

FACTEURS DE VARIATION DE LA DIGESTIBILITÉ ILÉALE DE LA PROTÉINE ET DES ACIDES AMINÉS D'ISSUES DE MEUNERIE CHEZ LE PORC CHARCUTIER

*Catherine JONDREVILLE (1), J. VAN DEN BROECKE (2), F. GATEL (1), J.-M. BERTIN (1), Marie-France BEAUX (1),
F. GROSJEAN (1)*

(1) Institut Technique des Céréales et des Fourrages - Pouligne, 41100 Villéval

(2) Eurolysine - 16 rue Ballu, 75009 Paris

avec la collaboration de Dominique BARRAULT et du Personnel du Laboratoire I.T.C.F. de Boigneville

La digestibilité iléale de la protéine et des acides aminés de 10 lots d'issues de meunerie (3 lots de sons, 4 lots de rémoulage et 3 lots de farine basse) est déterminée. Chaque lot est testé sur quatre porcs mâles castrés, croisés, préparés en anastomose iléo-rectale termino-terminale au poids vif de 25 kg. Les résultats de digestibilité apparente sont corrigés par une excrétion azotée endogène standard, afin de permettre la comparaison des résultats entre eux.

La digestibilité iléale standardisée de la protéine est en moyenne de 76,2% pour les sons, celle des rémoulages de 89,2% et celle des farines basses 98,0%. Pour toutes les matières premières étudiées la lysine fait partie des acides aminés les moins digestibles. Pour tous les acides aminés, la digestibilité peut-être prédite de façon satisfaisante, soit par la teneur en ADL soit par le paramètre NNDF (teneur en azote du résidu NDF rapportée à la teneur en azote total).

Factors affecting protein and amino acid ileal digestibility in wheat meal by-products for pigs

Ten batches of wheat meal by-products (3 batches of bran, 4 batches of shorts, 3 batches of flour) are studied for their protein and amino acid digestibility. Each batch is tested on four castrated males crossbred prepared in end-to-end ileo-rectal anastomosis at 25 kg LW. All the results are standardized by a similar endogenous output in order to allow a comparison of the batches.

The standardized ileal digestibility of protein increases from 76.2% for the batches of bran to 89.2% for the batches of shorts and 98.0% for the batches of flour. For all the batches, lysine is among the less digestible amino acids. The ileal digestibility of protein and all amino acids can be predicted by either the ADL content of the batch or the proportion of total nitrogen associated to NDF (NNDF).

INTRODUCTION

Dans le contexte actuel d'optimisation de la formulation et de prévention des rejets azotés par les porcs, la connaissance de la digestibilité des acides aminés des matières premières est de la plus grande importance : elle permet d'estimer la disponibilité des acides aminés et donc les apports azotés utiles d'une matière première. A cet égard, le mode d'expression de la digestibilité est également extrêmement important : compte tenu de nos connaissances actuelles, la digestibilité iléale standardisée, appelée également digestibilité vraie, semble être le meilleur estimateur de la disponibilité des acides aminés des matières premières.

Au delà de la connaissance des valeurs moyennes de digestibilité par type de matière première, il est nécessaire que l'utilisateur dispose de modèles lui permettant de prédire de façon la plus aisée possible la digestibilité des lots dont il dispose. Aussi, pour compléter le travail déjà effectué sur les céréales et les co-produits de l'amidonnerie du maïs (JONDREVILLE et al., 1994 a et b), nous nous proposons de mesurer la digestibilité iléale de la protéine et des acides aminés de dix lots d'issues de meunerie (3 lots de sons, 4 lots de rémoulage et 3 lots de farine basse), puis de rechercher les paramètres chimiques permettant d'en obtenir la meilleure prédiction.

1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

1.1. Aliments expérimentaux

Avant leur incorporation, les matières premières sont broyées au moyen d'un broyeur à marteaux muni d'une grille de 2 mm. Les matières premières sont mélangées à de l'amidon et du sucre (1/2-1/2) et à 5,5% d'un complément minéral et vitaminique. Le taux d'incorporation des matières premières dans l'aliment est calculé de telle sorte que sa teneur en matière azotée totale soit de 170g/kg environ ; le lot n°2, à cause de difficultés de consommation par les porcs, a du être dilué davantage. Les pourcentages d'incorporation des matières premières sont respectivement de 86,7 ; 56,7 ; 92,5 et 92,0% respectivement pour les lots 1,2,3 et 4 et 94,5% pour les lots 5 à 10. Les aliments sont présentés sous forme de farine humidifiée à l'auge (un volume de farine pour deux volumes d'eau).

