

## TRAITEMENT THERMIQUE ET QUALITÉ DES PROTÉINES DU SOJA

II. — PRÉPARATION DES TOURTEAUX EN ATELIER EXPÉRIMENTAL  
ET ESTIMATION DE LEUR DEGRÉ DE CUISSON AU MOYEN DE TESTS BIOCHIMIQUES

S.-Z. ZELTER et J. DELORT-LAVAL

avec la collaboration technique de Michèle FISZLEWICZ, S. GUÉNEAU et J. KASCHTGES

*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

Un traitement thermique modéré est nécessaire à l'amélioration de la qualité du tourteau de soja. Mais la plupart des recherches entreprises sur ce thème portent sur des produits préparés en laboratoire et leur résultat est difficilement transposable dans la pratique industrielle.

Un équipement semi-industriel de délipidation et de cuisson des tourteaux est décrit. Il rend possible l'application des principales variables du traitement thermique (température, durée, humidité) à des quantités élevées de tourteau de soja préalablement délipidé aux solvants.

L'importance relative de ces divers paramètres a été déterminée à l'aide de critères physico-chimiques d'appréciation du degré de la cuisson, et notamment des tests de *fixation du rouge de crésol* et de *solubilité tryptique corrigée* des protéines du tourteau, qui s'avèrent les plus intéressants.

Ces mêmes techniques ont servi de base à une étude critique du mode de fonctionnement de l'appareillage disponible et ont permis de définir les paramètres du traitement applicable à onze tourteaux expérimentaux, fabriqués en vue d'une détermination des effets d'une cuisson normale ou excessive sur leur efficacité pour différentes espèces animales en croissance (rat, porc, poulet de chair).

---

### INTRODUCTION

Selon bon nombre d'auteurs, la concordance entre la plupart des tests physico-chimiques d'appréciation de la qualité des tourteaux de soja et le résultat de l'essai biologique est peu satisfaisante. Les causes de ce désaccord ont déjà été évoqués (ZELTER, 1971). Les tests physico-chimiques classiques ne peuvent en effet rendre compte de l'ensemble des facteurs (origine, conditions d'entreposage et préparation de la graine, conduite du traitement thermique, etc.) qui conditionnent l'efficacité azotée de ces tourteaux.

Pour éviter l'interférence possible de ces facteurs, nous nous sommes efforcés de partir, dans chaque série d'essais, d'un même lot de graines et d'opérer avec un équipement semi-industriel fonctionnant dans des conditions connues et proches de la pratique. Sur la base d'essais antérieurs (ZELTER, 1964), plusieurs séries de tourteaux expérimentaux ont été préparées en combinant les trois variables durée, température et humidité. Ces produits, dont l'histoire technologique nous était ainsi exactement connue, ont été caractérisés de façon rigoureuse par des tests biochimiques et leur résultat relié à celui d'essais biologiques menés en parallèle sur le Rat, (LOUGNON et RÉRAT, 1971) le Poulet (CALET et GUILLAUME, 1971 ; GUTTON et ABRAHAM, 1971) et le Porc (DELORT-LAVAL et CHARLEY-LERY, 1971). En outre, on a noté l'effet de ces variantes technologiques sur l'évolution de la teneur et de la disponibilité de la méthionine, de la thiamine et de l'acide pantothenique (ADRIAN, 1971). Il nous a ainsi été possible (ABRAHAM *et al.*, 1971) d'établir entre le traitement thermique, les tests *in vitro* d'appréciation du degré de cuisson et l'efficacité biologique du tourteau de soja une triple liaison, absente de la majorité des travaux publiés à ce jour.

## MATÉRIEL, ET MÉTHODES

### A. — Appareillage

Les tourteaux de soja ont été fabriqués à l'atelier expérimental de l'Institut des Corps gras (fig. 1) dans les conditions suivantes :

#### 1. Conditionnement de la graine.

Chacun des lots de graines reçus à l'atelier et correspondant à une série d'essais a d'abord été débarrassé de ses impuretés ; puis la graine a été aplatie par passage sur cylindres finement cannelés et réduite en flocons de 0,4 ( $\pm$  0,1) mm d'épaisseur.

#### 2. Délipidation.

Les graines ainsi laminées ont été réparties en lots de 150 kg et introduites dans un extracteur discontinu où elles ont subi un préchauffage de 15 à 30 minutes à une température ne dépassant pas 90°C, température atteinte par addition d'une faible quantité de vapeur. Puis le produit a été séché sous vide durant une heure environ.

L'extraction proprement dite s'est effectuée de manière discontinue, au moyen de cycles successifs (6 en général) de remplissage, trempage et recoulage du solvant (essence B). Chacun de ces cycles a duré de 60 à 90 minutes. L'efficacité du traitement a été mesurée à chaque recoulage par dosage du taux de matière grasse dans l'effluent.

