

## ÉVALUATION DE DIVERS TRAITEMENTS TECHNOLOGIQUES DES CÉRÉALES

### VII. — UTILISATION DE MAÏS PRESSÉ, FLOCONNÉ, EXPANSÉ ET EXTRUDÉ DANS L'ALIMENTATION DE LA TRUITE ARC-EN-CIEL

P. LUQUET et F. BERGOT

avec la collaboration technique de Geneviève HANNEQUART et A. GUICHAUX

*Laboratoire de Nutrition des Poissons,  
Centre national de Recherches zootechniques, I. N. R. A.,  
78350 Jouy en Josas*

### RÉSUMÉ

Afin d'étudier l'effet de divers traitements technologiques sur l'utilisation des céréales par les salmonidés, il a été distribué à des truites arc-en-ciel, pendant vingt semaines, des régimes renfermant environ 40 p. 100 de maïs entier ayant subi, avant son incorporation, les traitements suivants : pressage, floconnage, expansion et extrusion. La croissance et les indices de transformation des lots correspondants sont comparés à ceux obtenus pour les truites recevant du maïs non traité.

Les résultats suivants ont été obtenus :

- tandis que le pressage n'entraîne aucune amélioration par rapport au témoin, l'expansion et l'extrusion procurent un gain de poids supérieur de 14 p. 100 et le floconnage de 8 p. 100 ;
- les indices de consommation et les coefficients d'efficacité protéique sont identiques, car ils ne varient respectivement que de 1,04 à 1,07 et de 2,33 à 2,41 ;
- le floconnage, l'expansion et l'extrusion entraînent une augmentation des dépôts adipeux périviscéraux.

L'action favorable de ces traitements paraît être due à une amélioration de la digestibilité de l'amidon, mais l'hypothèse de leur intervention, sur les autres constituants de cette céréale, a été avancée.

### INTRODUCTION

Les aliments naturels, généralement consommés par les salmonidés, renferment de 49 à 65 p. 100 de protéines (SCHAPERCLAUS, 1933 ; PHILLIPS *et al.*, 1956). De même, les premiers aliments composés à base de viande ou de poisson utilisés en salmوني-

culture intensive fournissaient essentiellement des protéines (WOOD *et al.*, 1957). Les truites et les saumons nécessitent, en effet, une forte incorporation de protéines dans leur ration (MERTZ, 1969) notamment pour couvrir leurs besoins énergétiques. On sait, d'après les travaux de PHILLIPS *et al.* (1948), que les salmonidés utilisent mal les glucides. NAGAYAMA et SAITO (1968) et KAWAI et IKEDA (1971), ont montré que le tube digestif des poissons omnivores, tels que la carpe, est mieux pourvu en amylase que celui des poissons carnivores tels que la daurade et la truite.

KITAMIKADO et TACHINO (1960) ont noté une activité amylasique chez la Truite arc-en-ciel dans les broyats de cæca pyloriques et à un degré moindre dans l'estomac, le foie et l'intestin. Cette activité, maximale pour un poids de 100 g, est très faible lorsque les poissons atteignent 1 000 g. La température correspondant au maximum d'activité de l'enzyme se situe vers 20-25°C, mais, même à 5°C, on retrouve une grande partie de cette activité. NAGAYAMA et SAITO (1968) et ONISHI et MURAYAMA (1969-1970), n'ont pas observé de variations d'activité avec le poids du poisson ; ils ont, en revanche, noté une activité plus élevée chez la Truite arc-en-ciel que chez les autres salmonidés et une augmentation de cette activité en période de reproduction.

L'ensemble des études effectuées jusqu'à l'heure, indique que l'utilisation digestive des amidons est très faible chez les salmonidés. Chez le saumon de fontaine, PHILLIPS *et al.* ont montré, dès 1948, que 36 heures après l'ingestion, seulement 38 p. 100 de l'amidon de maïs ingéré ont été dégradés. Chez la Truite, des travaux plus récents signalent une digestibilité inférieure à 25 p. 100 des amidons crus de maïs (SMITH, 1971), de blé (INABA *et al.*, 1963) et de pomme de terre (SINGH et NOSE, 1967). Ces auteurs ont cependant montré un effet favorable de la cuisson de l'amidon sur son utilisation digestive. Celle-ci atteint 50 p. 100 dans le cas du maïs (PHILLIPS *et al.*, 1948 ; SMITH, 1971) et même 90 p. 100 dans le cas de faibles incorporations de mie de pain (INABA *et al.*, 1963).

