

TRAITEMENT THERMIQUE ET QUALITÉ DES PROTÉINES DU SOJA

V. — MESURE, PAR LA MÉTHODE DES BILANS,
DE LA VALEUR BIOLOGIQUE DE L'AZOTE DES TOURTEAUX CHEZ LE PORC EN CROISSANCE

J. DELORT-LAVAL et Geneviève CHARLET-LERY
avec la collaboration technique de Michèle FISZLEWICZ, P. BEAUMATIN,
S. GUÉNEAU et F. POLINE

*Laboratoire de Recherches sur la Conservation et l'Efficacité des Aliments,
Centre national de Recherches zootechniques, I. N. R. A.
78 - Jouy-en-Josas*

RÉSUMÉ

Pour étudier l'influence du traitement thermique sur l'efficacité des protéines du soja, deux séries de mesures de bilans azotés ont été réalisées sur dix-neuf porcs en croissance (30-60 kg) recevant un régime purifié. Chacun des 10 tourteaux expérimentaux constituait la seule source de matières azotées de la ration et y était incorporé au taux de 100 g de matières azotées digestibles par unité fourragère.

L'utilisation digestive (CUD) de l'azote des tourteaux n'est réduite que par un traitement thermique intense ($\geq 130^{\circ}\text{C}$). Cette réduction entraîne une diminution corrélative de la digestibilité de la matière organique de la ration.

La valeur biologique (VB) du tourteau est, par contre, beaucoup plus sensible à la durée et à la température de cuisson. La meilleure valorisation du tourteau est obtenue par un chauffage à 110-120°C durant 20 minutes à 20 p. 100 d'humidité. La prolongation du traitement n'a qu'un effet limité, tandis que l'élévation de la température entraîne une chute rapide et profonde de la rétention azotée.

Ces résultats confirment, pour les produits bien cuits et surcuits, l'intérêt de la détermination de l'utilisation protidique nette (= VB \times CUD) de l'azote comme critère de la qualité du tourteau de soja chez le Porc.

INTRODUCTION

De nombreux travaux ont mis en évidence le rôle prépondérant du traitement thermique sur l'efficacité du tourteau de soja chez le Porc.

Dans une expérience antérieure (DELORT-LAVAL et BOZA-LOPEZ, 1964) portant sur six tourteaux industriels traités en usine à partir d'un même lot de graine, nous avons mis en évidence l'effet marquant du degré de cuisson du soja, au cours de sa

délipidation, sur l'utilisation digestive et l'utilisation nette de sa fraction protéique chez le Porc entre 25 et 90 kg et l'intérêt de certains tests physico-chimiques (fixation du rouge de crésol, solubilité tryptique corrigée) pour la prévision de la valeur azotée du tourteau. En raison de la difficulté de modifier, au stade industriel, les paramètres du traitement, cette recherche a été systématiquement poursuivie en atelier expérimental (ZELTER et DELORT-LAVAL, 1971) pour tenter de définir le rôle des principaux paramètres de la cuisson (durée, température, humidité) sur l'efficacité de l'azote du tourteau de soja pour diverses espèces animales.

La présente étude regroupe les résultats obtenus chez le Porc en croissance sur dix des produits ainsi fabriqués.

MATÉRIEL, ET MÉTHODES

Les essais ont porté sur deux séries de tourteaux (série A : 41 à 44 ; série C : 51 à 56) dont la technologie et la composition sont indiquées par ailleurs (ZELTER et DELORT-LAVAL, 1971).