A la fin de cette opération, le solvant a été éliminé par aspiration sous vide, puis par une injection de vapeur qui a porté le produit à une température voisine de 90°C durant environ 1 heure. La graine délipidée a enfin été retirée de l'appareil. L'ensemble des lots a été homogénéisé à la pelle et réparti en charges de 30 kg envoyées au cuiseur.

#### 3. Cuisson.

Le cuiseur expérimental (fig. 2) était constitué d'un réservoir étanche chauffé par double enveloppe de vapeur. Le produit placé dans cette enceinte était constamment mû par des pales. Sa température était mesurée à intervalles réguliers, au moyen d'un thermocouple placé à la partie inférieure du cuiseur et plongeant constamment dans la masse en mouvement. Un générateur secondaire permettait d'injecter progressivement des quantités connues de vapeur : la durée d'injection nécessaire pour amener le tourteau à un taux d'humidité de 20 p. 100 dans le cuiseur était d'environ 50 minutes : c'est la raison pour laquelle, aux temps de cuisson indiqués dans ce qui suit, il convient d'ajouter toujours les 55 minutes de montée en température que l'appareillage existant nous a imposées.

A la fin de la cuisson, le produit a été vidangé dans un refroidisseur qui l'a ramené en quelques minutes à la température ordinaire.

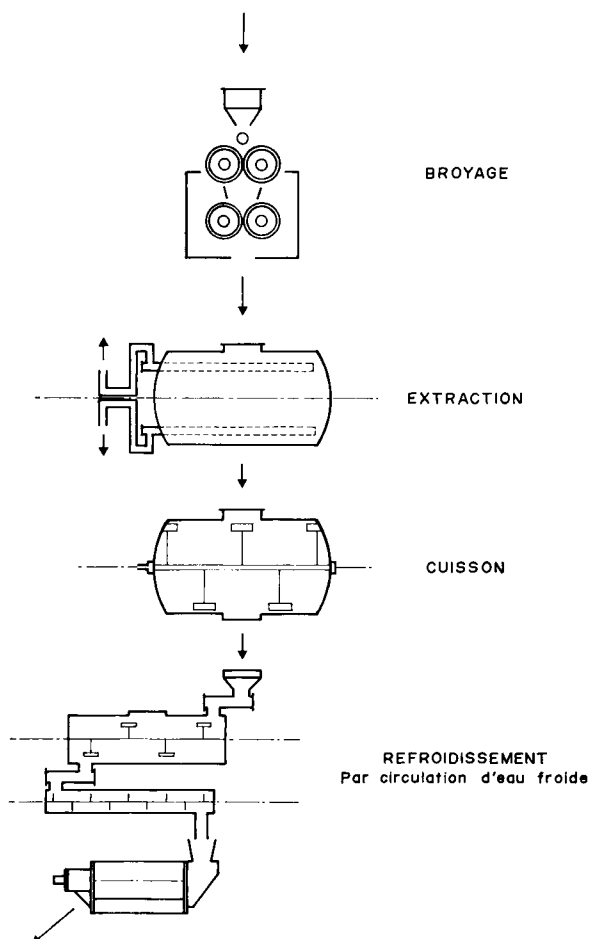


FIG. 1. — Principales phases du traitement de la graine à l'atelier expérimental

### B. — Choix des lots expérimentaux

Chacune des séries d'essais a porté sur un lot commercial de graines de variété inconnue. Le choix des variables du traitement technologique a tenu compte des données recueillies au cours d'essais antérieurs (ZELTER, 1964) ou du présent travail, dont l'exécution s'est étalée sur trois années.

1. Pour mieux connaître l'effet de la précuisson imposée par l'appareillage existant, des échantillons de tourteaux (série MT) ont été prélevés à intervalles réguliers (fig. 3 a), à partir de l'introduction du tourteau ( $t_0$ ), au cours de la montée en température ( $t_{55}$ ) et de la cuisson proprement dite. La durée de celle-ci variait entre 0 et 40 minutes ( $t_{95}$ ) et sa température entre 100°C et 140°C. La quantité d'eau ajoutée sous forme de vapeur a toujours été ajustée à 20 p. 100 du poids de matière sèche traitée.

Dans une autre série (ST), différentes températures (100°C-140°C) ont été appliquées durant 10 à 80 minutes. La quantité d'eau mise, sous forme de vapeur, en présence du tourteau a été de 0 p. 100, 12 p. 100 ou 20 p. 100 du poids sec de tourteau.