1.2. Animaux et conduite expérimentale

Chaque aliment est testé sur quatre porcs mâles castrés, croisés LW L x LW P (schéma CADS), pesant entre 40 et 100 kg. Ils sont préparés, à environ 25 kg, en anastomose iléo-rectale termino terminale (PICARD et al., 1984 ; LAPLACE et al., 1989), et entrent en test après une période post opératoire de 4 semaines.

Les animaux reçoivent quotidiennement 90 g d'aliment / kg (PV)^{0,75} en deux repas par jour ; ils disposent par ailleurs d'eau à volonté.

Chaque test dure 7 jours et se déroule en deux phases : 5 jours d'adaptation suivis de 2 jours de collecte pendant lesquels les jus iléaux sont collectés totalement deux fois par jour, à 8 heures et à 16 heures, puis immédiatement placés à +4°C. A la fin de la période de collecte, les excréta d'un même animal sont homogénéisés et deux échantillons sont préle-

vés ; l'un est séché à l'étuve pour détermination de sa teneur en matière sèche et l'autre est lyophilisé pour dosage de ses teneurs en matière azotée et en acides aminés.

1.3. Analyses chimiques

Sur les matières premières, les aliments et les jus iléaux sont déterminées les teneurs en matière azotée totale (Kjeldhal x 6,25 - Kjeld foss, Foss-electric) et en acides aminés. Les teneurs en acides aminés sont déterminées par chromatographie échangeuse d'ions après hydrolyse préalable pendant 23 heures dans HCl 6N à 110°C. Les échantillons sont soumis à une oxydation performique préalablement à l'hydrolyse pour le dosage des acides aminés soufrés. Le tryptophane est dosé après une hydrolyse alcaline.

De plus, sur chacun des lots d'issues étudié sont déterminées les teneurs en cellulose brute (Weende), NDF, ADF, ADL (protocole BIPEA), matière grasse (sans hydrolyse préalable), matière minérale (550°C - 8h), amidon (Ewers). La teneur en azote du résidu NDF (NNDF) est également déterminée ; elle est exprimée en pourcentage de l'azote total. Les dosages de protéine et acides aminés sont effectués au laboratoire EUROLYSINE d'Amiens, le reste des dosages est effectué au laboratoire ITCF de Boigneville.

1.4. Calcul de la digestibilité

Dans un premier temps, la digestibilité iléale apparente de la protéine et des acides aminés de chacun des lots d'issues de meunerie est calculée à partir des aminogrammes effectués sur l'aliment expérimental et les jus iléaux. Cependant, la valeur obtenue est fonction de la teneur en protéines et en acides aminés de l'aliment expérimental, c'est pourquoi les valeurs de digestibilité apparente sont corrigées par une excrétion azotée endogène standard donnée par WÜNSCHE et al. (1987), supposée constante avec la quantité de matière sèche ingérée (FURUYA et KAJI, 1989). La digestibilité iléale obtenue est appelée digestibilité standardisée, terme proposé par MARISCAL-LANDIN (1992).

2. RÉSULTATS - DISCUSSION

2. 1. Composition chimique

La composition chimique et le profil de la protéine des lots d'issues de meunerie figurent respectivement aux tableaux 1 et 2.

Comme l'ont observé CHUNG et POMERANZ (1985), la protéine des sons est plus riche en lysine, thréonine, tryptophane, arginine, acide aspartique, glycine et alanine que celle des farines basses. Ces acides aminés sont abondants dans les protéines de structure du grain, logées dans les couches à aleurone qu'on retrouve dans les sons. Au contraire, les farines sont, par rapport aux sons, riches en acides glutamique et phénylalanine qui sont des acides aminés abondants dans les protéines de réserve du grain, majoritaires dans l'endosperme (CHUNG et POMERANZ, 1985). Dans notre cas, contrairement aux observations de ces auteurs, les farines basses sont plus riches en leucine et cystine que les sons.

Comme la teneur en NDF, la quantité d'azote associée au résidu NDF rapportée à la quantité d'azote total (NNDF) augmente de la farine basse au son. Ces variables sont

toutefois moins corrélées que dans l'étude de MARISCAL-LANDIN (1992) qui calcule un coefficient de corrélation r de 0,91 contre 0,71 seulement dans notre étude. De même, les

valeurs que nous obtenons pour le paramètre NNDF sont inférieures à celles que donnent SÈVE et al. (1994) sur le même type de produits.