Le tourteau de soja, seule source de protéines, est distribué de façon à fournir, dans le régime, un taux de 100 g de matières azotées digestibles par unité fourragère. Il complète un aliment ternaire composé de :

Amijel	44
Amidon industriel de maïs	5
Cérélose	27
Poudre de papier-filtre	8
Sucre de betterave	4
Huile de maïs	3
Mélange minéral	8
Mélange vitaminique B et C sur support d'amijel	1
	100

La composition des mélanges minéral et vitaminique a été donnée dans un mémoire antérieur (DELORT-LAVAL *et al.*, 1963). Un supplément vitaminique A (3 000 UI) et D (500 UI) est distribué journellement sous forme de solution huileuse. La ration quotidienne, calculée sur la base de 4 p. 100 du poids vif de l'animal, est distribuée en 2 fois, sous forme humide ; les refus sont pesés après chaque repas.

La valeur biologique des tourteaux est déterminée par la technique de THOMAS-MITCHELL (MITCHELL, 1923-1924). Chaque essai comporte deux périodes successives en régime azoté et s'achève par une période protéoprive pour la mesure des dépenses endogènes. La durée des mesures de bilan est de huit jours après un temps d'adaptation au moins égal. Ce schéma expérimental court nous est en effet apparu, pour diverses raisons, comme le plus efficace (DELORT-LAVAL *et al.*, 1967).

Les essais portent sur 4 groupes de porcs mâles castrés, de race *Large White*, soit huit animaux pour la première série (série A) de tourteaux et onze dans la seconde (série C). En raison de l'importance prépondérante de l'âge et du poids de l'animal sur le résultat de la mesure (DELORT-LAVAL et ZELTER, 1963) tous ces porcs sont mis en expérience à un poids voisin de 30 kg.

Les animaux sont placés en cages à métabolisme individuelles, inspirées du modèle décrit par FARRIES et OSLAGE (1961). Les techniques de conservation et d'analyse des échantillons de fèces et d'urine ont été précédemment décrites (DELORT-LAVAL *et al.*, 1963).

Le poids des animaux au cinquième jour du bilan et leur croissance au cours de cette période sont déterminés par analyse de régression à partir d'au moins 4 pesées encadrant la période du bilan.

Pour le calcul de la valeur biologique, l'évaluation des dépenses endogènes s'effectue sur la base de travaux antérieurs du laboratoire (ZELTER et CHARLET-LERY, 1961). L'azote métabolique fécal est rapporté à la matière sèche fécale. Le calcul de la dépense endogène urinaire, rapportée à la taille métabolique ($P^{0,75}$) de l'animal, tient compte du délai qui sépare la période endogène des périodes expérimentales.

RÉSULTATS

Les résultats moyens journaliers par période et par animal sont regroupés dans les tableaux 1 a pour les tourteaux de la série A, et 1 b pour ceux de la série C. Les divers coefficients d'utilisation de l'azote des tourteaux sont donnés dans les tableaux 2 a et 2 b.