Dans la pratique, les amidons présents dans les aliments agglomérés destinés aux truites subissent une gélaturisation estimée à environ 10 p. 100 par STIVERS (1970) pendant les traitements classiques de pressage, au cours desquels la température monte à 65-80°C. L'utilisation des procédés d'extrusion pour la production d'agglomérés flottants entraîne une altération plus importante de la structure de l'amidon.

Compte tenu de l'effet favorable de la cuisson sur la digestibilité de cet élément, l'ensemble des traitements hydrothermiques ainsi appliqués aux aliments destinés à ces poissons devrait en entraîner une meilleure utilisation.

La présente expérience constitue une tentative de vérification de l'amélioration de l'efficacité alimentaire du maïs, incorporé à des régimes expérimentaux destinés aux truites, après avoir subi différents traitements hydrothermiques.

## MATÉRIEL, ET MÉTHODES

### *Régimes expérimentaux*

Du maïs entier ayant subi l'un des traitements suivants : pressage, extrusion, expansion ou floconnage est incorporé à raison de 43,1 p. 100 à un aliment expérimental pour truites. Les modes d'obtention et leurs conséquences sur les caractéristiques biochimiques de la céréale, traitée, sont donnés par ailleurs (DELORT-LAVAL et MERCIER, 1976).

Les performances des poissons sont comparées à celles de témoins nourris avec un régime renfermant du maïs de même origine mais non traité.

Les régimes sont isoprotéiques et renferment 40 p. 100 de protéines, dont environ le dixième, soit 4,1 p. 100 sont apportés par le maïs, le complément étant assuré par une incorporation de 42,9 p. 100 de concentré soluble de protéines de poisson. Les autres composants des régimes sont rapportés dans le tableau 1.

TABLEAU I

*Composition centésimale des régimes expérimentaux en g de matière sèche*

C.P.S.P. 80 <sup>(1)</sup> .....	42,9
Maïs <sup>(2)</sup> .....	43,1
Huile de soja .....	6
Huile de foie de morue .....	2
Mélange minéral (LUQUET, 1971) .....	3
Mélange vitaminique (HALVER, 1969) .....	2
Alginate de sodium .....	1
	100

(<sup>1</sup>) N × 6,25 = 84 p. 100 MS.  
 (<sup>2</sup>) N × 6,25 = 9,5 p. 100 MS.

Les aliments sont distribués secs sous forme de granulés de 2,5 mm de diamètre. Les repas sont donnés quatre fois par jour, en semaine, et deux fois le dimanche. L'aliment est distribué à chaque repas aussi longtemps que les truites se précipitent sur la nourriture. Le contrôle de la quantité consommée est effectuée chaque quinzaine lors de la pesée des poissons.

#### *Matériel animal*

Des truites d'un poids initial moyen de 39 g sont réparties au hasard en 5 lots de 50 poissons placés dans des bacs en matière plastique d'une contenance utile de 150 litres. Les bacs font partie d'un circuit semi-fermé et sont alimentés en eau à raison de 5 litres/mn. La température de l'eau est maintenue à 9-10°C. Les lots sont pesés chaque quinzaine après égouttage et à cette occasion un nettoyage complet des bacs est effectué. L'analyse de la composition corporelle est effectuée en début d'expérience sur les poissons entiers, et, en fin d'expérience, d'une part sur les truites éviscérées, et, d'autre part sur les tubes digestifs complets.

## RÉSULTATS

Pour faciliter l'exposé des résultats, les lots de truites ayant reçu les régimes renfermant le maïs témoin, pressé, extrudé, expansé et floconné, seront appelés respectivement : lot témoin, lot « pressé », lot « extrudé », lot « expansé » et lot « floconné ».

### 1. — *Croissance et efficacité alimentaire* (tabl. 2)

Au cours de la période expérimentale de 20 semaines, le poids des truites a été multiplié par 4. Le gain de poids du lot « pressé » est identique à celui du lot témoin (121 g). La croissance la meilleure est notée pour les lots « extrudé » et « expansé ».

