

A761b

## VALEUR NUTRITIVE DE SOUS-PRODUITS D'ORIGINE ANIMALE (Kératines, gélatines) CHEZ LE PORC EN CROISSANCE-FINITION

A. RERAT (1) et D. BOURDON (2) \*

(1) I.N.R.A. - Laboratoire de Physiologie de la Nutrition

(2) I.N.R.A. - Station de Recherches sur l'Élevage des Porcs

C.N.R.Z. - 78350 Jouy-en-Josas

### INTRODUCTION : COMPOSITION EN ACIDES AMINES DE LA FARINE DE CORNES ET SABOTS, ET DE LA GELATINE

En raison de l'augmentation de la population mondiale et de la pénurie croissante d'aliments azotés traditionnels aptes à couvrir les besoins nutritifs de l'homme, on peut présumer que, dans un proche avenir, des protéines végétales bien équilibrées actuellement utilisées en alimentation animale, seront nécessairement de plus en plus utilisées pour composer les rations humaines. Le remplacement de ces protéines, entrant classiquement dans l'alimentation des animaux monogastriques, par des matières azotées actuellement considérées comme sous-produits inutilisables en raison de leurs déséquilibres ou de l'indisponibilité de leurs acides aminés, paraît un recours inéluctable. Parmi ces sous-produits, on peut citer le sang (RERAT et al., 1975), les phanères (cornes, sabots, plumes, poils) et les gélatines. Ces sous-produits qui représentent un tonnage non négligeable de matières azotées, sont actuellement utilisés à des fins industrielles ou agricoles (colles, engrais). Cependant, on peut se demander si l'apport potentiel d'acides aminés indispensables ou non indispensables qu'ils représentent n'offre pas quelque intérêt.

Si l'on considère tout d'abord le groupe des phanères, il apparaît d'après les différentes tables (BLOCH et WEISS, 1954 ; HARVEY, 1970) que leur composition en acides aminés est très variable selon leur origine et le traitement technologique qu'elles ont subi. Si l'on considère plus particulièrement une farine de corne, analysée selon la technique de MOORE et al. (1958), ses protéines sont relativement riches en thréonine, un peu plus riches que les protéines du soja en acides aminés soufrés mais plus pauvres en lysine, histidine, isoleucine et acides aminés aromatiques (tableau 1).

TABLEAU 1

COMPOSITION EN ACIDES AMINES INDISPENSABLES DE LA FARINE DE CORNE,  
DE LA GELATINE ET DU TOURTEAU DE SOJA.  
COMPARAISON AVEC LES BESOINS DU PORC

	g/16g N			% de la SOMME DES ACIDES AMINES INDISPENSABLES *			
	T. soja	Farine de corne	Gélatine	T. soja	Farine de corne	Gélatine	Besoins du Porc
	(1)	(2)	(2)				
Mat. azotées (N x 6,25) %	52	95	100				
Thréonine . . . . .	4,05	4,8	1,85	9,5	12,8	10,9	10,2
Valine . . . . .	5,5	5,85	2,55	12,9	15,6	15,1	10,0
Cystine . . . . .	1,6	2,1	0,1	6,8	8,8	5,9	12,6
Méthionine . . . . .	1,3	1,15	0,9				
Isoleucine . . . . .	5,1	4,15	1,35	11,9	11,1	8,0	11,5
Leucine . . . . .	7,9	9,2	3,0	18,0(a)	16,8	12,0	13,7
Tyrosine . . . . .	4,0	4,5	0,6	12,0(b)	12,3	12,1	12,0
Phénylalanine . . . . .	5,4	3,55	2,1				
Lysine . . . . .	6,6	4,9	4,0	15,5	13,1	23,7	16,5
Histidine . . . . .	2,75	1,15	0,85	6,4	3,1	5,0	4,8
Arginine . . . . .	7,6	9,9	8,4	7,0(c)	7,4	7,3	6,0
Somme ( % des mat. azot.)	42,7	37,5	16,9				

(1) PION et FAUCONNEAU, 1966

(2) J. JUNG, 1975, données non publiées

\* A l'exception du tryptophane

(a) limitée à 150 % de l'isoleucine

(b) limités à 12 % environ du total

(c) limitée à 7 % environ du total

\* Avec la collaboration technique de G. CONSEIL, G. DUCHATEL, G. ESNAULT, J.P. HAUTDUCEOEUR et R. LEVREL.

La teneur en tryptophane, non rapportée dans le tableau est également inférieure à celle des protéines de soja. Si l'on utilise la méthode préconisée par PION et FAUCONNEAU (1966), qui permet une comparaison rapide des profils respectifs des protéines et des besoins des animaux, on constate que la partie indispensable des protéines considérées ne représente qu'une fraction médiocre des protéines totales (37 p. cent) et qu'elle est déficiente surtout en acides aminés soufrés et en histidine, de façon moindre en lysine, et excédentaire en thréonine et en valine. Utilisés pour remplacer le soja, et dans la mesure où leur digestibilité serait analogue à celle des protéines de soja, ces produits devraient être additionnés de lysine. Cependant, il faut rappeler à cet égard que selon des études déjà anciennes, ces protéines seraient particulièrement résistantes aux enzymes digestives, ce qui explique une très faible digestibilité ; ce défaut pourrait être partiellement surmonté par un broyage très fin (ROUTH et LEWIS, 1938).