2. A partir du résultat des tests biochimiques appliqués à ces échantillons (ZELTER, 1964), 4 tourteaux (série A-41 à 44) ont été chauffés à des températures différentes (110, 120, 130, 140°C)

dans les mêmes conditions de durée (20 minutes) et d'humidité (20 p. 100). Puis 6 autres produits (série B) ont été préparés pour essayer de définir les conditions optimum de la cuisson à différentes températures. De ces produits, un seul (B-48), cuit à 120°C durant 20 minutes, a été testé sur le Poulet. Une contamination importante par des graines de purgère a en effet provoqué chez le Porc des intoxications qui ont conduit à abandonner l'essai. Un troisième ensemble de tourteaux (série C-51 à 56) lui a été substitué. Toutefois, les essais de cuisson ont été appliqués, dans ce cas, non pas à un tourteau extrait en discontinu dans l'atelier expérimental, mais à un produit cru délipidé industriellement aux solvants.

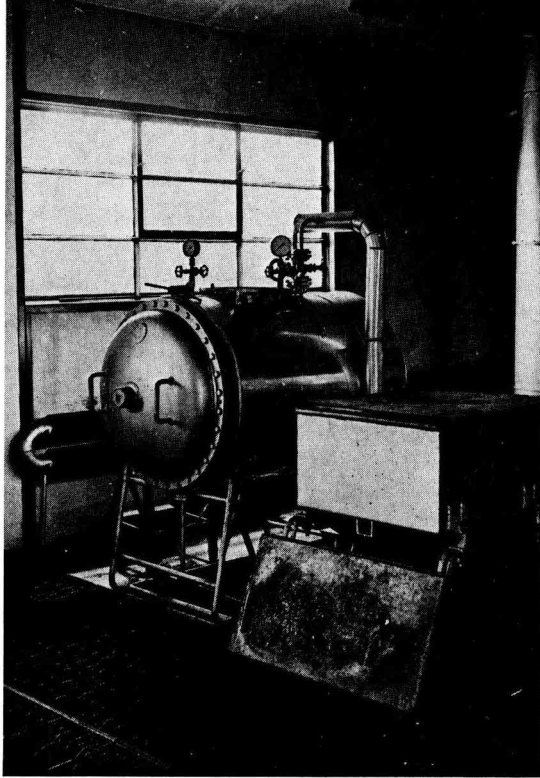


FIG. 2. — Cuiseur de l'atelier expérimental

On distingue, à la partie supérieure, l'admission de vapeur de la double enveloppe et son manomètre ; en avant, l'axe de rotation des pales (mû par un moteur). L'appareil comporte 2 orifices étanches, l'un supérieur pour l'approvisionnement, l'autre inférieur pour la vidange du tourteau.

#### C. — Composition des échantillons

Les teneurs en matière sèche, cendres brutes, matières azotées, cellulose, matières grasses ont été déterminées par les méthodes officielles d'analyse des aliments des animaux.

Le dosage des acides aminés a été effectué dans certains échantillons par chromatographie sur colonne, après oxydation performique pour les acides aminés soufrés (PION et FAUCONNEAU, 1966).

#### D. — Critères physico-chimiques d'appréciation du degré de cuisson des tourteaux

Tous les produits fabriqués ont été soumis aux tests classiques d'appréciation du degré de cuisson du tourteau de soja :

— activité uréasique, par la méthode de SCHRAMM et AINES (1959), exprimée selon une échelle logarithmique (DELORT-LAVAL et ZELTER, 1960) qui facilite l'interprétation des résultats.