TABLEAU 1 a

Résultats moyens journaliers par période et par animal
Série A

Période	Tourteau Animal	Poids vif (kg)	Gain moyen (kg/j)	MSI (kg)	g MSI P 0,76	CUD MS (%)	Azote (g)			
							ingéré	urinaire	fécal	Bilan apparent
I-1	41 AC	37,4	0,61	1,31	86,8	83,9	30,4	10,9	6,5	12,9
	42 AD	36,6	0,59	1,30	87,8	83,6	30,5	13,7	6,3	10,5
	43 AE	33,7	0,48	1,23	87,9	83,7	28,6	13,3	5,5	9,8
	44 AG	34,9	0,39	1,30	90,3	83,2	30,8	18,0	7,6	5,3
I-2	42 AC	47,8	0,54	1,70	93,4	85,0	41,5	16,6	7,2	17,7
	41 AD	46,2	0,63	1,65	93,2	85,2	40,1	18,5	7,4	14,3
	44 AE	40,0	0,38	1,51	95,0	83,4	36,4	18,8	9,3	8,4
	43 AG	42,8	0,58	1,54	92,2	83,7	39,3	19,5	7,2	12,6
Protéi- prive	AC	51,9	0,10	1,86	96,4	84,2	0,9	3,7	3,2	— 6,0
	AD	50,0	0,09	1,84	97,9	81,5	0,9	3,5	3,5	— 6,1
	AE	42,1	0,04	1,91	115,8	86,3	1,0	2,9	3,0	— 4,9
	AG	46,0	0,07	1,72	97,2	82,8	0,9	3,4	3,2	— 5,7
II-1	42 AI	32,0	0,36	1,25	92,6	82,4	29,1	12,0	6,9	10,1
	43 AJ	37,0	0,41	1,46	97,3	82,8	33,2	15,0	7,5	10,7
	44 AK	34,3	0,31	1,36	95,8	81,1	33,0	18,4	9,6	5,0
	41 AM	34,8	0,40	1,27	88,8	83,7	30,4	12,9	6,8	10,7
II-2	41 AI	39,4	0,57	1,62	103,2	83,2	37,4	18,2	8,2	11,0
	44 AJ	43,7	0,44	1,73	101,8	81,5	43,1	23,7	11,9	7,5
	43 AK	42,0	0,67	1,70	103,0	84,6	39,5	20,2	8,0	11,4
	42 AM	42,8	0,63	1,64	98,2	85,1	38,8	15,8	7,8	15,2
Protéi- prive	AI	42,2	0,30	1,40	84,3	83,2	0,7	2,3	2,7	— 4,3
	AJ	46,6	0,21	1,50	84,3	83,1	0,8	2,4	2,7	— 4,3
	AK	45,1	0,06	1,39	79,9	83,5	0,7	2,5	2,6	— 4,4
	AM	46,0	0,12	1,48	83,6	84,8	0,7	2,8	2,6	— 4,7

A. — Gain de poids journalier

La croissance d'animaux placés en cages à métabolisme individuelles durant des périodes courtes est, en règle normale, considérée comme peu significative. Cependant, les gains de poids obtenus au cours de ces essais recourent en moyenne ceux du bilan azoté.

TABLEAU I b

Résultats moyens journaliers par période et par animal
Série C

Période	Tourteau Animal	Poids vif (kg)	Gain moyen (kg/j)	MSI (kg)	g MSI P ^{0,75}	CUD MS (%)	Azote (g)			
							ingéré	urinaire	fécal	Bilan apparent
III-1	52 BA	37,7	0,48	1,39	91,4	82,8	30,1	10,9	6,0	13,2
	51 BB	38,7	0,49	1,39	89,7	83,2	32,3	12,3	6,7	13,4
	54 BD	34,6	0,49	1,31	91,6	83,8	27,6	9,4	6,4	11,8
	53 BE	39,0	0,56	1,40	89,7	83,7	30,1	9,7	5,8	14,6
	53 BF	33,3	0,45	1,32	105,3	83,5	28,3	11,0	6,4	11,0
III-2	51 BA	46,9	0,42	1,67	93,2	83,0	34,2	11,3	7,4	15,6
	52 BB	47,7	0,57	1,67	91,8	83,8	34,3	11,2	6,5	16,6
	51 BD	44,6	0,42	1,69	97,7	84,2	34,2	11,0	8,0	15,2
	52 BE	47,6	0,48	1,67	92,3	84,1	34,3	10,5	7,5	16,3
	54 BF	42,3	0,49	1,67	100,6	84,6	34,7	12,2	7,2	15,3
Protéi- prive	BA	49,2	0,15	1,75	94,1	82,8	0,9	3,7	3,5	— 6,4
	BB	50,4	0,09	1,61	85,2	82,8	0,8	3,5	3,0	— 5,7
	BD	46,0	0,2	1,61	91,0	84,8	0,8	3,3	3,2	— 5,7
	BE	42,3	0	1,74	92,1	82,8	0,9	3,7	3,6	— 6,5
	BF	45,1	0	1,52	87,4	82,6	0,8	3,3	3,6	— 6,1
IV-1	56 BG	33,2	0,35	1,23	89,1	82,2	28,3	12,8	8,2	7,3
	55 BH	32,4	0,39	1,23	90,4	83,2	26,5	10,6	6,3	9,7
	53 BI	29,3	0,40	1,12	88,9	82,3	24,2	8,4	6,0	9,7
	54 BJ	32,3	0,44	1,23	90,4	83,8	26,7	7,5	6,9	12,4
	56 BK	30,7	0,32	1,23	93,9	82,3	28,2	13,4	7,2	7,6
55 BM	38,7	0,37	1,23	79,4	84,6	26,5	10,2	5,7	10,7	
IV-2	56 BG	39,0	0,31	1,47	94,2	80,4	35,7	15,4	10,3	10,0
	53 BH	38,9	0,33	1,46	93,6	82,8	33,2	11,6	6,5	15,1
	56 BI	35,3	0,40	1,47	101,4	81,7	35,7	15,6	9,0	11,1
	55 BJ	39,2	0,39	1,47	93,6	81,9	33,1	12,1	7,5	13,4
	54 BK	36,9	0,37	1,47	98,0	83,1	33,7	11,2	6,5	16,0
55 BM	45,4	0,39	1,47	84,0	83,7	33,1	13,8	6,0	13,3	
Protéi- prive	BG	40,3	0,01	1,37	85,6	83,6	0,7	2,3	2,9	— 4,5
	BH	41,7	0,13	1,37	83,5	83,6	0,7	2,4	3,2	— 5,0
	BI	36,9	0,07	1,23	82,0	83,4	0,6	2,0	2,8	— 4,2
	BJ	40,5	0	1,26	78,3	84,3	0,6	2,3	3,2	— 4,8
	BK	38,6	0	1,37	88,4	83,8	0,7	2,4	3,0	— 4,8
BM	48,1	0,09	1,65	90,2	83,9	0,8	2,9	3,6	— 5,7	