Tableau 1 - Composition chimique des lots d'issues de meunerie (g/100 g MS)

Lot	MAT	MG	MM	NDF	ADF	ADL	NNDF	CB	Amidon
SON 1	21,9	4,1	5,9	40,5	12,8	4,5	17,1	11,2	19,7
SON 2	16,1	4,5	6,3	48,2	13,6	3,8	19,2	9,8	21,2
SON 3	20,8	5,6	4,5	31,6	8,4	2,9	18,8	6,7	29,9
REM 1	20,4	4,7	4,5	28,0	7,6	2,2	7,5	6,1	31,4
REM 2	17,9	4,5	3,4	25,4	7,1	1,9	7,1	6,0	40,9
REM 3	19,1	3,2	3,8	21,1	5,6	1,4	5,6	4,6	43,5
REM 4	18,5	4,6	3,5	20,8	6,0	1,6	5,5	5,1	43,8
FB 1	17,2	3,4	2,3	6,8	2,1	0,5	3,0	1,2	63,1
FB 2	14,3	2,9	1,5	6,7	1,5	0,4	4,7	1,4	71,6
FB 3	15,8	2,7	2,2	11,8	2,5	0,6	5,1	2,0	62,7

MAT : Matière Azotée Totale ; **MG** : Matière Grasse ; **MM** : matière Minérale ; **NDF** : Neutral Detergent Fibre ; **ADF** : Acid Detergent Fibre ; **ADL** : Acid Detergent Lignin ; **CB** : Cellulose Brute ; **NNDF** : Azote résiduel dans la fraction NDF (en % de l'azote total) ; **REM** : Rémoulage ; **FB** : Farine basse

Tableau 2 - Teneur en acides aminés des issues de meunerie (g/16 g N)

Lot	Son (n = 3)		Rémoulage (n = 4)		Farine basse (n = 3)	
	m*	ET*	m*	ET*	m*	ET*
Lys	4,35	0,29	4,04	0,32	3,07	0,17
Thr	3,31	0,17	3,27	0,09	2,89	0,04
Met	1,67	0,12	1,71	0,10	1,71	0,04
Cys	1,73	0,06	1,89	0,08	2,00	0,09
Trp	1,43	0,10	1,18	0,02	1,11	0,06
Arg	6,84	0,56	6,30	0,37	4,83	0,57
His	2,72	0,11	2,35	0,17	2,44	0,24
Ile	3,15	0,23	3,08	0,25	3,35	0,30
Leu	5,71	0,24	5,88	0,21	6,31	0,28
Phe	3,72	0,29	3,92	0,18	4,30	0,20
Tyr	2,14	0,18	2,32	0,27	2,16	0,28
Val	4,22	0,16	4,49	0,25	4,34	0,40
Ala	4,54	0,16	4,56	0,33	3,67	0,34
Asp	6,83	0,65	6,41	0,46	5,15	0,48
Glu	16,32	0,50	19,69	1,74	26,92	1,14
Gly	4,75	0,31	4,63	0,24	4,03	0,24
Ser	4,26	0,15	4,27	0,21	4,52	0,13

* m : moyenne ; ET : écart-type de la série (DDL = n)

2. 2. Digestibilité iléale de la protéine et des acides aminés

Les résultats de digestibilité iléale standardisée de chaque produit (sons, rémoulages, farines basses) sont donnés au tableau 3.

Quel que soit le type d'issues considéré, la lysine fait partie

des acides aminés les moins digestibles. Cette observation est conforme à ce qu'on constate sur le blé et les céréales en général (TAVERNER et al., 1981 ; ADEOLA et al., 1986 ; LIN et al., 1987 ; LETERME et al., 1989 ; RAKOWSKA et al., 1990 ; JONDREVILLE et al., 1994 a). Pour tous les produits, valine, alanine et acide aspartique sont également parmi les acides aminés les moins digestibles. Ces acides aminés sont

accompagnés de la thréonine et la glycine pour les sons, la cystine et la thréonine pour les rémoullages et la méthionine pour les farines basses. Pour tous les produits, arginine et

acide glutamique sont parmi les acides aminés les plus digestibles. Alors que la glycine est peu digestible dans les sons elle est l'acide aminé le plus digestible dans les farines basses.