a — Technologie

b — Tests biochimiques

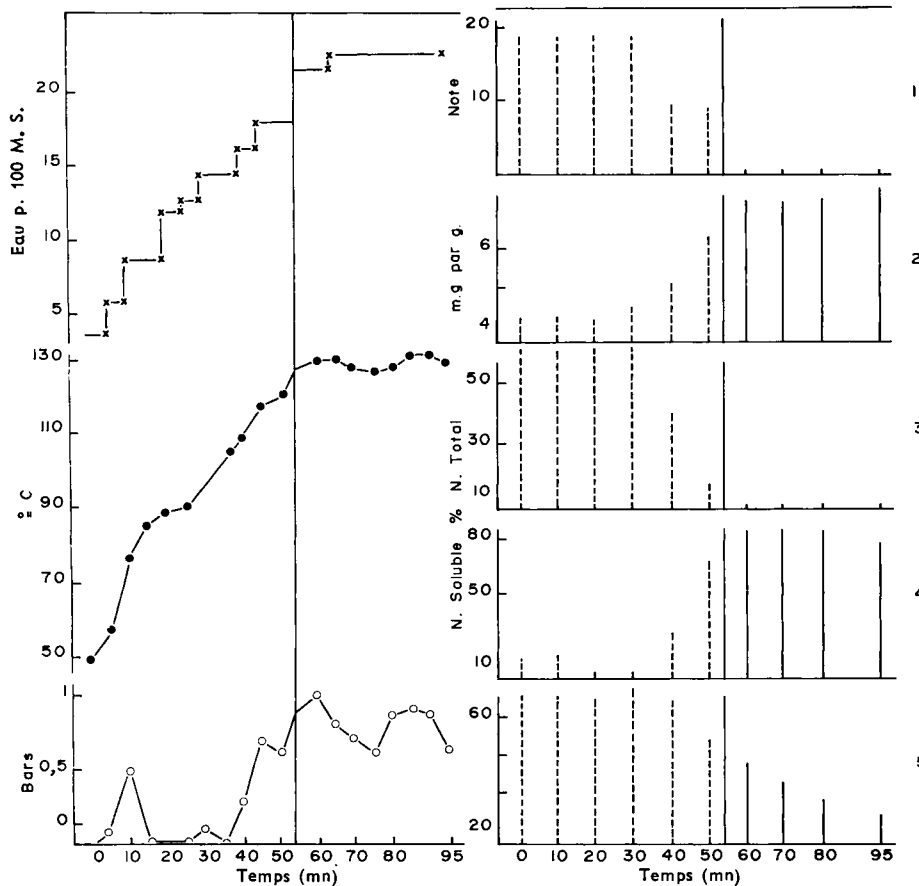


FIG. 3. — Cuisson expérimentale d'un tourteau de soja (130°C, 40 mn)

- × — × Eau ajoutée
- — ● Température dans le cuiseur
- — ○ Pression interne du cuiseur

- 1. Test urésique
- 2. Fixation du rouge de crésol
- 3. Solubilité à pH 7,7
- 4. Solubilité trypsique corrigée
- 5. Solubilité dans la soude 0,2 p. 100

— Taux de solubilité des protéines par la pepsine et l'acide chlorhydrique, en présence de 10 mg de pepsine, durant 24 heures, à pH 1,5 et sous agitation magnétique constante.

— Solubilité de la fraction protéique en l'absence et en présence de trypsine (20 mg à 8 000 U S T), la différence entre ces deux valeurs représentant le taux de solubilité trypsique corrigé (DELORT-LAVAL et BOZA LOPEZ, 1964).

— Solubilité dans la soude 0,2 p. 100 (DANGOUMAU *et al.*, 1951) ;

— fixation du rouge crésol (FRÖLICH, 1954) modifiée pour la rendre plus sensible dans la zone de surcuisson (DELORT-LAVAL et KASCHTGES, 1965).

La méthionine et certaines vitamines du groupe B ont par ailleurs été dosées sur certains de ces échantillons (séries ST, LT et C) par ADRIAN (1971).

## RÉSULTATS

1. — *Évolution de quelques critères physico-chimiques d'altération des protéines en fonction de l'intensité de la cuisson du tourteau*

Les résultats des tests biochimiques appliqués à 4 tourteaux chauffés à différentes températures pendant des durées croissantes sont groupés dans la figure 4.

a) L'activité uréasique et la solubilité dans l'eau se comportent de manière tout à fait analogue : leur altération est limitée au-dessous de 100°C ; elles décroissent ensuite brutalement et atteignent rapidement des valeurs basses (inférieures à 2 pour l'activité uréasique et à 15 p. 100 pour la solubilité dans l'eau), dont les variations n'ont plus de signification pratique. Il se confirme ainsi que ces deux tests ne permettent que d'éliminer les produits insuffisamment cuits ; ils ne constituent donc pas, à proprement parler, des critères de qualité du tourteau.

b) La solubilité de la fraction azotée dans la soude décroît plus régulièrement et entre de très larges limites (90 à 20 p. 100). L'efficacité de ce test paraît donc meilleure au plan technologique.

c) Le test modifié au rouge de crésol varie lui aussi largement. Du fait de sa sensibilité accrue dans la zone de surcuisson, il devient ainsi plus aisé de différencier les tourteaux bien cuits que par la technique originale proposée par FRÖLICH (1954). Malgré son caractère empirique, ce test détermine d'une manière simple le degré de cuisson du tourteau de soja. Son intérêt réside dans le fait qu'il permet un diagnostic rapide de la surcuisson, pour lequel il n'existait pratiquement pas jusqu'ici de méthode satisfaisante.

d) Le taux de solubilité trypsique corrigé, nul pour un produit cru, augmente progressivement, passe par un maximum et décroît ensuite avec l'élévation de la température et la durée de cuisson. Cette décroissance est également notable en présence d'une faible quantité de pepsine, pour des produits très cuits.

