

## ÉVALUATION DE DIVERS TRAITEMENTS TECHNOLOGIQUES DES CÉRÉALES

V. — EFFET DU FLOCONNAGE ET DE L'EXPANSION  
SUR L'EFFICACITÉ DU BLÉ ET DU MAÏS CHEZ LE POULET

C. CALET

*Station de Recherches avicoles,  
Centre de Recherches de Tours, I. N. R. A.,  
B.P. 1, Nouzilly, 37380 Monnaie*

### RÉSUMÉ

L'influence de l'expansion ou du floconnage sur l'efficacité alimentaire du blé ou du maïs est testée chez le poussin élevé en cage individuelle entre 1 et 5 semaines. Les rations ont des taux égaux d'énergie métabolisable (3 110 kcal/kg), de matières azotées totales (18 p. 100), de lysine (0,94 p. 100) et d'acides aminés soufrés (0,69 p. 100) et contiennent environ 75 p. 100 de maïs ou 50 p. 100 de blé.

L'efficacité du maïs est significativement supérieure à celle du blé pour la croissance des animaux et l'influence des traitements thermiques toujours négative, plus nettement avec le blé qu'avec le maïs.

Ces résultats ne peuvent s'expliquer que si l'on tient compte de l'effet des traitements hydrothermiques intenses, à la fois sur les fonctions glucidique et azotée des céréales.

### MATÉRIEL ET MÉTHODES

Parmi les échantillons qui ont été préparés (DELORT-LAVAL et MERCIER, 1976) seuls les blés et les maïs ayant subi le floconnage et l'expansion ont été éprouvés comme aliment du poulet. Ils ont été comparés au blé et au maïs d'origine n'ayant pas subi de traitement. Afin de permettre la comparaison, tous les régimes ont théoriquement les mêmes caractéristiques établies d'après les données analytiques, c'est-à-dire :

Valeur énergétique métabolisable.....	3 110 kcal/kg
Matières azotées totales .....	18 p. 100
Lysine .....	0,94 p. 100
Acides aminés .....	0,69 p. 100

Comme on le voit ces régimes ont des compositions azotées légèrement en dessous des normes habituellement retenues pour le poussin, afin de mettre en évidence des différences de valeur biologique des céréales au cas où le traitement technologique les aurait modifiées.

Pour respecter l'égalité des compositions des régimes, les céréales étudiées n'ont pas été incorporées au même taux. Le tableau 1 donne la composition des différents régimes.

TABLEAU I  
*Composition centésimale des régimes*

	Maïs			Blé		
	Témoin	Floconné	Expansé	Témoin	Floconné	Expansé
Maïs .....	75	75	72,25	—	—	—
Blé .....	—	—	—	55,40	49,65	51,25
Amidon .....	—	—	0,95	17,00	23,55	23,45
Huile d'Arachide .....	—	—	—	2,60	1,80	0,30
Cellulose .....	—	—	1,80	—	—	—
Farine de Poisson .....	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
Tourteau de Soja 50 .....	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Tourteau d'Arachide .....	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Complément minéral et vitaminé (1) .....	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00

(1) Le complément minéral et vitaminé apporte pour 100 kg de régime : Phosphate bicalcique 1 500 g ; Carbonate de chaux 1 500 g ; Chlorure de Sodium 400 g ; mélange d'Oligoéléments 200 g ; Vitamine A 800 000 UI ; Vitamine D<sub>3</sub> 100 000 UI ; Nicotinamide 1 g ; Panthothénate de Calcium 0,5 g ; Riboflavine 0,4 g ; Tocophérol 0,75 g ; Ménadione Bisulfite 0,2 g ; Vitamine B<sub>12</sub> 0,2 mg ; Chlorure de Choline 90 g ; BHT 12 g.

L'expérience porte sur des sujets mâles de souche Hybro blanc âgés de 7 jours préparés depuis leur naissance à vivre en cage individuelle. Elle dure 4 semaines dans un local conditionné en lumière (22 heures par jour) en température (30, 28, 25 et 22°C respectivement la première, seconde, troisième et quatrième semaine), en hygrométrie (65 p. 100  $\pm$  5 p. 100). 6 lots de 16 poussins sont constitués à 1 semaine d'âge. Les animaux reçoivent les différents aliments *ad libitum* ainsi que l'eau. On enregistre le gain de poids et la consommation de chaque sujet.