En ce qui concerne la gélatine, sa composition en acides aminés est particulièrement déséquilibrée. Il faut tout d'abord noter la très large proportion de certains acides aminés non indispensables (hydroxyproline, glycine et alanine). La fraction indispensable, représentant seulement 17 p. cent de l'ensemble (tableau 1) est très riche en lysine, riche en valine, mais très pauvre en acides aminés soufrés et en isoleucine. Selon les tables, cette protéine est en outre complètement dépourvue de tryptophane. On peut présumer que même si les acides aminés de cette protéine étaient entièrement disponibles, ces divers déséquilibres ne lui permettraient de constituer qu'un complément azoté très médiocre pour les céréales en raison de l'absence totale du tryptophane.

Les expériences faisant l'objet du présent rapport ont pour but initial d'apprécier la valeur de remplacement de ceux deux types de composés protéiques vis-à-vis du tourteau de soja dans un régime à base de céréales, ces protéines n'étant substituées qu'à une fraction du soja ; en outre, elles sont destinées à analyser les composantes (digestibilité, utilisation métabolique) de cette valeur, et dans le cas des protéines de corne, d'examiner dans quelle mesure ces composantes sont modifiées par une préparation technologique, en l'occurrence un ultrabroyage.

## MATERIEL ET METHODES

### • Matières premières étudiées :

— La farine de corne utilisée est un produit desséché à l'air chaud (135 — 140°C) pendant 24 heures, broyé (broyeur à marteaux) et tamisé, le diamètre moyen des particules obtenues étant de 320  $\mu$ . Une partie du produit a été utilisée sans modification ; le reste a subi un ultrabroyage (procédé ultrafine) par attrition (alternance rapide de pressions et de chocs combinés) permettant de réduire la taille des particules à un diamètre moyen de 80  $\mu$ . Par simplification, ces produits seront dénommés "kératines".

— La gélatine étudiée a pour origine des couennes de porc ayant subi divers traitements successifs (acidification, cuisson) permettant la transformation du collagène initial en gélatine.

La composition de ces produits ainsi que celle des lots d'aliments qu'ils sont destinés à compléter dans les diverses expériences est rapportée dans le tableau 2.

TABLEAU 2

### COMPOSITION DES MATIERES PREMIERES UTILISEES DANS LES DIVERSES EXPERIENCES

Expérience farine de corne :	MATIERE SECHE %	MATIERE ORGANIQUE (1)	MATIERES AZOTEES (1)	ENERGIE BRUTE (1) Kcal/kg MS
— Orge . . . . .	86,92	97,55	9,55	4409
— Blé . . . . .	88,04	98,31	12,97	4392
— Maïs . . . . .	86,95	98,36	9,01	4431
— T. soja 44 % . . . . .	88,53	93,67	49,13	4728
— Farine de corne normale . . . . .	90,37	—	85,88	5017
— Farine de corne ultrabroyée . . . . .	90,94	—	87,57	5263
<b>Expériences gélatine :</b>				
— Orge . . . . .	89,43	97,23	10,45	4395
— Blé . . . . .	87,90	98,16	10,66	4392
— Maïs . . . . .	88,89	98,55	9,43	4502
— T. soja 44 % . . . . .	91,17	93,04	41,82	4606
— Farine de couenne . . . . .	87,38	99,92	96,50	4556

(1) p. cent matière fraîche.

● Schémas expérimentaux et régimes :

Quatre expériences ont été réalisées (deux sur la kératine, deux sur la gélatine) soit avec des animaux en lots (croissance-finition : 25-100 kg) soit avec des animaux placés en cages de digestibilité (croissance 20-60 kg). Dans toutes les expériences, le régime de base était identique (mélange de plusieurs céréales et tourteau de soja), le taux de soja permettant de fixer le taux azoté du régime (17,5 p. cent, et 15,5 p. cent respectivement pour les périodes de croissance et de finition) et constituant ainsi environ 60 p. cent (croissance) et 50 p. cent (finition) des matières azotées du régime ; dans les régimes expérimentaux, on remplace la moitié de l'apport de soja par un apport équivalent de matières azotées du produit étudié (tableau 3).

TABLEAU 3  
COMPOSITION DES REGIMES EXPERIMENTAUX

PERIODE	CROISSANCE 20-60 kg		FINITION 60-100 kg	
	1 TEMOIN	2 GELATINE	1 TEMOIN	2 GELATINE
<b>Composition p. 100</b>				
- Orge . . . . .	35	35	35	35
- Blé (1) . . . . .	15	15	15	15
- Maïs . . . . .	12	18	18	22
- Son de blé . . . . .	10	10	10	10
- T. soja 44 p. 100 . . . . .	21	11	15	7
-- Farine de couenne ou farine de corne . . . . .	-	4	-	4
<b>Mélange minéral</b>				
- Phosphate bicalcique . . . . .	1,2	1,2	1,2	1,2
- Craie broyée . . . . .	1,2	1,2	1,2	1,2
- Sel marin . . . . .	0,5	0,5	0,5	0,5
- Mélange oligoéléments (M01) (2) . . . . .	0,1	0,1	0,1	0,1
<b>Prémélange vitaminique à base d'orge (3)</b>	4,0	4,0	4,0	4,0
	100	100	100	100

(1) Céréales broyées sur grille de 3 mm ; régimes présentés sous forme de farine.

(2) Composition du mélange oligoéléments (RERAT, BOURDON, 1972).

(3) Composition du prémélange vitaminique à base d'orge (RERAT, BOURDON, 1972).

— Dans les deux expériences "kératine", le schéma expérimental comprend trois traitements, les régimes utilisés étant les suivants :

- régime 1 : régime témoin (mélange d'orge, de blé et de maïs, et de tourteau de soja)
- régime 2 : dans lequel la moitié du tourteau de soja est remplacée par la "kératine" non traitée.
- régime 3 : dans lequel, à la kératine non traitée est substituée la kératine ultrabroyée.