Tableau 3 - Digestibilité iléale de la protéine et des acides aminés des issues de meunerie (%)

Lot	Son (n = 3)		Rémouillage (n = 4)		Farine basse (n = 3)	
	m*	ET*	m*	ET*	m*	ET*
Protéine	76,2	5,5	89,2	2,4	98,0	0,8
Lys	71,8	1,6	88,1	1,9	93,3	1,1
Thr	75,5	2,9	87,6	2,3	96,3	1,2
Met	80,7	2,9	91,9	0,7	95,7	0,7
Cys	79,4	5,3	88,1	2,0	97,6	0,7
Trp	83,5	3,2	90,5	0,8	97,5	2,0
Arg	90,2	1,8	96,0	0,9	98,8	0,3
His	83,6	3,7	92,5	1,4	98,3	0,4
Ile	77,0	2,4	88,7	1,7	94,3	0,9
Leu	78,3	1,9	90,6	1,9	96,4	0,8
Phe	82,4	1,6	92,4	2,0	97,5	0,8
Tyr	83,4	3,8	92,7	3,6	97,1	1,7
Val	75,5	2,1	87,8	2,5	93,7	1,4
Ala	69,9	2,4	83,8	5,5	89,6	4,2
Asp	75,5	0,7	88,0	2,6	94,2	1,6
Glu	86,8	0,6	94,3	1,3	98,0	0,4
Gly	75,5	1,4	89,0	2,2	99,6	1,9
Ser	81,8	1,2	90,7	1,7	97,8	0,5

* : m : moyenne ; ET : écart-type de la série (DDL = n)

La digestibilité de la protéine des sons est en moyenne de 21,8 points inférieure à celle des farines basses. Celle des rémoullages est intermédiaire avec -8,8 points par rapport aux farines basses. Ces différences se répartissent diversement selon l'acide aminé et en particulier selon son abondance relative dans les différentes parties du grain. Les différences les plus importantes apparaissent pour la lysine, la thréonine, la cystine et la glycine avec respectivement - 21,6 ; - 20,8 ; -18,2 et - 24,1 points de digestibilité des farines basses aux sons. Exception faite de la cystine, ces acides aminés sont plus abondants dans les sons que dans les farines basses, et font partie des acides aminés prédominants dans les protéines de structure du grain. Des acides aminés tels qu' alanine ou acide aspartique présentent également des différences importantes avec respectivement - 19,7 et - 18,7 points de digestibilité des farines basses aux sons ; ils sont également plus abondants dans les sons que dans les farines basses.

En effet, dans les grains de céréales, les acides aminés les plus abondants dans les protéines de structure sont de façon générale les moins digestibles : localisés dans les parties fibreuses du grain, ces protéines subissent l'effet de piège exercé par les fibres les rendant inaccessibles aux enzymes digestives (EHLE et al., 1992 ; MARISCAL-LANDIN, 1992 ; SÈVE et al., 1993). Les acides aminés abondants dans les protéines logées dans les parties les moins digestibles du grain seraient les plus sensibles à une séparation du grain en ses différents composants. Ils sont en partie éliminés dans des produits tels que les farines basses et concentrés dans des produits tels que les sons. Le même type de phénomène

a pu être observé par JONDREVILLE et al. (1994 b) sur des co-produits de l'amidonnerie du maïs.

La diminution très importante de la digestibilité de la glycine dans les lots de sons par rapport aux lots de farine basse pourrait également être liée à l'abondance de cet acide aminé dans l'excrétion azotée endogène du porc (WÜNSCHE et al., 1987). Il est en effet probable que l'augmentation de la teneur en fibres des aliments expérimentaux lorsqu'on passe des farines basses aux sons entraîne une augmentation de l'excrétion endogène (DE LANGE et al., 1989). Le même phénomène pourrait expliquer la diminution importante de la digestibilité de l'acide glutamique des farines basses aux sons, malgré son abondance dans la protéine de l'endosperme du grain (et des farines basses).

Comme pour les co-produits de l'amidonnerie de maïs (JONDREVILLE et al., 1994 b), l'arginine, bien qu'abondante dans les protéines de structure du grain, ne présente pas de grandes différences de digestibilité entre les différentes issues (+ 8,6 points des sons aux farines basses) ; la cystine, bien que plus abondante dans les farines que dans les sons, voit sa digestibilité diminuer de façon très importante des farines basses aux sons.