B. — *Digestibilité de la matière sèche et de la matière organique*

De l'examen des coefficients d'utilisation digestive de la matière sèche (tabl. 1 a et 1 b), il ressort que seuls les régimes contenant les tourteaux 44 et 56 sont nettement inférieurs à l'ensemble des autres rations.

De même, l'utilisation digestive de la matière organique est moindre chez les animaux consommant ces deux mêmes tourteaux, qui ont subi les cuissons les plus intenses.

TABLEAU 2 a
Efficacité de l'azote des tourteaux de soja
Série A

Animal - Période	Digestibilité apparente	Digestibilité réelle	Rétention	Valeur biologique	Utilisation protidique nette
Tourteau 41					
C : I-1	78,6	86,2	54,3	71,0	61,2
D : I-2	81,5	87,8	43,4	57,4	50,4
M : II-1	77,6	85,5	45,3	60,8	52,0
I : II-2	78,0	86,4	37,6	51,1	44,2
Moyenne	78,9	86,5	45,2	60,1	52,0
Tourteau 42					
D : I-1	79,3	86,6	43,3	60,2	52,1
C : I-2	82,6	89,4	51,6	65,2	58,3
I : II-1	76,2	84,9	45,9	60,7	51,5
M : II-2	79,8	87,1	49,0	61,8	53,8
Moyenne	79,5	87,0	47,5	62,0	53,9
Tourteau 43					
E : I-1	80,7	88,8	42,4	58,7	52,1
G : I-2	81,6	88,5	39,2	53,7	47,5
J : II-1	77,4	85,5	41,6	55,6	47,5
K : II-2	79,7	87,3	35,8	49,0	42,8
Moyenne	79,9	87,5	39,9	54,3	47,4
Tourteau 44					
G : I-1	75,3	83,4	22,4	42,0	35,0
E : I-2	74,4	82,4	30,6	47,3	39,0
K : II-1	70,9	79,7	21,3	39,2	31,2
J : II-2	72,3	80,3	24,0	38,7	31,1
Moyenne	73,2	81,5	24,5	41,8	34,0

C. — Utilisation de l'azote

Les coefficients d'utilisation digestive apparente de 8 de nos tourteaux de soja expérimentaux (41-43 ; 51-55) fluctuent entre d'étroites limites (78,0-79,9). Seuls les deux produits les plus cuits se distinguent par une chute d'environ 6 points (tabl. 2). Cette différence explique en grande partie la chute du taux de matière organique digestible, notée précédemment dans les régimes auxquels ils sont incorporés.