— Dans les expériences "gélatine" ne sont prévus que deux lots expérimentaux pour lesquels les régimes sont les suivants :

- régime 1 : témoin, analogue à celui décrit pour les expériences "kératine"
- régime 2 : dans lequel la moitié de l'apport protidique du soja est remplacé par un apport équivalent de gélatine.

La composition chimique des divers régimes est rapportée dans le tableau 4.

**TABEAU 4**  
**COMPOSITION CHIMIQUE DES REGIMES**

	<b>MATIERE SECHE %</b>	<b>MATIERE ORGANIQUE %M. S.</b>	<b>MATIERES AZOTEES % M.S.</b>	<b>ENERGIE BRUTE Mcal/kg M.S.</b>
<b>Expériences farine de corne</b>				
a) Régimes "croissance" (30-60 kg)				
régime témoin . . . . .	86,9	93,5	20,4	4,04
régime farine de corne normale . . . . .	86,9	94,0	21,2	4,38
" farine de corne ultrabroyée . . . . .	86,9	93,6	20,2	4,30
b) Régimes "Finition" (60-100 kg)				
régime témoin . . . . .	87,6	93,5	17,8	4,26
régime farine de corne normale . . . . .	87,7	94,2	17,6	4,30
régime farine de corne ultrabroyée . . . . .	87,7	94,0	17,5	4,29
<b>Expériences Gélatine</b>				
a) Régimes "croissance" (30-60 kg)				
régime témoin . . . . .	87,0	94,0	18,8	4,30
régime gélatine . . . . .	87,3	94,4	19,6	4,32
b) Régimes "finition" (60-100 kg)				
régime témoin . . . . .	87,5	94,0	15,8	4,27
régime gélatine . . . . .	88,0	94,7	18,1	4,31

Il importe de souligner que la substitution du soja par la gélatine n'a pas été isoazotée : les régimes "gélatine" sont nettement plus riches en azote que les régimes soja.

● **Conditions expérimentales :**

*a) Expériences en lots*

Les animaux, de race Large-White, d'un poids moyen initial de 30 kg, et d'un âge moyen initial de 97 jours sont répartis selon les schémas expérimentaux décrits antérieurement et qui comportent soit 3 lots de 14 animaux (7 castrats, 7 femelles) dans le cas de la kératine, soit 2 lots de 28 animaux (14 castrats, 14 femelles) dans le cas de la gélatine.

Les porcs sont élevés en loges collectives de 7 animaux de même sexe (mâles castrés, femelles) sur paille. Chacune des loges est munie d'un système d'alimentation individuelle et d'un abreuvoir automatique.

La mise en lots est réalisée avant la période préexpérimentale : on affecte le sexe au hasard au sein d'un groupe de deux loges contigües. On répète cette opération autant de fois qu'il y a de traitements expérimentaux (3 fois dans le cas de la kératine, deux fois avec la gélatine). Après cette première affectation, on attribue au hasard chacun des traitements à un groupe de deux loges contigües (un de mâles castrés, un de femelles). Ce schéma une fois établi, on répartit les animaux en recherchant l'homogénéité maximale au sein de chacune des répétitions, tout en évitant une trop grande hétérogénéité entre les animaux d'une même loge.

La période expérimentale proprement dite est précédée d'une période préexpérimentale (8 à 10 jours) pendant laquelle les animaux reçoivent un régime "ad hoc" (RERAT et HENRY, 1969), en alimentation humide sous forme de patée, à raison de deux repas quotidiens.

La période expérimentale débute quand le poids vif moyen des animaux atteint  $30 \pm 1$  kg. Chaque animal reçoit ainsi, selon un plan de rationnement rapporté dans le tableau 5, le régime auquel il est affecté, sous forme de patée. Pour tous les lots, le régime "croissance" à 17,5 p. cent (environ) de matières azotées est remplacé par le régime "Finition" à 15,5 p. cent de protéines lorsque les animaux atteignent le poids vif de  $60 \pm 2$  kg.

**TABEAU 5**  
**PLAN DE RATIONNEMENT**  
**QUANTITE en kg d'ALIMENT FRAIS/ANIMAL/JOUR**

POIDS VIF en kg	FEMELLES	TOUS ANIMAUX	MALES CASTRES
30		1,5	
35		1,7	
40		1,9	
45		2,1	
50	2,25		2,35
55	2,45		2,55
60	2,60		2,60
65	2,75		2,60
70	2,85		2,60
75	2,95		2,60
75-100	2,95		2,60

Pendant toute la période de croissance-finition, il est procédé à l'enregistrement journalier des consommations de nourriture, et à la pesée hebdomadaire des animaux. Lors de l'abattage des animaux à 95-100 kg de poids vif, est effectuée une découpe de la carcasse selon la technique parisienne.

#### *b) Expériences de digestibilité*

Les animaux, mâles castrés de race Large-White, d'un poids vif moyen de 27 kg environ, et d'un âge moyen de 90 jours environ, sont répartis en lots de 4 animaux homogènes en âge et poids (4 répétitions de trios dans le cas de l'expérience kératine, 4 répétitions de couples dans le cas de la gélatine) à l'issue d'une période d'accoutumance de 10 jours en cage à métabolisme : au cours de cette période préexpérimentale, ils reçoivent tous le régime "ad hoc" cité antérieurement sous forme de patée humide, à raison de 3 repas par jour.