## RÉSULTATS

Les résultats consignés dans le tableau 2, portent sur l'efficacité alimentaire.

L'analyse statistique des résultats des lots met en évidence un effet hautement significatif de la nature de la céréale, le maïs étant nettement plus efficace que le blé. De même on note un effet hautement significatif des traitements hydrothermiques, ces derniers s'étant toujours révélés non avantageux. Les résultats vont dans le même sens pour le blé et le maïs, en ce qui regarde les gains de poids et la consommation d'aliment. Il n'y a pas de différence significative entre traitements pour l'indice de consommation. On note seulement un effet de la céréale. On ne remarque pas d'interaction entre l'origine de la céréale et le traitement qu'on lui a appliqué.

A noter enfin que la croissance la plus élevée enregistrée est de 770 g, proche de celle observée en pratique, ce qui donne une grande crédibilité aux résultats enregistrés en cage individuelle dans nos conditions. En revanche, les mauvais indices de consommation peuvent être imputés aux caractéristiques des régimes pauvres en azote et en acides aminés indispensables par rapport aux besoins des poulets à cet âge (1 à 5 semaines).

TABLEAU 2

*Influence des traitements hydrothermiques appliqués à deux céréales sur leur efficacité alimentaire*

(chez le poussin à 4 semaines d'âge)

	Maïs			Blé		
	Témoin	Floconné	Expansé	Témoin	Floconné	Expansé
Gain de poids (g) . . . . .	769,9 <sup>a</sup>	692,0 <sup>b</sup>	673,6 <sup>b</sup>	675,6 <sup>b</sup>	623,9 <sup>c</sup>	575 <sup>d</sup>
Aliment ingéré (g) . . . . .	1 606 <sup>a</sup>	1 519 <sup>b</sup>	1 423 <sup>b</sup>	1 439 <sup>b</sup>	1 460 <sup>b</sup>	1 337 <sup>c</sup>
Indice de consommation . . . . .	2,09	2,20	2,11	2,13	2,34	2,33

## DISCUSSION ET CONCLUSION

Les répercussions des traitements hydrothermiques sur la valeur alimentaire des grains peuvent être dues à l'effet de l'eau, de la chaleur ou des deux à la fois. C'est pourquoi de nombreux auteurs se sont efforcés d'analyser les mécanismes de chacun de ces effets sur le grain entier mais aussi sur les différentes fractions du grain. La chaleur seule avait fait l'objet d'étude à propos du séchage. Sur des grains de maïs séchés immédiatement, CALET et de LAMBILLY (1960) n'avaient noté aucun effet de la température lorsque celle-ci ne dépasse pas 90°C. Même séché à 140°C immédiatement après la récolte, le maïs conserve son efficacité chez le poulet et chez la poule pondeuse (MOAL et CALET, 1971 (a) et (b)).

Le traitement des céréales à l'eau a été étudié avec beaucoup d'attention depuis que FRY *et al.* (1958) avaient montré que le blé, le seigle et l'orge tiraient un bénéfice substantiel du trempage à l'eau froide, suivi d'un séchage à 70°C. L'orge en particulier ainsi traitée provoquait une amélioration de 30 p. 100 de la croissance du dindon. MORAN et MCGINNIS (1965) expliquaient cet avantage par le fait qu'une fraction glucidique importante de l'orge difficilement digestible, les  $\beta$ -glucanes, était rendue disponible. Cette fraction est négligeable chez les autres céréales qui tirent cependant profit du trempage quoique à un degré moindre. Ceci a été bien montré par l'équipe de l'Université d'Ohio. Pour ADAMS et NABER (1969 a) l'efficacité du blé, mais pas celle du maïs, est améliorée par un trempage à l'eau froide pendant 16 à 20 h suivi d'un séchage à 60°C. C'est encore plus net si l'eau de trempage est acidifiée par HCl pour constituer une solution 0,1N. NABER et TOUCHBURN (1969 b), détaillant les différentes parties du grain de blé, constatent que le traitement à l'eau

améliore l'efficacité à la fois du grain entier, de la farine et de la fraction riche en amidon obtenue par turboséparation. En particulier il augmente leur valeur énergétique métabolisable, tandis que l'utilisation azotée du grain entier n'est pas modifiée. C'est encore plus vrai dans le cas du blé dur au lieu du blé tendre. Les auteurs concluent que la structure de l'amidon a été touchée profondément, ce qui explique l'accroissement de l'efficacité du traitement. Pourtant, lorsque ADAMS et NABER (1969 *b*) soumettent l'amidon extrait du blé à l'action de l'eau, ils n'observent aucun effet améliorateur ; il faut « reconstituer » la céréale à partir de ses éléments traités pour retrouver l'effet positif initial. Dans ces conditions est-ce bien l'amidon transformé qui explique les avantages des traitements, ou bien plus vraisemblablement doit-on attribuer aux enzymes, bactériens ou natifs du grain rendus actifs par le trempage, le rôle le plus important ?