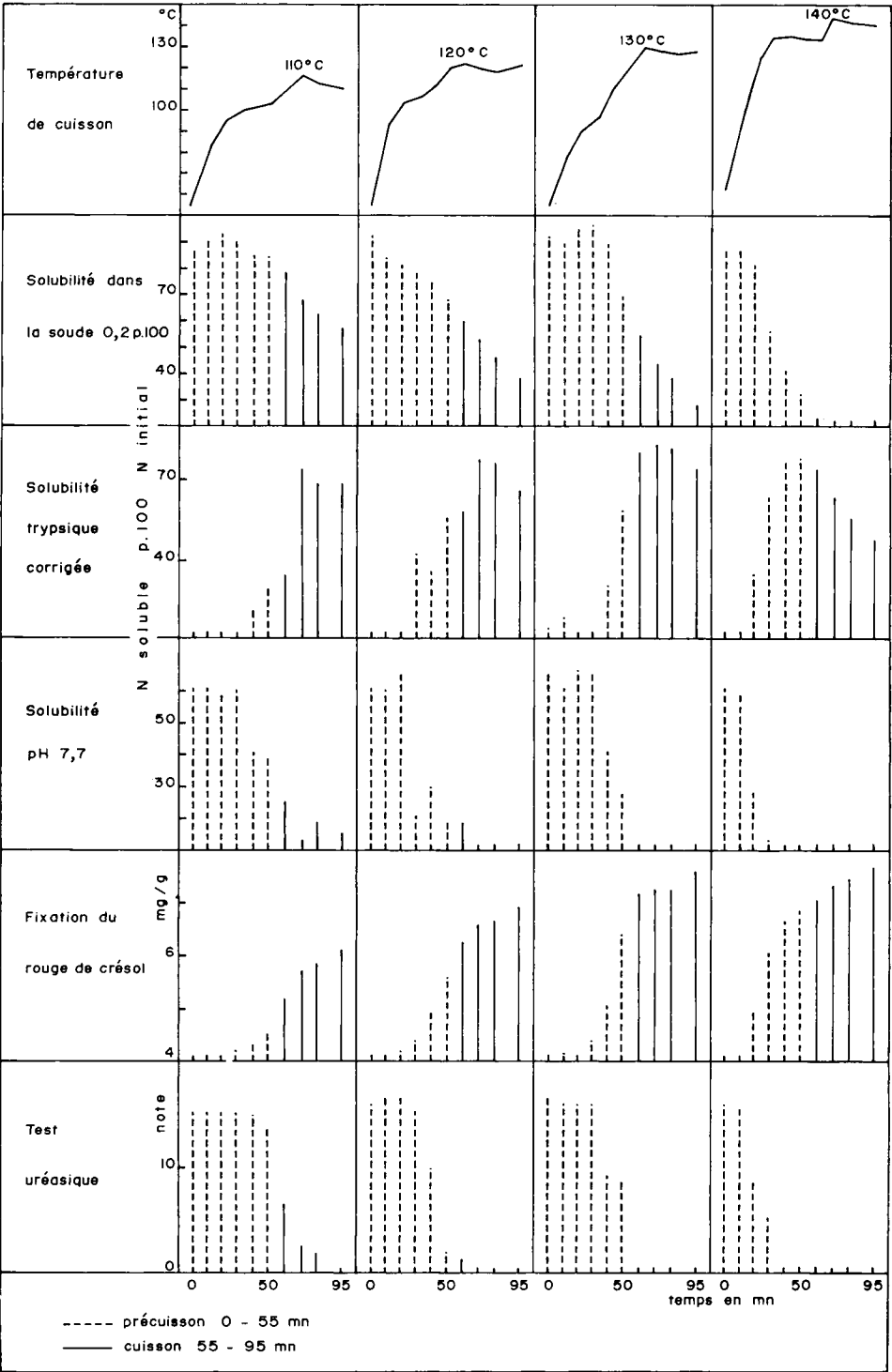
Il est donc possible d'apprécier au moyen des trois derniers tests cités l'intensité de la cuisson.

2. — *Influence des phases successives du traitement sur les caractéristiques physico-chimiques du tourteau de soja*

L'appareillage dont nous avons disposé présente certaines particularités qui ont rendu nécessaire une série de contrôles aux divers stades de la fabrication.

a) *Délipidation.*

La majeure partie des graines (série SP, MT, A et B) a été délipidée dans un extracteur discontinu. Les flocons de soja ont de ce fait subi des préchauffages de conditionnement et de désessencement qui ont pu altérer les propriétés physico-chimiques de leurs protéines. En fait, il est intéressant de noter que leurs caractéristiques physico-chimiques (tabl. 1) diffèrent peu de celles du produit (série C) d'une extraction industrielle, résultat en bon accord avec ceux de ZEITLER (1964).