2. 3. Prédiction de la digestibilité de la protéine et des acides aminés

La digestibilité de l'ensemble des acides aminés est prédite de façon satisfaisante par la teneur en ADL des issues ou la

variable NNDF (teneur en azote du résidu NDF rapportée à la teneur en azote total - %). Les équations de prédiction correspon-

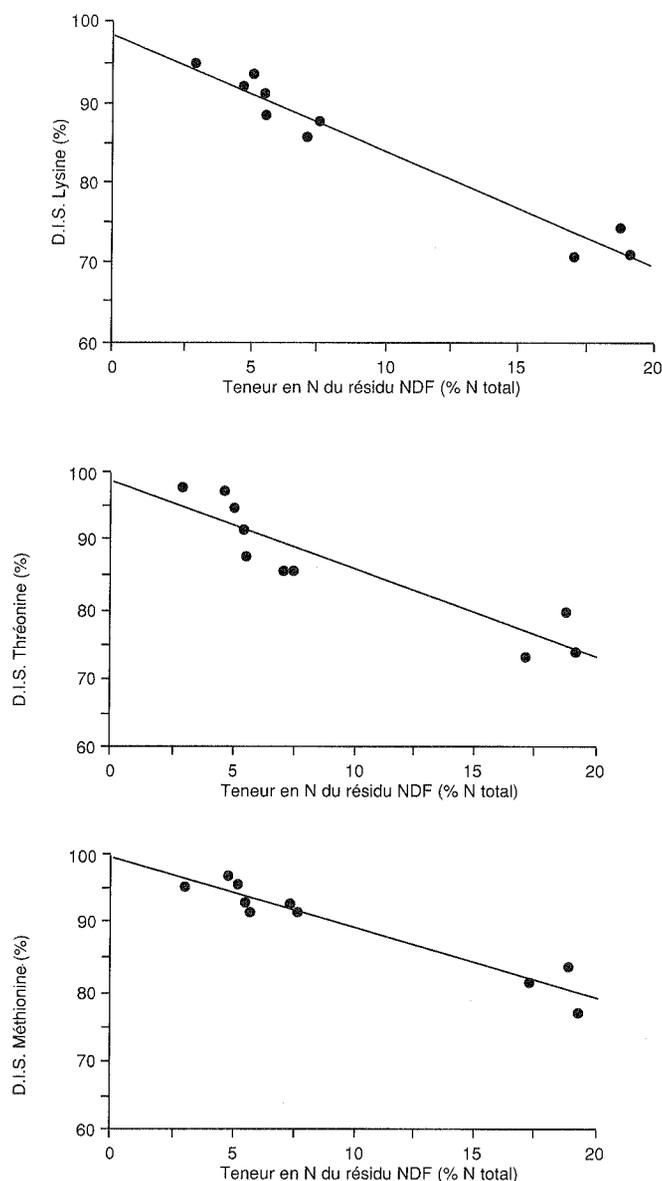
dant à chacun de ces paramètres sont données au tableau 4 et illustrées, pour quelques acides aminés, par les figures 1 et 2.

Tableau 4 - Équations de prédiction de la digestibilité iléale standardisée de la protéine et des acides aminés des issues de meunerie