Au cours de la période de précollecte (7 jours) consécutive à la mise en lots, les animaux reçoivent les régimes auxquels ils sont affectés sous forme de patée humide en alimentation égalisée, à raison de 3 repas par jour. L'eau est fournie à volonté. Enfin vient la période de collecte (10 jours) pendant laquelle, les modalités d'alimentation sont identiques à celles de la période de précollecte. On procède à la collecte journalière des excréta (urine et fèces) selon la technique habituelle. La pesée des animaux est réalisée au début et à la fin de chacune des périodes et les consommations d'eau et d'aliment sont enregistrées quotidiennement. Les analyses chimiques portent sur l'azote (urine, fèces et régimes), la matière sèche, l'énergie brute et les cendres (régimes et fèces).

## RESULTATS

### 1/ Expériences sur la farine de corne

#### *a) Expérience en lots (tableau 6) :*

Au cours de la période de croissance, le remplacement de la moitié du tourteau de soja par la farine de corne provoque chez les mâles castrés, une dépression sensible de la vitesse de croissance, cette dépression, identique pour les deux produits (ultrabroyés ou non) est associée à une légère diminution de la consommation quotidienne. Par contre, cette substitution ne se traduit par aucune modification des performances des femelles. L'indice de consommation varie en sens inverse des fluctuations de la vitesse de croissance. Au cours de la période de finition, il n'y a plus aucune différence entre les lots de mâles castrés ; par contre, on peut constater une tendance à l'amélioration des performances des femelles, consécutive à la substitution partielle du soja par les deux produits, ce fait n'étant pas lié à une modification de la consommation. Bien évidemment, dans ce dernier cas, l'indice de consommation est amélioré dans les deux lots "kératine"

**TABEAU 6**  
**RESULTATS GENERAUX DE CROISSANCE-CONSOMMATION**

	<b>Poids moyen</b>	<b>Age moyen</b>
- Début expérience . . . . .	29,9 kg	98 j.
- Fin période de croissance . . . . .	59,8 kg	161 j.
- Fin d'expérience . . . . .	99,1 kg	226 j.

Nombre d'animaux par lot : 14 (7 mâles castrés - 7 femelles).

LOT OU REGIME	1 TEMOIN	2 FARINE DE CORNE NORMALE	3 FARINE DE CORNE ULTRABROYEE	MOYENNE	SIGNIFICATION STATISTIQUE $S_x$ ( ) 1		
<b>Période de croissance 30-60 kg</b>							
- Gain moyen journalier, g	Mâles castrés Femelles Moyenne	529 481 505	456 500 478	441 516 478	475 499 487	14,2 (10,9)	
- Consom. moyenne journalière kg aliment frais	Mâles castrés Femelles Moyenne	1,92 1,85 1,88	1,85 1,91 1,88	1,82 1,91 1,87	1,86 1,89 1,88		0,02 (4,8)
- Indice de consommation kg aliment frais/kg gain	Mâles castrés Femelles Moyenne	3,66 3,85 3,76	4,09 3,82 3,95	4,15 3,73 3,94	3,97 3,80 3,88		0,10 (9,5)
<b>Période de finition (60-100 kg)</b>							
- Gain moyen journalier, g	Mâles castrés Femelles Moyenne	550 632 591	576 675 625	568 682 625	565 663 614	17,4 (10,6)	
- Consom. moyenne journalière kg aliment frais	Mâles castrés Femelles Moyenne	2,53 2,75 2,64	2,51 2,70 2,61	2,52 2,72 2,62	2,52 2,72 2,62	0,01 (2,0)	
- Indice de consommation kg aliment frais/kg gain	Mâles castrés Femelles Moyenne	4,60 4,36 4,48	4,50 4,07 4,28	4,46 3,99 4,22	4,52 4,14 4,33	0,12 (10,5)	
<b>Période totale (30-100 kg)</b>							
- Gain moyen journalier, g	Mâles castrés Femelles Moyenne	542 553 547	513 582 547	505 601 553	520 579 549	11,8 (8,0)	
- Consom. moyenne journalière kg aliment frais	Mâles castrés Femelles Moyenne	2,26 2,28 2,27	2,17 2,30 2,24	2,18 2,33 2,25	2,20 2,30 2,25	0,02 (3,2)	
- Indice de consommation kg aliment frais/kg gain	Mâles castrés Femelles Moyenne	4,18 4,14 4,16	4,29 3,97 4,13	4,32 3,88 4,10	4,26 4,00 4,13	0,08 (7,7)	

(1)  $S_x$  : Ecart-type de la moyenne. Entre parenthèses : coefficient de variation.

Pour l'ensemble de la croissance-finition, on peut ainsi enregistrer chez les mâles castrés une tendance à la diminution de la vitesse de croissance associée à une diminution de la consommation, et chez les femelles une tendance à l'accélération de l'accroissement sans modification de la consommation. En moyenne, pour l'ensemble des animaux, ces différences s'annulent et on ne constate plus aucune différence entre les divers traitements expérimentaux.

La composition corporelle des mâles castrés est invariable quel que soit le traitement ; par contre, on constate chez les femelles recevant les régimes contenant la farine de corne, une tendance à une adiposité accrue (épaisseur de lard plus grande, rapport long sur bardière réduit) sans qu'il soit possible de dégager une différence entre les 2 farines de corne.

Deux faits sont à souligner : les performances des animaux ont été médiocres quels que soient le traitement et la période de la vie de l'animal : l'ultrabroyage n'a modifié en rien la valeur nutritive de la farine de corne.

