir de l'additivité des valeurs des tables. Les résultats de cette démarche sont présentés dans le tableau 7 pour les matières azotées totales et les principaux acides aminés. Si l'écart entre les valeurs mesurées et calculées est nul pour les matières azotées totales, il représente en moyenne 4% pour les acides aminés considérés et peut atteindre jusqu'à 10% pour la lysine par exemple. La combinaison de matières premières très diverses (régimes complexes), certaines d'entre elles apportant peu ou pas de protéines (tubercules, mélasse, ...), conduit par conséquent à des teneurs vraies en acides aminés digestibles des régimes qui sont moindres.

Cette observation combinée à des valeurs énergétiques vraies également plus faibles que les valeurs «tables» (NOBLET et al., 1990) explique en grande partie les moindres performances de croissance de porcs recevant ce type de régimes (GEAPORC, non publié). La situation est probablement plus critique en début de période de croissance lorsque les besoins protéiques sont particulièrement élevés. Toutefois, aucune matière première ou caractéristique chimique des régimes n'expliquent l'importance des écarts entre les teneurs mesurées et calculées, hormis le cas de la lysine digestible pour laquelle l'écart diminue significativement avec l'augmentation du taux de blé dans le régime. Il est ainsi remarquable que les

TABEAU 6
COMPARAISON DES COEFFICIENTS DE DIGESTIBILITÉ
ILÉALE APPARENTE DES MATIÈRES AZOTÉES,
DE LA LYSINE ET DE LA THRÉONINE (%) OBTENUS DANS
L'ÉTUDE ET RAPPORTÉES DANS LA BIBLIOGRAPHIE, POUR
LES TOURTEAUX DE SOJA, DE TOURNESOL ET DE COLZA
ET LE POIS.

Référence ⁽¹⁾	1	2	3	4
Matières azotées :				
T. soja	80	78	80	75
T. tournesol	75	74	75	72
T. colza	70	69	67	69
Pois	73	-	73	73
Lysine :				
T. soja	85	84	85	80
T. tournesol	74	73	75	71
T. colza	73	74	70	69
Pois	82	-	81	83
Thrénine :				
T. soja	77	75	78	66
T. tournesol	71	69	73	73
T. colza	68	69	67	66
Pois	75	-	70	61

⁽¹⁾1: Eurolysine, 1988 ; 2: Knabe et al., 1989 ; 3: Green, 1987 ; 4: Présente étude.

régimes où l'écart entre la teneur mesurée et celle calculée est nul ou positif (R1, R7, R10 et R13) contiennent tous du blé (tableau 7).

Inversement, on peut penser que les conditions de détermination des digestibilités iléales des acides aminés, notamment dans le cas des matières premières riches en protéines, sont particulièrement favorables à l'obtention de valeurs élevées. Ainsi, les régimes utilisés ont le plus souvent des teneurs en protéines relativement élevées et les glucides sont apportés par de l'amidon et de la cellulose purifiée, celle-ci étant peu digestible (régimes de type semi-synthétique). Dans une telle situation, les sécrétions de protéines endogènes sont probablement minimisées (SAUER et OZIMEK, 1986) et, de toute façon, se rapportent à une quantité de protéines ingérées élevée. Il est alors logique que la digestibilité apparente des acides aminés des matières premières ou des régimes ainsi mesurée soit plus élevée que dans les conditions pratiques des régimes complexes où la nature et la quantité de parois végétales (SAUER et OZIMEK, 1986), la teneur en matières minérales (NOBLET et al., 1989) et la présence de certaines matières premières modifient la vitesse de transit et l'importance des sécrétions endogènes. Cet effet «régimes complexes» se répercutera alors prioritairement sur les matières premières riches en protéines (soja) lors de l'analyse des données par régression linéaire multiple.