Acide aminé	Équation	R ²	ETR
Protéine	101,5 - 6,83 ADL	0,98	1,6
	100,4 - 1,32 NNDF	0,76	5,0
Lysine	97,5 - 6,41 ADL	0,90	3,1
	98,3 - 1,45 NNDF	0,96	2,0
	98,7 - 0,96 NNDF - 2,5 ADL	0,99	1,3
Thréonine	98,9 - 6,23 ADL	0,97	1,7
	98,5 - 1,28 NNDF	0,84	3,7
Méthionine	98,5 - 4,34 ADL	0,86	2,6
	99,0 - 1,00 NNDF	0,91	2,1
	100,1 - 0,58 NNDF - 0,74 ADF	0,96	1,5
Cystine	99,6 - 5,68 ADL	0,94	2,1
	98,0 - 1,03 NNDF	0,64	5,2
	99,0 - 0,49 NNDF - 7,67 ADL	0,97	1,6
Tryptophane	98,9 - 4,20 ADL	0,93	1,8
	98,1 - 0,81 NNDF	0,70	3,5
Alanine	93,1 - 5,94 ADL	0,76	4,9
	93,9 - 1,34 NNDF	0,80	4,5
Arginine	100,1 - 2,51 ADL	0,84	1,6
	100,4 - 0,57 NNDF	0,90	1,3
	101,4 - 0,16 NDF - 0,27 NNDF	0,97	0,7
Acide Aspartique	96,8 - 5,42 ADL	0,89	2,8
	97,4 - 1,21 NNDF	0,92	2,5
Acide glutamique	99,6 - 3,28 ADL	0,92	1,4
	99,9 - 0,73 NNDF	0,94	1,3
	100,1 - 0,40 NNDF - 1,64 ADL	0,98	0,8
Glycine	101,6- 6,79 ADL	0,89	3,6
	101,9 - 1,48 NNDF	0,87	3,9
Histidine	100,5 - 4,51 ADL	0,95	1,6
	100,1 - 0,91 NNDF	0,80	3,1
Isoleucine	96,7 - 4,95 ADL	0,86	2,9
	97,5 - 1,13 NNDF	0,93	2,0
	99,1 - 0,64 NNDF - 0,26 NDF	0,99	1,0
Leucine	99,0 - 5,26 ADL	0,89	2,7
	99,8 - 1,19 NNDF	0,94	2,0
	100,0 - 0,78 NNDF - 2,10 ADL	0,97	1,5
Phénylalanine	99,3 - 4,22 ADL	0,82	3,0
	100,2 - 0,99 NNDF	0,93	1,8
Sérine	99,5 - 4,71 ADL	0,96	1,4
	99,3 - 0,98 NNDF	0,85	2,7
Tyrosine	98,3 - 3,58 ADL	0,56	4,7
	100,0 - 0,94 NNDF	0,79	3,2
Valine	96,0 - 5,10 ADL	0,80	3,7
	97,2 - 1,21 NNDF	0,94	2,1

NDF, ADF, ADL : % MS ; NNDF : teneur en azote du résidu NDF en % de l'azote total. Digestibilité iléale standardisée : %

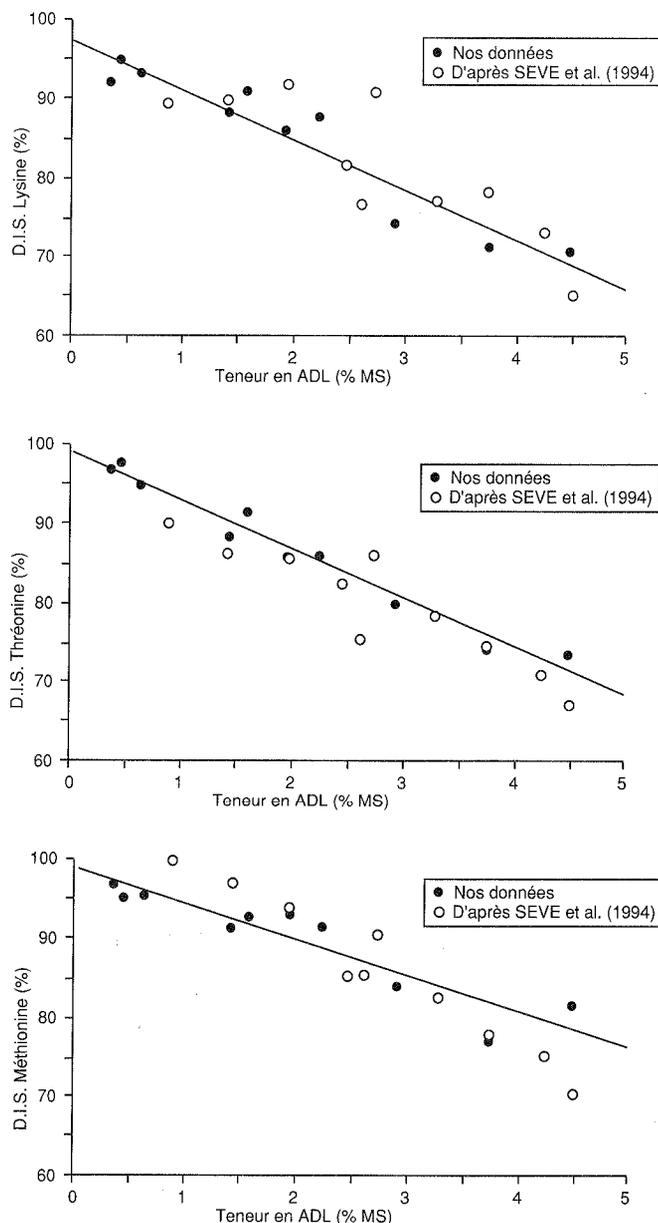
Figure 1 - Digestibilité iléale standardisée de la lysine, de la thréonine et de la méthionine en fonction de la teneur en N du résidu NDF (% N total)