*b) Expérience de digestibilité (tableau 7) :*

TABLEAU 7  
RESULTATS GENERAUX DE CROISSANCE-CONSOMMATION  
4 PORCS MALES CASTRES PAR LOT

	Poids moyen kg	Age moyen j.
- Début expérience . . . . .	26,8	87
- Début collecte . . . . .	30,3	94
- Fin collecte . . . . .	35,4	104

LOT OU REGIME	1 TEMOIN	2 FARINE DE CORNE NORMALE	3 FARINE DE CORNE ULTRABROYEE	SIGNIFICATION STATISTIQUE $S_{\bar{x}}$ ( ) 1
<b>a) Croissance et consommation</b> (période totale : 17 j.)				
- Gain moyen journalier, g . . . . .	564 <sub>a</sub>	470 <sub>b</sub>	473 <sub>b</sub>	16,7 (6,7)*
- Consommation moyenne journalière mat. sèche/j, g . . . . .	1200	1199	1199	- -
- Indice de consommation kg Matière sèche/kg gain . . . . .	2,13 <sub>a</sub>	2,56 <sub>b</sub>	2,54 <sub>b</sub>	0,07 (6,3)*
<b>b) Digestibilité et utilisation métabolique</b>				
- CUDa Matière sèche . . . . .	82,05 <sub>a</sub>	80,64 <sub>b</sub>	80,16 <sub>b</sub>	0,36 (0,90)*
- CUDa Matière organique . . . . .	84,04 <sub>a</sub>	82,46 <sub>b</sub>	82,15 <sub>b</sub>	0,33 (0,80)*
- CUDa Energie . . . . .	81,67 <sub>a</sub>	80,18 <sub>ab</sub>	79,37 <sub>b</sub>	0,45 (1,12)*
- CUDa Azote . . . . .	82,70 <sub>A</sub>	77,67 <sub>B</sub>	77,49 <sub>B</sub>	0,88 (2,24)**
- C.R.N. (1) . . . . .	56,71	55,21	54,41	1,36 (4,9)
- C.U.P.N. (1) . . . . .	46,89	42,91	42,16	1,35 (6,2)
- N retenu g/j . . . . .	19,6	18,4	17,6	0,58 (6,3)

(1) idem tableau 6.

(2) C.U.D.A : coefficient d'utilisation digestive apparente :  $\frac{\text{élément absorbé}}{\text{élément ingéré}} \times 100$

C.R.N. : coefficient de rétention azoté :  $\frac{\text{Azote retenu}}{\text{Azote absorbé}} \times 100$

C.U.P.N. : coefficient d'utilisation protéique de l'azote :  $\frac{\text{Azote retenu}}{\text{Azote ingéré}} \times 100$

\* Différence entre traitements significative au seuil P 0,05

\*\* Différence entre traitements significative au seuil P 0,01

(3) Les valeurs ayant en indice des lettres différentes, diffèrent significativement : pour les minuscules au seuil P 0,05  
pour les majuscules au seuil P 0,01

Pour l'ensemble des périodes expérimentales (précollecte, collecte) et pour une alimentation égalisée, les résultats concernant la croissance des mâles castrés vont dans le même sens que ceux obtenus lors de l'expé-

rience en lots. C'est l'ensemble de la digestibilité du régime qui est détériorée lors de l'introduction de farine de corne dans le régime : cependant, alors que la digestibilité de la matière sèche, de la matière organique et des principes énergétiques n'est que faiblement déprimée (environ deux points : dépression significative), c'est surtout la digestibilité de l'azote qui est sensiblement diminuée (cinq points). Par contre, le coefficient de rétention azotée n'est en rien modifié, ce qui signifie que les acides aminés provenant de la farine de corne et qui sont absorbés viennent suppléer efficacement le reste des protéines. Bien entendu, le coefficient d'utilisation protéique de l'azote (C.U.P.N.) qui est la combinaison de la digestibilité et de la rétention, est altéré par la présence de farine de corne, en raison de la digestibilité diminuée de celle-ci ; il en est de même de la quantité journalière d'azote retenu. Si par différence, on tente d'évaluer la digestibilité propre de la farine de corne, il en résulte un coefficient de digestibilité de 60 p. cent environ, ce qui est faible ; le traitement d'ultra-broyage, contrairement à ce qui était attendu, n'améliore pas la digestibilité du produit.

## 2/ Expérience sur la gélatine

### a) Expérience sur animaux en lots (tableau 8) :

TABLEAU 8

RESULTATS GENERAUX DE CROISSANCE-CONSOMMATION  
NOMBRE D'ANIMAUX PAR LOT : 28 - 14 MALES CASTRES - 14 FEMELLES

	Poids moyen kg	Age moyen j.
- Début d'expérience . . . . .	29,8	96
- Fin période de croissance . . . . .	60,0	161
- Fin d'expérience . . . . .	99,5	220

LOT OU REGIME	1 TEMOIN	2 GELATINE	MOYENNE	SIGNIFICATION STATISTIQUE $S_{\bar{x}}$ ( ) 1	
<b>Période de croissance 30-60 kg</b>					
- Gain moyen journalier, g	Mâles castrés . . . . . Femelles . . . . . Moyenne . . . . .	492 477 484	472 466 469	482 471 476	11,3 (12,6)
- Consommation moyenne journal., kg aliment frais	Mâles castrés . . . . . Femelles . . . . . Moyenne . . . . .	1,80 1,75 1,77	1,75 1,78 1,76	1,77 1,76 1,76	- -
- Indice de consommation, kg aliment/kg gain	Mâles castrés . . . . . Femelles . . . . . Moyenne . . . . .	3,72 3,74 3,73	3,72 3,84 3,78	3,72 3,79 3,75	0,08 (11,7)
<b>Période de finition 60-100 kg</b>					
- Gain moyen journalier, g	Mâles castrés . . . . . Femelles . . . . . Moyenne . . . . .	589 631 610	607 661 634	598 646 622	11,7 (10,0)
- Consommation moyenne journal., kg aliment frais	Mâles castrés . . . . . Femelles . . . . . Moyenne . . . . .	2,51 2,63 2,57	2,53 2,57 2,55	2,52 2,60 2,56	- -
- Indice de consommation, kg aliment/kg gain	Mâles castrés . . . . . Femelles . . . . . Moyenne . . . . .	4,28 4,23 4,25	4,17 3,93 4,05	4,22 4,08 4,15	0,07 (8,7)
<b>Période totale 20-100 kg</b>					
- Gain moyen journalier, g	Mâles castrés . . . . . Femelles . . . . . Moyenne . . . . .	539 552 545	538 557 547	538 554 546	8,1 (7,8)
- Consommation moyenne journal., kg aliment frais	Mâles castrés . . . . . Femelles . . . . . Moyenne . . . . .	2,16 2,18 2,17	2,14 2,16 2,15	2,15 2,17 2,16	- -
- Indice de consommation, kg aliment/kg gain	Mâles castrés . . . . . Femelles . . . . . Moyenne . . . . .	4,03 4,00 4,01	3,97 3,88 3,92	4,00 3,94 3,97	0,05 (7,3)