Temps (mn) ——— Précuisson 0-55 mn ——— Cuisson 55-95 mn  
 FIG. 4. — Évolution de quelques tests biochimiques en fonction de la durée et de la température de cuisson du tourteau de soja.

TABLEAU I

Caractéristiques physico-chimiques de divers tourteaux de soja  
après délipidation et avant cuisson expérimentale

	Note uréasique	Rouge de crésol fixé (mg/g)	N soluble p. 100 N initial		
			Tampon pH 7,7	Trypsine pH 7,7	Soude 0,2 p. 100
<i>Atelier expérimental</i>					
Série A .....	20	4,4	63,8	72,9	89,8
Série B .....	18	4,2	64,9	74,4	—
<i>Préparation industrielle</i>					
Série C	17	4,2	69,8	73,8	—

### b) Précuisson.

La nécessité d'un contrôle précis de la quantité d'eau injectée sous forme de vapeur et la puissance limitée du générateur dont nous disposons, nous ont obligés à n'établir la cuisson proprement dite qu'à partir du délai de 55 minutes nécessaire à cette injection. Par prélèvements d'échantillons à intervalles réguliers au cours de cette phase, il est possible de suivre l'évolution de divers critères physico-chimiques en fonction du degré de cuisson (fig. 3 b) et de déterminer le rôle joué par la précuisson dans le traitement des tourteaux à l'échelle semi-industrielle. Il apparaît ainsi qu'aucun des tests appliqués à ces produits ne traduit une évolution de la matière première, tant que la température ne dépasse pas 100°C. Au-dessus de ce seuil, le résultat des tests est fonction à la fois de la durée et de la température atteinte, ce dernier facteur ayant une importance prépondérante. Les tourteaux cuits à température élevée ont donc subi dans nos conditions expérimentales un traitement plus intense que ne le laisserait supposer la durée nominale de cuisson qui les caractérise. Cette considération ne doit pas être négligée pour la comparaison de traitements à différentes températures : ainsi le tourteau « 140°C » a atteint 130°C et s'y est maintenu durant 25 minutes avant le terme ( $t_{55}$ ) qui marque théoriquement le début de la cuisson (fig. 4).

### c) Cuisson.

A partir de nombreux essais préliminaires (séries ST et MT) basés sur des critères physico-chimiques d'appréciation du degré de cuisson, trois séries (A à C) de tourteaux ont été préparées pour les essais de croissance et d'efficacité azotée sur différentes espèces. Les paramètres et le résultat des tests *in vitro* qui leur ont été appliqués sont regroupés dans le tableau 2.

Ces tests de laboratoire montrent, pour les échantillons dont les paramètres de cuisson sont les mêmes, une bonne reproductibilité (tabl. 3), malgré l'origine différente des lots de graines des diverses séries. Le résultat des mesures d'activité uréasique et de fixation de rouge de crésol par le tourteau semblent cependant indiquer une plus grande sensibilité au traitement thermique des produits de la série C.



TABEAU 2  
*Paramètres de fabrication et caractéristiques physico-chimiques des tourteaux de soja soumis aux essais biologiques*

	Durée de cuisson (mn)	Température de cuisson (°C)			Activité uréasique (note)	Test au rouge de crésol (mg/g)	N soluble p. 100 N initial			
		Théorique	Moyenne effective	Amplitude			pH 7,7	Trypsine corrigée	Soude 0,2 %	Pepsine
Série A	41	110	111	109-112	3	5,6	17,8	6,72	69,2	81,3
	42	120	121	120-122	0	6,6	9,8	80,3	46,8	74,4
	43	130	130	129-131	0	7,1	7,7	66,2	26,2	62,6
Série B	44	140	140	140-141	0	7,1	8,7	58,0	17,2	49,0
	45	120	119	113-120	2	6,5	13,0	75,1		
	46	100	101	100-103	11	5,4	39,8	37,5		
Série C	52	110	111	109-112	0	6,2	19,1	54,5		
	53	110	111	110-111	0	6,5	9,1	80,7		
	54	120	120	118-121	0	7,1	8,5	78,4		
	55	130	130	127-132	0	7,3	10,2	73,8		
	56	130	130	128-132	0	7,5	7,6	51,1		

TABLEAU 3

*Comparaison des tests in vitro sur des fabrications réalisées selon les mêmes paramètres*

N°	Série	Note d'activité uréasique	Rouge de crésol fixé (mg/g)	N soluble p. 100 N initial		
				Tampon ph 7,5	Trypsine	Soude
<i>A — Tourteaux cuits durant 20 minutes à 120°C</i>						
42	A	0	6,6	9,8	90,1	46,8
48	B	2	6,5	13,0	88,1	—
54	C	0	7,1	8,5	84,8	46,6
S 64	MT	0	6,6	9,2	88,5	50,4
<i>B — Tourteaux cuits durant 20 minutes à 110°C</i>						
41	A	3	5,6	17,8	85,0	69,2
52	C	0	6,2	19,1	73,6	68,7

### 3. — Composition des tourteaux expérimentaux

La composition des tourteaux des séries A, B, C, ayant fait l'objet d'essais sur animaux est donnée dans le tableau 4, qui montre l'homogénéité de ces produits.