Pour la plupart des acides aminés, la meilleure prédiction est obtenue avec la variable NNDF. Pour la protéine, la thréonine, la cystine, la glycine et la sérine, l'ADL donne des équations plus satisfaisantes (R^2 plus élevé et ETR plus faible) que la variable NNDF. Pour le tryptophane, la meilleure équation est obtenue avec l'ADF (équation non donnée ici). Contrairement aux observations de SÈVE et al. (1994), la teneur en constituants membranaires rapportée à la teneur en acide aminé ne permet pas d'obtenir d'équations plus satisfaisantes que la variable NNDF. Comme l'indique MARISCAL-LANDIN (1992), la non extraction de la protéine lors du traitement au détergent neutre pourrait être la reproduction in vitro de l'inaccessibilité aux enzymes des protéines enserrées dans les fibres des issues, donc de l'effet de piège exercé par les fibres sur les protéines.

Le fait que l'ADL donne, parmi les constituants pariétaux, les meilleures équations de prédiction de la digestibilité des protéines et acides aminés peut paraître surprenant compte

Figure 2 - Digestibilité iléale standardisée de la lysine, de la thréonine et de la méthionine en fonction de la teneur en ADL (% MS)



tenu de la faible reproductibilité intra laboratoire de ce dosage (8 à 10%) comparée à celle des dosage de NDF ou ADF (3%). Toutefois, BERGNER et al. (1981) et HOWARD et al. (1987) mesurent (lors d'expériences in vitro simulant l'environnement intestinal) une adsorption des acides aminés à la lignine plus forte comparativement à la cellulose. L'adsorption des acides aminés à la lignine concernerait les acides aminés basiques (arginine, lysine, histidine), des acides aminés aromatiques (phénylalanine et tryptophane) mais aussi les acides aminés soufrés (méthionine et cystine).

La mauvaise reproductibilité inter laboratoires de cette détermination (environ 20% selon NOBLET et al. (1989)) pourrait remettre en cause l'usage de l'ADL pour prédire la digestibilité. Toutefois les résultats de SÈVE et al. (1994), recalculés sur la base de l'excrétion azoté endogène proposée par WÜNSCHE et al. (1987), permettent de valider notre modèle de façon assez satisfaisante (figure 1). En effet, les différences moyennes entre le modèle et la valeur mesurée, expri-

mées en points de digestibilité sont les suivantes :

	Protéine	Lys	Thr	Met	Cys	Trp	Val	Ile	Leu	Phe	Tyr	His	Arg
Valeur absolue	3,5	3,7	3,0	4,3	2,8	3,8	3,8	2,2	1,8	2,2	2,3	1,5	2,3
Valeur relative	-2,3	-1,5	2,2	0,9	-2,1	-3,1	-0,6	-0,3	-1,1	-0,4	-0,1	0,9	1,9

Notons que ces divergences sont à la fois dues à la détermination de la teneur en ADL et à la mesure de la digestibilité elle-même.

CONCLUSION

La digestibilité iléale standardisée de la protéine et des acides aminés des issues de meunerie diminue à mesure que le produit s'enrichit en fibres : la digestibilité des farines basses et supérieure à celle des rémoulages, elle-même supérieure à celle des sons. Pour ce type de produit, les meilleures équations de prédiction de la digestibilité sont obtenues soit avec la teneur en ADL du produit, soit avec le paramètre NNDF (teneur en azote du résidu NDF, rapportée à l'azote total). Ces deux critères semblent être le reflet de l'effet de piège exercé par les fibres sur les protéines, les rendant inaccessibles aux enzymes digestives. D'un point de vue pratique, en vue de la prédiction de la digestibilité de la protéine et des acides aminés, les deux

critères semblent équivalents en terme de coût. Reste le problème de l'amélioration de la reproductibilité inter laboratoires de tels dosages qui, bien que surmontable, peut dans un avenir proche, constituer un obstacle à leur utilisation.