Le gain de poids noté pour ces truites, égal à 137 g, est supérieur de 14 p. 100 à celui des truites du lot témoin. Les performances du lot « floconné » sont intermédiaires ; le gain de poids des truites de ce lot est de 7,6 p. 100 supérieur à celui des truites du lot témoin.

TABLEAU 2

*Efficacité des différents régimes alimentaires*

	Type de maïs incorporé				
	Témoin	Pressé	Extrudé	Expansé	Floconné
Poids moyen initial (g).....	39	38,5	39	38	39
Poids moyen final (g).....	160	157,9	176,4	175,8	169,3
Gain de poids (g).....	121	119,4	137,4	137,8	130,3
Consommation (g).....	128,3	124,1	145,6	143,3	139,4
Indice de consommation.....	1,06	1,04	1,06	1,04	1,07
Coefficient d'efficacité protéique.....	2,34	2,41	2,33	2,37	2,33
Protéines fixées/protéines ingérées.....	0,38	0,40	0,38	0,38	0,37

Les indices de consommation et les coefficients d'efficacité protéique (CEP) notés pour chacun des lots, sont, par contre, identiques. Les indices de consommation ne varient que de 1,04 à 1,07 et les CEP de 2,33 à 2,41.

Les consommations totales des lots témoin et « pressé » sont proches (128 et 124 g) ; celles des lots « extrudé » et « expansé » sont identiques et supérieures de 11 p. 100 à celles du lot témoin. La consommation des truites du lot « floconné » est intermédiaire, soit supérieure de 8,7 p. 100 à celle du lot témoin. Ces différences sont la conséquence du poids plus élevé des animaux correspondants.

2. — *Composition corporelle*

En début d'expérience, les truites entières renferment 23 p. 100 de matière sèche, soit 15,4 p. 100 de protéines, 4,6 p. 100 de lipides et 2,9 p. 100 de minéraux.

A la fin de l'expérience, la composition corporelle a été déterminée séparément, d'une part sur la carcasse éviscérée qui représente de 89 à 90 p. 100 du poids vif, et, d'autre part sur les viscères y compris le foie.

*Carcasse.*

La teneur en protéines ( $N \times 6,25$ ) de la carcasse est constante (tabl. 3). Les teneurs en matière sèche et en lipides sont également homogènes. On note, cependant, des valeurs légèrement plus faibles pour le lot « pressé » et légèrement plus élevées pour le lot « floconné ».

*Viscères.*

La teneur en protéines des lots témoin et « pressé » est de l'ordre de 12 p. 100 du poids frais tandis que celle des trois autres lots varie de 10,9 à 9,4 p. 100.

TABLEAU 3

*Composition corporelle des truites en fin d'expérience*  
(en g p. 100 du poids frais)

Type de maïs	Carcasse			Viscères + foie		
	MS	N $\times$ 6,25	Lipides	MS	N $\times$ 6,25	Lipides
Témoin	26,2	16,6	7,0	34,2	12,2	20,9
Pressé	25,8	16,9	6,2	39,4	12,4	26,0
Extrudé	26,5	16,8	7,3	42,9	10,9	31,1
Expansé	26,9	16,6	7,6	44,0	9,4	33,7
Floconné	27,1	16,6	8,1	46,2	10,0	35,4

La teneur en matière sèche varie avec le traitement. Elle est égale à 34 p. 100 pour le lot témoin, 39,4 p. 100 pour le lot « pressé », 42,9 pour le lot « extrudé », 44 p. 100 pour le lot « expansé » et 46,2 p. 100 pour le lot « floconné ».

La proportion de lipides présente une évolution parallèle à celle de la matière sèche. Elle varie de 20,9 p. 100 pour le lot témoin à 35,4 p. 100 pour le lot « floconné » ce qui représente une augmentation de 69 p. 100.