(1) idem tableau 6.

La substitution de gélatine à une partie du tourteau de soja se traduit par une légère dépression (non significative) et de la vitesse de croissance durant la période de croissance, et au contraire par une accélération de ce paramètre durant la période de finition ; les mâles castrés et les femelles réagissent dans le même sens. Ces variations peu sensibles de la croissance ne sont associées à aucune modification perceptible de la consommation. Tout au plus, peut-on noter une légère amélioration de l'indice de consommation dans le lot "gélatine" pendant la période de finition. Pour l'ensemble de la croissance-finition, on ne constate plus aucune différence entre lots expérimentaux, ni entre sexes, l'avance prise par les castrats pendant la période de croissance étant rattrapée par les femelles pendant la période de finition. A noter d'ailleurs la médiocrité des performances des animaux pour l'ensemble des périodes et des traitements expérimentaux.

Au niveau de la composition corporelle, les seules différences sensibles, quoique non significatives, concernent les mâles castrés dont l'adiposité est un peu plus marquée quand ils reçoivent le régime contenant de la gélatine : ce fait est perceptible au niveau des pourcentages de bardière et de panne, au niveau de l'épaisseur de lard et du rapport longe sur bardière. Par contre, les femelles qui, comme à l'accoutumée, sont plus maigres que les mâles castrés, ne présentent aucune différence selon le régime ingéré.

*b) Expérience de digestibilité ( tableau 9 ) :*

Les résultats concernant les paramètres zootechniques touchant les castrats sont confirmés en cages de digestibilité. Pour les animaux en période de croissance (35 kg de poids vif environ) la substitution de gélatine au tourteau de soja ne modifie en rien les digestibilités de la matière sèche, de la matière organique, des principes énergétiques et des matières azotées ; par contre, elle provoque une altération sensible du coefficient de rétention azotée et par suite du coefficient d'utilisation pratique de l'azote ; il en résulte une rétention journalière d'azote amoindrie. L'altération de ce critère signifie que le profil des acides aminés absorbés en provenance de la gélatine ne supplémente pas efficacement le mélange des céréales et du soja constituant le régime de base.

**TABLEAU 9**  
RESULTATS GENERAUX DE CROISSANCE-CONSOMMATION  
NOMBRE D'ANIMAUX PAR LOT : 4

	Poids moyen kg	Age moyen j.
- Début précollecte . . . . .	28,1	90
- Début collecte . . . . .	31,2	97
- Fin collecte . . . . .	36,8	107

LOT OU REGIME	1 TEMOIN	2 GELATINE	SIGNIFICATION STATISTIQUE $S_x ( ) 1$
<b>a) Croissance et consommation</b> (période totale, durée 17 j).			
- Gain moyen/j, g. . . . .	526	503	37,3 (14,5)
- Consommation moyenne journalière, g. matière sèche. . . . .	1301	1300	- -
- Indice de consommation, kg mat.sèche/kg gain	2,49	2,62	0,20 (15,7)
<b>b) Digestibilité et utilisation métabolique</b>			
- CUDa (2) Matière sèche . . . . .	79,27	79,42	0,36 (0,9)
- CUDa (2) Matière organique. . . . .	81,51	81,35	0,27 (0,7)
- CUDa (2) Energie . . . . .	79,39	79,02	0,37 (0,9)
- CUDa (2) Azote. . . . .	77,87	78,19	0,47 (1,2)
- CUPn (2) . . . . .	43,23	36,90	2,41 (12,0)
- C.R.N. (2) . . . . .	55,52	47,08	2,97 (11,6)
- N retenu en g/jour . . . . .	17,33	15,42	0,98 (12,0)

(1) idem tableau 6.

(2) C.U.D., C.R.N., CUPN (cf. tableau 7).

## DISCUSSION ET CONCLUSIONS

### 1°/ "Kératines"

L'analyse des données zootechniques fait ressortir que l'administration de farine de corne, en substitution partielle au soja, ne s'avère défavorable que chez les mâles castrés et durant la seule période de croissance. Ce fait ne peut être attribué à la seule diminution, peu sensible, de la consommation, mais bien plus vraisemblablement à la dépression de digestibilité de l'énergie, et surtout des matières azotées qui s'y ajoute. La combinaison de ces facteurs aboutit à une dépression de la croissance et à une détérioration de l'indice de consommation. Chez les femelles, on assiste à un phénomène inverse : il se produit un accroissement de la consommation qui vient compenser la perte partielle de digestibilité de l'énergie liée à la présence de kératine dans le régime. Il en résulte que la vitesse de croissance n'est pas modifiée par cette substitution de kératine au soja.