REMERCIEMENTS

Ce travail a bénéficié de financements publics de la part de l'Union Européenne (programme CAMAR CT91-0112) et du Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche (programme ACTA). Il a été réalisé en collaboration avec les sociétés UT-DELFA (Pays-Bas) et SANOFI SANTE NUTRITION ANIMALE que nous remercions. Les auteurs remercient également le personnel des laboratoires d'analyses biochimiques ITCF de Boigneville et EUROLYSINE d'Amiens pour leur collaboration efficace à la réalisation de cette étude, ainsi que Gilles TRAN (Banque de Données de l'alimentation animale IO7) pour ses conseils.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ADEOLA O., YOUNG L.G., MAC MILLAN E.G., MORAN E.T., 1986. *J. Anim. Sci.*, 63, 1862-1869.
- BERGNER H., LÜCK M., MÜLLER J., 1981. *Arch. Tierernähr.*, 31, 265-271.
- CHUNG K.O., POMERANZ Y., 1985. Amino acids in cereal proteins and protein fractions. In digestibility and amino acid availability in cereals and oilseeds. Ed. FINLEY J.W., HOPKINS D.T., American Association of Cereal Chemists, ST Paul, Minnesota, USA, 65-107.
- EHLE F.R., JERACI J.L., ROBERTSON J.B., VAN SOEST P.J., 1982. *J. Anim. Sci.*, 55, 1071-1080.
- FURUYA S., KAJI Y., 1989. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 26, 271-285.
- HOWARD P., MAHONEY R.R., WILDER T., 1986. *Nut. Rep. Intern.*, 34, 135-141.
- JONDREVILLE C., BROECKE J. van den, DELPECH A., GATEL F., BERTIN J.M., BEAUX M.F., GROSJEAN F., 1994 a. *Journées Rech. Porcine en France*, 26, 251-258.
- JONDREVILLE C., BROECKE J. van den, GATEL F., BERTIN J.M., 1994 b. Digestibilité iléale des acides aminés de co-produits d'amidonnerie de maïs chez le porc charcutier. In : Recueil de communications du Colloque Qualité et Débouchés du Maïs, INRA, ITCF, AGPM, 20-21 septembre, Bordeaux, France, Session 7, 11pp.
- LANGE C.F.M. DE, SAUER W.C., MOSENTHIN R., SOUFFRANT W.B., 1989. *J. Anim. Sci.*, 67, 746 - 754.
- LAPLACE J.P., DARCY-VRILLON B., PEREZ J.M., HENRY Y., GIGER S., SAUVANT D., 1989. *Brit. J. Nut.* 61, 75-87.
- LETERME P., THIELEMANS C., BODART C., BAUDART E., THEWIS A., 1989. *Rev. Agric.*, 42, 305-316.
- LIN F.D., KNABE D.A., TANKSLEY T.D., 1987. *J. Anim. Sci.*, 64, 1655-1663.
- MARISCAL LANDIN G., 1992. Facteurs de variation de l'utilisation digestive des acides aminés chez le porc. Thèse d'Université. Rennes, France. 135 p.
- 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, Paris, 16pp.
- PICARD M., BERTRAND S., GENIN F., MAILLARD R., 1984. *Journées Rech. Porcine en France*, 16, 355-360.
- RAKOWSKA M., ZEBROWSKA T., NEUMANN M., MEDYNSKA K., RACZYNSKA-BOJANOWSKA K., 1990. *Arch. Anim. Nutr.*, 8, 695-701.
- SÈVE B., FÉVRIER C., MARISCAL LANDIN G., LECHEVESTRIER Y., 1993. Significance of monstarch polysaccharides for estimation of the ileal digestibility of amino acids of some feedstuffs in pigs. In Improvements in nutrient availability. 44 th Meeting FEZ, EAAP, EVT. Session 4, Aarhus, Danemark, 16-19 août 1993. 4pp.
- SÈVE B., MARISCAL-LANDIN G., FÉVRIER C., LECHEVESTRIER Y., 1994. *Journées Rech. Porcine en FRANCE*, 26, 259-266.
- TAVERNER M.R., FARRELL, D.J., 1981. *Br. J. Nutr.*, 46, 181-192.
- WÜNSCHE J., HERRMANN U., MEINL M., HENNING U., KREIENBRING F., ZWIERS P., 1987. *Arch. Tierernähr.*, 37, 745-764.