TABEAU 7
TENEURS CALCULÉES (% du produit sec) EN MATIÈRES AZOTÉES ET ACIDES AMINÉS DIGESTIBLES DES RÉGIMES ET ÉCARTS
PAR RAPPORT AUX TENEURS MESURÉES ⁽¹⁾

Régime	Matières azotées		Lysine		Thrénine		Méthionine+Cystine	
	Calcul	Ecart	Calcul	Ecart	Calcul	Ecart	Calcul	Ecart
1	15,2	0,3	0,83	0,02	0,50	-0,01	0,50	-0,04
2	15,8	0,0	0,87	-0,03	0,58	-0,01	0,60	-0,06
3	14,2	-0,2	0,74	-0,08	0,53	-0,04	0,53	-0,06
4	14,1	-0,1	0,76	-0,04	0,47	0,00	0,51	-0,01
5	15,3	0,1	0,80	-0,04	0,52	0,03	0,59	0,00
6	15,9	-0,9	0,91	-0,06	0,56	-0,04	0,50	-0,06
7	13,9	0,4	0,74	0,02	0,47	0,00	0,54	0,01
8	15,9	0,3	1,01	-0,05	0,58	-0,04	0,44	-0,04
9	15,1	-0,8	0,84	-0,03	0,56	0,00	0,57	-0,01
10	12,3	0,9	0,69	0,00	0,39	0,02	0,42	0,02
11	16,5	-1,2	0,93	-0,03	0,59	-0,05	0,53	-0,03
12	13,9	-0,6	0,78	-0,01	0,52	-0,02	0,54	-0,06
13	13,8	0,5	0,76	0,03	0,50	-0,04	0,52	0,03
14	8,2	0,2	0,55	-0,02	0,37	-0,01	0,32	-0,02
15	7,3	0,8	0,53	-0,02	0,35	0,00	0,27	0,01
16	15,6	-0,3	0,75	-0,08	0,54	-0,02	0,54	-0,01
17	17,0	0,2	0,96	-0,03	0,62	0,00	0,60	0,00
Moyenne	14,1	-0,1	0,79	-0,03	0,51	-0,01	0,50	-0,02

⁽¹⁾Ecart = teneur mesurée-teneur calculée ; teneur calculée = somme (taux d'introduction de matière première x teneur brute tableau 1* CUD tables Eurolysine, 1988). La contribution du manioc et de la patate douce a été considérée comme nulle dans la teneur calculée.

Bien qu'ayant une teneur faible en acides aminés, les céréales peuvent contribuer de façon non négligeable à la couverture des besoins azotés du porc. La détermination de leurs teneurs en acides aminés digestibles est donc également importante. Comme l'ont souligné SAUER et OZIMEK (1986), les coeffi-

cients de digestibilité apparente rapportés dans la bibliographie sont, pour une céréale, très variables (tableau 8). Cette situation est particulièrement marquée pour les principaux acides aminés indispensables (lysine, thrénine) qui se trouvent à des taux relatifs faibles dans les céréales. De plus, dans

ce cas, des variations limitées des sécrétions de protéines endogènes peuvent entraîner des modifications importantes de la digestibilité apparente des acides aminés. Le tableau 8 illustre parfaitement ces observations puisque les résultats de LIN et al. (1987) sont nettement plus élevés que ceux de GREEN (1987) ou SCHRÖDER et al. (1989). Pour les raisons évoquées ci-dessus et compte tenu de la méthodologie que nous avons utilisée, les résultats de digestibilité iléale des acides aminés obtenus dans notre étude pour les 3 céréales ont une précision limitée et sont à considérer avec précaution. Quoi qu'il en soit, toutes les données de la bibliographie conduisent à proposer des coefficients de digestibilité supérieurs dans le cas du blé, l'orge et le maïs se comportant de façon relativement comparable.

En conclusion, notre étude met en évidence que les coefficients de digestibilité iléale des protéines et acides aminés des matières premières que nous avons étudiées sont, dans les conditions pratiques d'utilisation (régimes complexes), inférieures aux valeurs moyennes rapportées dans les tables, la hiérarchie entre matières premières étant toutefois conservée. Cette situation peut alors conduire à une insuffisance des apports protéiques pour la couverture des besoins du porc. Ce résultat renforce également l'intérêt d'exprimer les besoins en acides aminés du porc sur la base des teneurs en acides aminés digestibles, la formulation sur la base des teneurs brutes entraînant, selon la nature des sources de protéines et le degré de «complexité» des régimes, des apports d'acides aminés digestibles très différents. La justification de ce mode d'expression de la valeur azotée des aliments et des besoins protéiques de l'animal est enfin accentuée dans le contexte d'utilisation de plus en plus importante des acides aminés industriels. En définitive, comme pour la valeur énergétique (NOBLET et al., 1990), cette étude pose le problème de la valeur nutritionnelle des matières premières en relation avec les conditions de leur utilisation dans les aliments du porc. Pour ce qui concerne la valeur azotée, les données de digestibilité apparente obtenues dans notre étude représentent des valeurs «pratiques» qui prennent en compte les phénomènes d'interaction et des niveaux moyens de sécrétions de protéines endogènes pour chaque matière première. Les valeurs des coefficients de digestibilité apparente rapportées dans les