Déduction faite de la dépense métabolique fécale, l'utilisation digestive réelle (CUDR) de l'azote est supérieure de 7 à 10 points à l'utilisation apparente. Elle est de 87,0 pour les trois premiers tourteaux (41-43) de la série A, de 88,3 en moyenne pour les tourteaux 51 à 55 de la série B. Dans chacune de ces séries, les témoins surcuits sont nettement déclassés, puisque leurs CUDR sont de 81,5 pour le 44 et de 83,1 pour le 56.

TABLEAU 2 b

Efficacité de l'azote des tourteaux de soja

Série C

Animal - Période	Digestibilité apparente	Digestibilité réelle	Rétention	Valeur biologique	Utilisation protidique nette
Tourteau 51					
B : III-1	79,2	87,0	51,9	68,0	59,2
A : III-2	78,3	88,0	57,8	75,1	66,1
D : III-2	76,6	86,8	58,0	74,7	64,8
Moyenne	78,0	87,3	55,9	72,6	63,4
Tourteau 52					
A : III-1	80,0	89,4	54,7	72,5	64,8
B : III-2	81,0	89,5	59,7	75,2	67,3
E : III-2	78,1	87,5	60,8	77,7	68,0
Moyenne	79,7	88,8	58,4	75,2	66,7
Tourteau 53					
E : III-1	80,7	89,7	60,0	77,0	69,1
F : III-1	77,3	88,0	49,7	67,9	59,8
I : IV-1	75,2	86,4	53,8	69,9	60,4
H : IV-2	80,4	91,3	56,5	70,0	63,9
Moyenne	78,4	88,9	55,0	71,2	63,3
Tourteau 54					
D : III-1	76,8	87,0	55,6	73,8	64,2
F : III-2	79,2	89,3	55,6	71,6	63,9
J : IV-1	74,1	86,1	62,1	77,4	66,6
K : IV-2	80,7	90,8	58,8	71,6	65,0
Moyenne	77,7	88,3	58,0	73,6	64,9
Tourteau 55					
H : IV-1	76,2	87,2	47,5	64,1	55,9
M : IV-1	78,4	88,3	50,9	68,8	60,8
J : IV-2	77,3	90,3	52,7	67,9	61,3
M : IV-2	81,8	91,8	49,0	64,5	59,2
Moyenne	78,4	89,4	50,0	66,3	59,3
Tourteau 56					
G : IV-1	71,0	80,9	36,3	54,6	44,2
K : IV-1	74,4	84,8	36,1	54,0	45,8
G : IV-2	71,1	81,5	39,3	55,7	45,4
I : IV-2	74,7	85,2	41,5	55,6	47,4
Moyenne	72,8	83,1	39,6	55,0	45,7

Les plus élevées de ces données sont de l'ordre de celle (88,7) citée par COLUMBUS (1950), mais restent inférieures à la valeur (93,5) fournie par ARMSTRONG et MITCHEL (1955) ou à celle de 90,4 que nous avons obtenue sur deux tourteaux de pression industrielle par la même technique de bilan (DELORT-LAVAL et BOZA-LOPEZ, 1964).

D. — *Rétention azotée et valeur biologique*

Les coefficients de rétention et les valeurs biologiques de l'azote des tourteaux sont nettement différents d'une série à l'autre.