TABLEAU 4

*Composition centésimale des tourteaux de soja*

Tourteau	Humidité	Cendres	Mat. azotées totales	Mat. grasses brutes (éther)	Cellulose brute
41	7,4	6,6	47,3	1,1	6,1
42	7,1	6,9	47,6	0,9	6,0
43	6,6	7,2	47,3	0,5	5,9
44	6,2	7,3	48,2	0,7	6,0
48	—	—	51,0	—	—
51	10,5	5,7	46,7	< 1	6,1
52	9,6	6,0	47,5	< 1	6,2
53	9,6	5,8	47,2	< 1	5,7
54	8,5	6,0	47,9	< 1	6,1
55	6,8	6,1	49,1	< 1	6,5
56	6,4	6,2	48,2	< 1	7,3

Les deux tourteaux A 41 et C 52, ayant subi le même traitement thermique dans les séries A et C, ont des teneurs très similaires en acides aminés essentiels (tabl. 5) ; ils diffèrent légèrement par leurs teneurs en acides aminés soufrés (3,6 g/16 g N dans le tourteau 52, contre 3,2 dans le 41).

TABLEAU 5

*Teneur de deux tourteaux de soja en acides aminés  
(g pour 16 g N)*

	Tourteaux	
	A 41	C 52
Acide aspartique .....	11,85	11,95
Thréonine .....	4,2	4,2
Sérine .....	5,3	5,25
Acide glutamique .....	19,35	19,95
Proline .....	5,3	5,35
Glycine .....	4,5	4,5
Alanine .....	4,65	4,5
Valine .....	5,20	5,45
Cystine .....	1,65	1,85
Méthionine .....	1,55	1,75
Isoleucine .....	4,9	5,0
Leucine .....	8,0	8,0
Tyrosine .....	3,6	4,0
Phénylalanine .....	5,2	5,2
Lysine .....	6,65	6,65
Histidine .....	2,8	2,65
Arginine .....	8,1	7,5

## DISCUSSION

Si, à la rigidité d'un procédé de fabrication à l'échelle industrielle, on préfère la souplesse de l'atelier expérimental, il est toutefois nécessaire d'en reconnaître les limites : difficultés d'obtenir une même efficacité par un appareillage de faibles dimensions, nécessité d'un travail discontinu peu compatible avec le modèle industriel. Ces inconvénients sont manifestes, spécialement dans deux secteurs de la fabrication, le laminage des graines et leur délipidation.

La réduction du diamètre d'une graine aplatie entre deux cylindres est un facteur déterminant de l'efficacité du traitement industriel (RACKIS, 1966). La délipidation de la graine est d'autant plus rapide et la pénétration de l'eau ou de la chaleur d'autant plus grande que le flocon est plus mince. La cuisson exerce alors une action uniforme et peut rester modérée : il n'est pas nécessaire d'imposer un traitement thermique intense, qui détériorerait les parties extérieures de la graine, pour que le noyau central atteigne une température suffisante. Dans nos conditions expérimentales, sauf pour la série C délipidée industriellement, le réglage des cylindres s'est

avéré délicat et l'épaisseur des flocons oscille autour d'une moyenne de 0,4 mm, alors que, dans la pratique industrielle, il est voisin de 0,2 mm. Il n'est pas impossible que, dans ces conditions, l'extraction de l'huile ait été rendue plus difficile et ait exigé une application de chaleur plus importante que lors d'un processus normal. Cependant, comme nous l'avons déjà indiqué, les critères physico-chimiques qui caractérisent ces produits ne permettent pas de les distinguer en fonction du traitement subi au cours de la délipidation.

Malgré toutes les limites imposées par l'appareillage existant, nous nous sommes attachés à produire, de manière constante, des échantillons très variés, dont les paramètres du traitement nous étaient exactement connus, conditions difficiles à réunir dans une unité industrielle. Il nous a été ainsi possible de disposer d'une gamme de produits variés, de suivre l'évolution des tests physico-chimiques d'appréciation de leur degré de leur cuisson et de tenter d'en comparer le résultat à la réponse de l'animal, seul critère valable pour le nutritionniste.