TABLEAU 8
COMPARAISON DES COEFFICIENTS DE DIGESTIBILITÉ ILÉALE (%) DES PROTÉINES ET DES ACIDES AMINÉS DU BLÉ, DE L'ORGE ET DU MAÏS RAPPORTÉS DANS LA BIBLIOGRAPHIE ET OBTENUS DANS CETTE ÉTUDE

Référence ⁽¹⁾	1	2	3	4	5
Matières azotées :					
Blé	82	85	80	77	94
Orge	70	80	70	67	75
Maïs	77	80	73	72	67
Lysine :					
Blé	71	84	68	66	82
Orge	67	79	64	63	85
Maïs	68	77	58	62	42
Thréonine :					
Blé	69	77	68	65	82
Orge	63	73	60	58	65
Maïs	71	72	65	63	71

(¹)1: Eurolysine, 1988 ; 2: Lin et al., 1987 ; 3: Green, 1987 ; 4: Schröder et al. (1989) ; 5: Présente étude.

tables ne sont, quant à elles, pas directement applicables aux régimes (notamment complexes) pour lesquels les sécrétions endogènes peuvent être très différentes des valeurs moyennes obtenues avec des régimes de type semi-synthétique ou simplifiés (céréales + soja). La valeur azotée vraie d'un régime devrait, en fait, découler de l'additivité des teneurs en acides aminés digestibles réels des matières premières et d'une estimation des protéines endogènes. Un tel objectif nécessite de caractériser (composition en acides aminés) et quantifier les sécrétions endogènes qui sont liées à la fois à la composition du régime (nature et importance des parois végétales, matières minérales,...) et aux particularités de certaines matières premières (facteurs anti-nutritionnels, structure physico-chimique,...). Enfin, sur un plan pratique, nos résultats suggèrent qu'une marge de sécurité supplémentaire doit être prise lorsque des régimes complexes sont formulés sur la base des teneurs en acides aminés digestibles (valeurs tables) et, a fortiori, sur la base des teneurs en acides aminés bruts.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- EUROLYSINE, 1988. Apparent ileal digestibility of essential amino acids in feedstuffs for pigs. Eurolysine Information, 15.
- GREEN S., 1987. Digestibilities of amino acids in foodstuffs for poultry and pigs. Rhône-Poulenc Animal Nutrition Report 8/87.
- HAYDON K.D., KNABE D.A., TANKSLEY T.D., 1984. J. Anim. Sci., 59, 717-724.
- JUST A., JORGENSEN H., FERNANDEZ J.A., 1981. Br J. Nutr., 32, 479-480.
- KNABE D.A., LARUE D.C., GREGG E.J., MARTINEZ G.M., TANKSLEY T.D., 1989. J. Anim. Sci., 67, 441-458.
- LAPLACE J.P., DARCY-VRILLON B., PICARD M., 1985. Journées Rech. Porcine en France, 17, 353-370.
- LIN F.D., KNABE D.A., TANKLEY T.D., 1987. J. Anim. Sci., 64, 1655-1663.
- NOBLET J., FORTUNE H., DUBOIS S., HENRY Y., 1989. Nouvelles bases d'estimation des teneurs en énergie digestible, métabolisable et nette des aliments pour le porc. INRA éd., Paris, 106 p.
- NOBLET J., FORTUNE H., DUPIRE C., DUBOIS S., 1990. Journées Rech. Porcine en France, 22, 175-184.
- SAUER W.C., OZIMEK L., 1986. Livest. Prod. Sci., 15, 367-388.
- SCHRÖDER H., SCHULZE E., OSLAGE H.J., 1989. J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr., 61, 145-158.