Dans la première série, les 4 produits testés ont été choisis sur la base de tests préliminaires *in vitro* (ZELTER, 1964) en fonction de leurs caractéristiques nettement distinctes. Deux d'entre eux (41 et 42) chauffés respectivement à 110°C et 120°C durant 20 minutes ont pratiquement la même valeur biologique (resp. 60,1 et 62,0). Par contre, celle-ci est, pour les produits 43 et 44, chauffés respectivement à 130°C et 140°C, de 54,3 et de 41,8 seulement, soit une chute de 17 p. 100 et 48 p. 100 par rapport au meilleur produit.

Dans la deuxième série, la valorisation optimum est atteinte par le produit 52, chauffé durant 20 minutes à 110°C, dont le coefficient de rétention est de 58,4 et la valeur biologique de 75,2. Par rapport à ce traitement, l'allongement de la durée de 20 minutes (53) ou l'augmentation de la température de 10°C (54) entraînent une diminution légère et non significative de la rétention (resp. — 3,4 et — 0,4 point) et de la valeur biologique (resp. — 4,0 et — 1,6 point). L'élévation de la température à 130°C a pour conséquence une dégradation plus importante de l'efficacité azotée. Le coefficient de rétention de l'azote n'est en effet, à cette température, pas supérieur à 50,0 et la valeur biologique tombe à 66,3. La durée du chauffage du tourteau à cette température joue un rôle important comme le montre l'évolution du coefficient de rétention de 50,0 (— 14 p. 100) après 10 minutes de cuisson à 39,6 (— 32 p. 100) après 40 minutes.

Entre les deux séries de tourteaux A et C, les différences de valeur biologiques sont importantes : 62 et 75 respectivement pour les produits les meilleurs. La plus élevée de ces deux valeurs recoupe celle de 75,5, obtenue dans un essai précédent (DELORT-LAVAL et BOZA-LOPEZ, 1964). Elle est également voisine de celle que permet de prévoir la composition de ce tourteau en acides aminés (ZELTER et DELORT-LAVAL, 1971) à partir de la formule proposée par OSER (1969) soit 76,0.

La faible valeur biologique obtenue dans la première série d'essais s'explique d'autant plus difficilement que la composition en acides aminés et le résultat des tests physico-chimiques (ZELTER et DELORT-LAVAL, 1971) sont très similaires.

Utilisation protidique nette.

Dans les limites du traitement mis en œuvre dans ces essais, la chaleur n'exerce pas d'action sur l'utilisation digestive des protéines du tourteau, sauf dans le cas d'une surcuisson très intense qui entraîne une résistance accrue des protéines à la protéolyse enzymatique. Par contre, au niveau de la valeur biologique, l'effet du traitement thermique est notable. De ce fait, les variations de l'utilisation protidique nette ($UPN = CUDR \times VB$) reflètent essentiellement celles de la valeur biologique : la qualité de l'azote de nos tourteaux expérimentaux serait donc surtout fonction du taux et/ou de la disponibilité d'acides aminés essentiels thermolabiles (lysine, cystine...).

Nous savons par ailleurs (DELORT-LAVAL et BOZA-LOPEZ, 1964) qu'une cuisson insuffisante entraîne également une réduction de l'utilisation protidique nette de l'azote, en agissant principalement sur son taux d'utilisation digestive. La mesure

de l'UPN de l'azote d'un tourteau apparaît donc comme un test efficace de la qualité du tourteau de soja en fonction de son traitement industriel chez le Porc en croissance.

Reçu pour publication en décembre 1970.

SUMMARY

HEAT TREATMENT AND QUALITY OF SOYBEAN PROTEIN. V. — BIOLOGICAL VALUE BY N-BALANCE METHOD IN THE GROWING PIG

The influence of the heat treatment upon the efficiency of soybean protein was studied during two series of nitrogen balance trials with 19 growing pigs (30-60 kg) receiving a purified diet. Each of the 10 experimental oil meals constituted the only protein source of the ration and was incorporated at a level of 100 g digestible protein per scandinavian feed unit.