*Composition du gain de poids.*

L'incidence des dépôts adipeux au niveau des viscères, sur la fixation totale des lipides est importante, ainsi que l'indique le tableau 4. Les matières grasses représentent moins de 10 p. 100 du gain de poids pour les lots témoin et « pressé ». La part qui leur revient est de 11,3 p. 100 pour le lot « extrudé », 13,8 p. 100 pour le lot « expansé » et 13,9 p. 100 pour le lot « floconné ». Cette augmentation de l'adiposité se fait au détriment de l'hydratation ainsi que le montre la constance de la somme lipides + eau.

TABLEAU 4

*Composition du gain de poids total*  
(en p. 100 du gain de poids)

Type de maïs	Eau	N $\times$ 6,25	Lipides	Cendres
Témoin	71,7	16,4	9,7	2,2
Pressé	71,8	16,7	9,3	2,2
Extrudé	70,2	16,4	11,3	2,1
Expansé	69,9	15,9	12,1	2,1
Floconné	68,1	16,0	13,8	2,1

## DISCUSSION

L'élimination du gaspillage et, par conséquent, le contrôle rigoureux de la consommation, impliquent la distribution de l'aliment sous forme de granulés. Dans le cadre de cette expérience, ce mode de présentation entraîne un traitement technologique supplémentaire qui se superpose à ceux qu'a déjà subi le maïs avant son incorporation au mélange alimentaire. Au cours de cette approche, nous avons estimé, cependant, que l'effet éventuel de ce pressage serait identique pour tous les régimes et qu'il ne masquerait pas les effets propres aux divers traitements. Les résultats acquis semblent confirmer cette hypothèse, car aucun effet dû au pressage du maïs n'est constaté : la consommation, la croissance et les indices de transformation sont identiques à ceux du lot témoin.

Par contre, l'expansion et l'extrusion entraînent une amélioration du gain de poids d'environ 14 p. 100. L'action positive de ces traitements pourrait être imputée à une amélioration de la digestibilité de l'amidon.

Cette vitesse de croissance plus favorable ne s'accompagne pas d'une diminution de l'indice de consommation mais d'une modification de la nature des dépôts ; c'est ainsi, que l'extrusion et l'expansion ont entraîné une fixation plus importante de lipides essentiellement au niveau des viscères et, à un moindre degré, au niveau de la carcasse qui constitue la partie « utile » du poisson.

Le traitement de floconnage a entraîné les modifications biochimiques les plus importantes (DELORT-LAVAL et MERCIER, 1976). L'amélioration de la digestibilité, ainsi obtenue, a bien permis une augmentation du gain de poids par rapport au témoin, inférieure cependant à celle notée pour les lots « extrudé » et « expansé ». Néanmoins, c'est chez les truites du lot « floconné » que l'on constate l'adiposité la plus prononcée. Cela semble traduire un déséquilibre dans le régime correspondant. Une mauvaise utilisation des protéines ne peut être invoquée car la fixation des lipides se fait bien aux dépens de l'eau ; de plus, l'efficacité protéique est identique à celle des autres régimes. On pourrait donc envisager un effet néfaste du chauffage sur d'autres éléments constitutifs importants du maïs tels que les lipides.

En conclusion, ces résultats laissent penser que certains traitements hydrothermiques tels que l'expansion et l'extrusion peuvent permettre d'améliorer l'utilisation du maïs par la Truite. Cependant, la connaissance des mécanismes mis en jeu nécessiterait une étude plus systématique des effets de ces traitements sur l'amidon ainsi que sur les autres composants de la céréale.

*Reçu pour publication en juin 1975.*

## SUMMARY

## EFFICIENCY OF VARIOUS TREATMENTS OF CEREALS.

## VII. — UTILIZATION OF PELLETED, FLAKED, POPPED AND EXTRUDED MAIZE IN THE FEED OF RAINBOW-TROUTS

In order to study the effect of various technological treatments on the utilization of cereals by salmonoid fishes, rainbow-trouts were fed, during 20 weeks, diets containing about 40 p. 100 whole maize previously subjected to the following treatments : pelleting, flaking, popping or

extrusion. Growth and feed conversion ratios of the corresponding groups were compared with those obtained in trouts receiving untreated maize.

The following results were obtained :

weight gain improvement after popping and extrusion of the maize (14 and 8 p. 100 respectively), whereas pelleting did not lead to any improvement as compared to the controls ;

identical feed conversion and protein efficiency ratios, as they only varied from 1.04 to 1.07 and from 2.33 to 2.41, respectively ;

increase in the amounts of perivisceral depot fats following flaking, popping and extrusion of the maize.