Pendant la période de finition, les castrats ne semblent plus ressentir défavorablement l'introduction de farine de corne dans le régime ; ce fait peut être lié à la présence dans le régime d'un apport azoté relativement large vis-à-vis des besoins de cette période de croissance, la diminution de digestibilité ne portant alors que sur un excès relatif d'azote. Ceci est vrai également pour les femelles qui présentent en outre (et c'est exceptionnel pour cette période de leur vie) une consommation nettement plus élevée que celle des mâles castrés. Pour les femelles, la plus mauvaise valeur nutritive des régimes contenant de la kératine ne se traduit plus qu'au niveau de la composition corporelle, avec une tendance à une adiposité plus élevée.

Dans l'ensemble, on peut toutefois se demander si la farine de corne utilisée aurait présenté une aussi bonne valeur de supplémentation pour des animaux à haute vitesse de croissance, qu'ils soient femelles ou castrats.

Quoiqu'il en soit, il ressort de cette expérience qu'au moins pendant la période de finition, une farine de corne ayant subi une dessiccation prolongée à température modérée est susceptible de remplacer correctement une partie des protéines nobles du régime. Cette conclusion va dans le même sens que celle d'autres auteurs : ainsi des poils hydrolysés de porcs peuvent, sans inconvénient, être introduits en remplacement du soja à raison de 2 ou 3 p. cent dans les régimes de jeunes porcs (KORNEGAY et THOMAS, 1973) et à raison de 2 à 5 p. cent, comme les farines de plumes, dans les régimes du poulet (MORAN et al., 1966, 1967 ; MORAN et SUMMERS, 1968 ; SUMMERS, 1968 ; GEHLE et al., 1967). Il faut cependant insister sur la très grande importance des traitements technologiques nécessaires pour la bonne valorisation biologique de ces produits ; ainsi, selon MORRIS et BALLOUN (1973), l'augmentation du temps (30 à 60 minutes) et de la pression de cuisson (2,8 à 3,5 kg/cm<sup>3</sup>) permet d'améliorer la valeur alimentaire globale de la farine de plumes pour la volaille. Les traitements semblent cependant ne pas agir de façon parallèle sur la valeur biologique et la digestibilité : l'augmentation de pression (passage de 3 à 4,5 atm.) combinée à une réduction du temps d'exposition (passage de 75 à 45 minutes) se traduit chez le rat par l'augmentation de la digestibilité et une réduction de la valeur biologique (par destruction de cystine) (EGGUM, 1970). A partir de ces faits montrant l'influence des traitements technologiques, on peut comprendre la diversité des résultats enregistrés par diverses équipes, tant sur le plan des critères zootechniques que sur celui des critères métaboliques. Ainsi la digestibilité de la farine de corne peut être estimée, dans la présente expérience, à 60 p. cent environ ; elle est très inférieure à celle de la farine de plumes hydrolysées tant pour le porc (BOEVE et al., 1973) que pour le poulet (MEKADA et EBISAWA, 1972) et sensiblement inférieure à celle définie chez le porc pour la farine de corne hydrolysée (LEROY et LÉRY, 1947). Par contre, si l'on en juge par le coefficient de rétention azotée, la valeur de supplémentation de l'azote absorbé vis-à-vis de celui des céréales correspond à celle du tourteau de soja, ce qui confirme les données trouvées chez d'autres espèces lors de traitements appropriés de kératine (EGGUM, 1970). On peut ainsi considérer que le problème essentiel posé par la kératine considérée concerne avant tout la digestibilité de l'azote et plus précisément de certains acides aminés, cette caractéristique n'étant pas modifiée par l'ultrabroyage utilisé. La barrière intestinale une fois traversée, les acides aminés de cette protéine présentent un profil convenable pour compléter les mélanges d'acides aminés absorbés à partir d'un mélange de céréales et de soja, tout au moins lorsque le taux de protéines dans le régime est relativement élevé.

### 2°/ Gélatine

C'est, semble-t-il, l'inverse de ce qui se passe pour la kératine qui se produit pour la gélatine. Autant la digestibilité de cette protéine est élevée et ne paraît pas entraîner d'abaissement de la digestibilité tant énergétique qu'azotée du régime, autant sa valeur de supplémentation vis-à-vis des matières azotées du régime de base est mauvaise, ce qui se traduit par une dépression marquée de la rétention azotée.

Cependant, il faut souligner que la dépression du coefficient d'utilisation pratique de l'azote ne se répercute pas au niveau des critères zootechniques (sauf la tendance à l'adiposité des mâles castrés) dans la présente expérience : on peut associer ce fait à l'accroissement du taux azoté du régime à la suite du remplacement d'une partie du soja par la gélatine, ce qui vient compenser en partie la diminution de valeur nutritive des protéines du régime. On peut supposer, compte tenu du déséquilibre marqué des acides aminés de la gélatine que tel n'aurait pas été le cas si le remplacement du soja par la gélatine avait été très précisément isoazoté, et si le taux azoté du régime n'avait pas été si élevé.