*Reçu pour publication en décembre 1970.*

## REMERCIEMENTS

Le contrôle de la fabrication des tourteaux a été assuré, à l'Atelier expérimental de l'Institut des Corps gras (ITERG), par son responsable M. DEFROMONT et par son collaborateur M. DOUARD. Nous tenons à leur exprimer toute notre reconnaissance pour la compétence, l'efficacité et le dévouement dont ils ont fait preuve dans cette tâche difficile, au succès de laquelle ils ont puissamment contribué.

M. PION a bien voulu procéder à l'analyse de la teneur en acides aminés de deux de nos tourteaux expérimentaux. Qu'il en soit ici bien vivement remercié.

## SUMMARY

### HEAT TREATMENT AND QUALITY OF SOYBEAN PROTEIN.

#### II. — SEMI-INDUSTRIAL PREPARATION OF SOYBEAN OIL MEAL AND ESTIMATION OF THE INTENSITY OF THE HEAT TREATMENT BY BIOCHEMICAL TESTS

A moderate heat treatment is necessary to improve the quality of soybean oil meal. But most of the research carried out on this topic concerns laboratory-prepared products and the results obtained cannot be directly applied in practice.

A semi-industrial equipment for the extraction and toasting of soybean oil meal is described, which makes possible the application of the main variables of the heat treatment (temperature, duration, humidity) to large quantities of solvent-extracted soybean oil meal.

The relative importance of the different parameters is determined by physico-chemical criteria of estimation of the intensity of the heat treatment: the dye binding test (cresol red), the corrected tryptic solubility test of the proteins seem to be particularly interesting in this respect.

Using these techniques as a basis, a critical study was made of the efficiency of our equipment, in order to define more accurately the role of different parameters of the processing of soybean oil meals. Eleven experimental products were prepared to determine the effects of a normal or excessive toasting upon the efficiency of the protein fed to different growing animals (rat, pig, chicken).

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ABRAHAM J., ADRIAN J., CALET C., CHARLET-LÉRY Geneviève, DELORT-LAVAL J., GUILLAUME J., GUTTON M., LOUGNON J., RÉRAT A., ZELTER S.-Z., 1971. Traitement thermique et qualité des protéines du soja. VIII. *Ann. Zootech.*, **20**, 75-86.
- ADRIAN J., 1971. Traitement thermique et qualité des protéines du soja. III. *Ann. Zootech.*, **20**, 31-40.
- CALET C., GUILLAUME J., 1971. Traitement thermique et qualité des protéines du soja. VI. *Ann. Zootech.*, **20**, 61-67.
- DANGOUMAU A., DEBRUYNE H., CLUZAN R., 1951. Note sur le traitement thermique du soja et du Colza. *Bull. Inf. ITERG.*, **5**, 306-310.
- DELORT-LAVAL J., ZELTER S.-Z., 1960. État actuel du problème de la qualité des tourteaux de soja et de son contrôle par des tests biochimiques. *Ind. Aliment. anim.*, **110**, 25-34.
- 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., KASCHTGES J., 1965. Modification du test de Frölich pour l'appréciation du degré de cuisson et de la surcuisson du tourteau de soja. *Rev. franç. Corps Gras*, **12**, 717-722.
- DELORT-LAVAL J., CHARLET-LÉRY Geneviève, 1971. Traitement thermique et qualité des protéines du soja. V. *Ann. Zootech.*, **20**, 53-60.
- FRÜLICH R., 1954. Reaction between phtalein dyes and heated foodstuffs. *Nature*, **174**, 879.
- GUTTON M., ABRAHAM J., 1971. Traitement thermique et qualité des protéines du Soja. VII. *Ann. Zootech.*, **20**, 69-73.
- LOUGNON J., RÉRAT A., 1971. Traitement thermique et qualité des protéines du Soja. IV. *Ann. Zootech.*, **20**, 41-52.
- PION R., FAUCONNEAU G., 1966. Les acides aminés des protéines alimentaires. Méthodes de dosage et résultats obtenus. In *Amino Acides, Peptides, Protéines*, **6**, 155-175, A. E. C., Commeny.
- RACKIS J. J., 1966. Soybean trypsin inhibitors : their inactivation during meal processing. *Food technol.*, **20**, 1482-1484.
- SCHRAMM G., AINES P. D., 1959. Colorimetric determination of urease activity in soybean meals. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **36**, 1-3.
- ZELTER S.-Z., 1964. Étude des effets thermiques sur la valeur nutritionnelle des protéines du tourteau de soja. I. Comparaison de quelques mesures biochimiques (données partielles). *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **5**, 189-198.
- ZELTER S.-Z., 1971. Traitement thermique et qualité des protéines du soja. I. *Ann. Zootech.*, **20**, 11-16.