The favourable action of these treatments seems to be due to an improvement of starch digestibility, but the hypothesis of their eventual effect on the other constituents of this cereal is emitted.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- DELORET-LAVAL J., MERCIER C., 1976. Évaluation de divers traitements technologiques des céréales. I. Choix des traitements et étude de leur influence sur la fraction glucidique du blé, de l'orge et du maïs. *Ann. Zootech.*, **25**, 3-12.
- HALVER J. E., 1969. In : NEUHAUS O. W., HALVER J. E. *Fish in research*, 209-232, Academic Press, New York.
- INABA D., OGINO C., TAKAMATSU C., UEDA T. et KUROKAWA K., 1963. Digestibility of dietary components in fishes. 2. Digestibility of dietary protein and starch in rainbow trout. *Bull. Jap. Soc. scient. Fish.*, **29**, 242-244.
- KAWAI S., IKEDA S., 1971. Studies on digestive enzymes of fishes. I. Carbohydrases in digestive organs of several fishes. *Bull. Jap. Soc. scient. Fish.*, **37**, 333-337.
- KITAMIKADO M., TACHINO S., 1960. Studies on the digestive enzymes of rainbow trout. I. Carbohydrases. *Bull. Jap. Soc. scient. Fish.*, **26**, 679-684.
- LUQUET P., 1971. Efficacité des protéines en relation avec leur taux d'incorporation dans l'alimentation de la Truite arc-en-ciel. *Ann. Hydrobiol.*, **2**, 175-186.
- MERTZ E. T., 1969. In : NEUHAUS O. W., HALVER J. E. *Fish in research*, 233-244, Academic Press New York.
- NAGAYAMA F., SAITO Y., 1968. Distribution of amylase,  $\alpha$  and  $\beta$ -glucosidase, and  $\beta$ -galactosidase in fish. *Bull. Jap. Soc. scient. Fish.*, **34**, 944-949.
- ONISHI T., MURAYAMA S., 1969. Studies on enzymes of cultivated salmonoid fishes. I. Activities of protease, amylase, arginase, GPT (glutamic-pyruvic transaminase) and GOT (glutamic-oxaloacetic transaminase). *Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab.*, **59**, 111-119.
- ONISHI T., MURAYAMA S., 1970. Studies on enzymes of cultivated salmonoid fishes. II. Activities of protease, amylase, arginase, GPT (glutamic-pyruvic transaminase) and GOT (glutamic-oxaloacetic transaminase) in various growth stages. *Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab.*, **63**, 123-132.
- PHILLIPS A. M. Jr, TUNISON A. V., BROCKWAY D. R., 1948. The utilization of carbohydrates by trout. *Fish. Res. Bull. N. Y.*, **11**, 44 p.
- PHILLIPS A. M. Jr, LOVELACE F. F., PODOLIAK H. A., BROCKWAY D. R., BALZER G. C., 1956. The nutrition of trout. *Cortland Hatchery Report n° 24 for the year 1955. Fish. Res. Bull. N. Y.*, **18**, 56 p.
- SCHAPERCLAUS W., 1933. *Text book of pond culture*. Tr. by HUND F. : U. S. Fish and Wildl. Service. Fish Leaflet 311, 260 p.
- SINGH R. P., NOSE T., 1967. Digestibility of carbohydrates in young rainbow trout. *Bull. Freshwat. Fish. Res. Lab. Tokyo*, **17**, 21-25.
- SMITH R. R., 1971. A method for measuring digestibility and metabolizable energy of fish feeds. *Progre Fish. Cult.*, **33**, 132-134.
- STIVERS T. E., 1970. Feed manufacturing. U. S. dept. of the Interior. Fish and Wildl. Service. Bureau of Sport Fisheries and Wildlife (Washington D. C., U. S. A.). *Resource Publ.*, **102**, 16-42.
- WOOD E. M., YASUTAKE W. T., WOODALL A. N., HALVER J. E., 1957. The nutrition of salmonoid fishes. II. Studies on production diets. *J. Nutr.*, **61**, 479-488.