\*

\*   \*

En définitive, on peut conclure que lors d'emploi de régimes relativement riches en matières azotées bien équilibrées, la substitution à la moitié des protéines de soja (soit à 30 p. cent des matières azotées du régime de croissance, et à 25 p. cent en finition) de protéines de corne, ou de gélatine ne provoque aucune détérioration sensible des performances zootechniques des animaux recevant ces régimes. Cependant, si la composition en acides aminés provenant des protéines de corne est assez bien équilibrée, leur digestibilité est faible (60 p. cent environ) et sensiblement inférieure à celle des protéines du soja. Le traitement d'ultrabroyage ne modifie en rien les composantes de digestibilité et de rétention azotée de ces protéines. Dans le cas de la gélatine au contraire, si la digestibilité des protéines est élevée, leur valeur de supplémentation est mauvaise en raison des déséquilibres profonds entre acides aminés. Dans les deux cas, on peut penser que l'influence pratiquement nulle de la substitution au soja de ces sous-produits dans la ration des animaux est liée, à la fois à la relative richesse en azote des régimes qui masque les déséquilibres d'acides aminés, et la médiocrité des performances des animaux utilisés ; dans le cas plus particulier de la gélatine, l'apport quantitatif du substitut d'azote, dépassant largement la quantité d'azote remplacée en provenance du soja, a pu compenser le mauvais équilibre de ses acides aminés.

## REMERCIEMENTS

A Messieurs B. GIBOULOT et J.P. MELCION pour la réalisation de la partie technologique de l'étude et au personnel de la Fabrique de Mélanges Alimentaires Expérimentaux de la Minière.  
I.N.R.A. 78000 GUYANCOURT.

## BIBLIOGRAPHIE

- BLOCK R.J., WEISS K.W., 1954. Amino acid Hand book. Methods and results of protein analysis. CH. C. THOMAS, ed., Springfield.
- BOEVE J., SMITS B., DAMMERS J., 1973. Digestibility by pigs of some products of animal origin. Verteerbaarheid bij varkens van enkele producten van dierlijke oorsprong. Verslagen van Landbouwkundige onderzoekingen, n° 808, 17 pp. I S B N 90 220 - 04880. Inst. VEE Voedingsonderzoek Hoorn, Netherlands.
- EGGUM B.O., 1970. Evaluation of protein quality of feather Meal under different treatments. *Agric. Scand.*, 20, 230-234.
- GEHLE M.H., SPEERS G.M., MILLER D.L. and BALLOUN S.L., 1967. Nutritive value of hydrolyzed hog hair as a protein source for chicks and poults. *Poultry. Sci.*, 46, 156-164.
- HARVEY D., 1970. Tables of the amino acids in Foods and Feedingstuffs. Techn. Communication n° 19. Commonwealth Bureau of Anim. Nutrition. Bucksburn Aberdeen.
- KORNEGAY E.T. and THOMAS H.R., 1973. Evaluation of hydrolyzed Hog hair Meal as a protein Source for swine. *J. Anim. Sci.*, 36, 2, 279-284.

- LEROY A.M. et LERY G., 1947. Utilisation des déchets de corne hydrolysés pour l'alimentation du Porc. *Ann. Agronomiques*. 2ème trimestre 1947.
- MEKADA H., EBISAWA S., 1972. Effects of feather meal on growth of chicks. *Jap. Poultry Sci.* 9 (1) 25-30.
- MEKADA H., EBISAWA S., FUTAMURA K., 1972. Measurement of nutritional value of protein source by gross protein value method. *Jap. poultry Sci.* 9, (6) 267-273.
- MOORE S., SPACKMANN D.H., STEIN W.H., 1958. Chromatography of amino acids on Sulfonated polystyrene résins. *Analyt. chem.*, 30, 1185-1190.
- MORAN E.T. (Jr.) and SUMMERS J.D., 1968. Keratins as Sources of Protein for the growing chick. 4. Processing of tannery by product cattle hair into a nutritionally available high protein meal : metabolizable energy, amino acid composition and utilisation in practical diets by the chick. *Poultry Sci.*, 47, 570-576.
- MORAN E.T. (Jr.) and SUMMERS J.D., 1968. Keratins as Sources of protein for the growing chick. 5. Practical application of feather and hog hair meal in broilers diets : effects on growth, feed utilization and carcass quality. *Poultry Sci.* 47, 940-945.
- MORAN E.T. (Jr.), BAYLEY H.S. and SUMMERS J.D., 1967. The metabolizable energy and amino acid composition of raw and processed hog hair meal with emphasis on cystine destruction with autoclaving. *Poultry. Sci.* 46, 456-465.
- MORAN E.T. (Jr.), SUMMERS J.D. and SLINGER S.J. 1966. Keratin as a source of protein for the growing chick. 1. Amino acid imbalance as the cause for inferior performance of feather meal and the implication of disulfide bonding in raw feather as the reason for poor digestibility. *Poultry. Sci.* 45, 1257-1266.
- MORAN E.J. (Jr.), SUMMERS J.D. and SLINGER S.J., 1967. Keratins as sources of protein for the growing chick. 2. Hog hair, a valuable source of protein with appropriate processing and amino acid balance. *Poultry. Sci.* 46, 548-553.
- MORRIS W.C., BALLOUN S.L., 1973. Effect of processing methods on utilization of feather meal by broiler chicks. *Poultry Sci.* 52 (3) 858-866.
- PION R., FAUCONNEAU G., 1966. Les acides aminés des protéines alimentaires. Méthodes de dosage et résultats obtenus. *Cahier A.E.C. n° 6*, 155-175.
- RERAT A., HENRY Y., 1969. Supplémentation des céréales par les acides aminés chez le Porc pendant la période de finition. *Journées Rech. Porcine en France*, 143-149, I.N.R.A., I.T.P. éd. Paris.
- RERAT A., HENRY Y., BOURDON D., 1975. Valeur de la farine de sang en remplacement du tourteau de soja dans les régimes du Porc en croissance-finition. *Journées Rech. Porcine en France*, 45-52, I.N.R.A., I.T.P. éd. Paris.
- ROUTH J.I., LEWIS H.B. The enzymatic digestion of wool. *J. Biol. Chem.*, 124, 725-732.