The digestive utilization (D. U.) of the protein was only reduced by a treatment at a very high temperature ($\geq 130^{\circ}\text{C}$). This reduction produced a correlative decrease of the digestibility of the organic matter of the diet.

On the other hand, the biological value (B. V.) of the oil meal was much more sensitive to the duration and temperature of the toasting. The best value was obtained by heating the oil meal at $110-120^{\circ}\text{C}$ for 20 mn (20 p. 100 humidity). The prolongation of the treatment had only a limited effect, whereas the elevation of the temperature provoked a rapid and important decrease of the nitrogen retention.

These results confirm the fact that, for toasted and overtoasted products, the determination of the Net Protein Utilization ($= \text{B. V.} \times \text{D. U.}$) of nitrogen is a very significant criterion of quality of the soybean oil meal in the pig.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ARMSTRONG D. G., MITCHELL H. H., 1955. Protein nutrition and the utilization of dietary protein at different levels of intake by growing swine. *J. anim. Sci.*, **14**, 49-68.
- COLOMBUS A., 1950. Die Variabilität der biologischen Eiweisswertigkeit unter verschiedenen Bedingungen nach Stoffwechselfersuchen an wachsenden Schweinen. *Arch. Tierernähr.*, **1**, 38-55 ; 84-128.
- DELORT-LAVAL J., ZELTER S.-Z., 1963. Effet de la conduite du séchage à la flamme sur la valeur biologique de farines de harengs chez le Porc. *Ann. Zootech.*, **17**, 193-202.
- DELORT-LAVAL J., CHARLET-LÉRY Geneviève, DOGAN K., 1963. Efficacité de quelques protides alimentaires chez le Porc. III. Évolution de l'excrétion azotée urinaire durant la phase de réalimentation, après un jeûne protéique. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **3**, 255-262.
- DELORT-LAVAL J., BOZA-LOPEZ J., 1964. Efficacité de quelques protides alimentaires chez le Porc. V. Influence du traitement technologique sur la valeur des protéines du tourteau de soja. Validité de quelques tests biochimiques pour l'appréciation de la qualité des tourteaux. *Ann. Zootech.*, **13**, 35-50.
- DELORT-LAVAL J., CHARLET-LÉRY Geneviève, ZELTER S. Z., 1967. Méthode d'estimation de l'efficacité nutritionnelle des protéines chez le Porc en croissance. *Proc. 7th Int. Congress of Nutrition* Hanibourg, **4**, 349-356, Fried. Vieweg Vlg., Braunschweig.
- FARRIES F. E., OSLAGE H. J., 1961. Zur Technik langfristiger Stoffwechselfersuche an wachsende Schweinen. *Z. Tierphysiol. Tierernähr. Futtermittelk*, **16**, 11-19.
- MITCHELL H. H., 1923-24. A method of determining the biological value of protein. *J. Biol. Chem.*, **58**, 873-903.
- OSER B. L., 1959. In ALBANESE A. A. *Protein and amino acid nutrition*, 281-295. Academic Press, New York and London.
- ZELTER S.-Z., CHARLET-LÉRY Geneviève, 1961. Efficacité de quelques protides alimentaires chez le Porc. I. Excrétion d'azote métabolique fécal et endogène urinaire : influence du niveau d'ingestion de matière sèche, du poids corporel, de l'âge et de l'indigestible. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **1**, 29-46.
- ZELTER S.-Z., 1964. Étude des effets thermiques sur la valeur nutritionnelle des protéines de tourteau de soja. I. Comparaison de quelques mesures biochimiques (données partielles). *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **4**, 189-198.
- ZELTER S.-Z., DELORT-LAVAL J., 1971. Traitement thermique et qualité des protéines du soja. II. *Ann. Zootech.*, **20**, 17-29.