On sait en effet que le « mouillage » du blé employé en meunerie provoque l'apparition de produits de dégradation de la gliadine (MINETTI *et al.*, 1971) qui ne se produit pas si l'eau contient des inhibiteurs bactériens (REDMAN, 1971). Ainsi le trempage du blé, s'il modifie la structure de l'amidon, doit intervenir également sur la composition des autres éléments du grain. Ce point de vue est renforcé par les conclusions des travaux français sur le séchage du maïs où des variations énormes de la sensibilité *in vitro* de l'amidon aux amylases ont été mises en évidence par TOLLIER et GUILBOT (1971) ou par CALET et MERCIER (1966) sans corrélation avec les efficacités alimentaires du grain.

Il semble donc que le traitement à l'eau fasse apparaître des produits nouveaux. Selon les cas, ces derniers n'ont pas d'effets nutritionnels ou bien ils attisent l'appétit des animaux, ou enfin ils améliorent l'efficacité alimentaire. Dans le même ordre d'idées, CALET (1973) explique l'avantage nutritionnel que les poussins retirent des grains conservés humides parce que leur eau de constitution imprègne pendant longtemps leurs autres constituants. C'est le cas de maïs séchés en cribs ou des maïs ensilés. SYKES (1973) aboutit aux mêmes conclusions pour la poule pondeuse puisque l'ingestion de maïs conservés humides s'accompagne d'une élévation non négligeable de la ponte quelle que soit la souche de volailles expérimentées.

Les traitements hydrothermiques envisagés se classent en deux groupes selon leurs effets plus ou moins violents : la granulation et la cuisson ménagée.

La granulation s'est toujours révélée avantageuse surtout lorsqu'elle est conduite en présence de la vapeur. Elle augmente la digestibilité des protéines — surtout celle des enveloppes (OLSEN et SLINGER, 1968) — mais aussi leur valeur biologique. Du maïs granulé à la valeur présente pour le poulet, une efficacité azotée plus élevée que le maïs granulé à froid, laquelle est légèrement plus forte que pour la farine (CALET, 1965). Cet effet a été confirmé, chez le Porc et chez le Rat par YEN *et al.* (1971), qui améliorent du simple au double l'efficacité d'une ration contenant 30 p. 100 de concentrat de gluten de maïs, lorsque celui-ci est granulé à la vapeur.

Ce traitement de courte durée modifie également la sensibilité de l'amidon aux amylases dans une large mesure (GUILBOT et MERCIER, 1962) et il est difficile de faire la part des effets sur les protéines et sur l'amidon pour expliquer le bénéfice de la granulation.

Pourtant lorsqu'on applique un traitement beaucoup plus long (précuisson) qui consiste à soumettre le grain préalablement hydraté à une température de 100°C

pendant 30 mn, la sensibilité aux amylases de l'amidon des grains est considérablement augmentée (de 3,5 à 15 fois plus selon les échantillons) sans qu'il y ait apparition de glucides alcoolosolubles supplémentaires. On n'observe cependant pas d'amélioration de l'efficacité alimentaire chez le porcelet et même une réduction chez les poussins (AUMAITRE *et al.*, 1972). Chez ces derniers, la précuisson est plus néfaste pour le blé que pour le maïs. On ne peut donc pas relier l'état d'endommagement de l'amidon à la valeur nutritionnelle du grain.

Dans le cas précis des traitements hydrothermiques qui concernent le floconnage ou l'expansion, nos résultats vont dans le même sens que les précédents. Nos conclusions sont aussi conformes à celles de ADAMS et NABER (1969 *a*) pour qui l'expansion du blé comme celle du maïs à 140°C n'apportent pas d'effet bénéfique. Sans être significatives, les différences de gain de poids et d'efficacité sont, quel que soit le grain, toujours en défaveur du lot traité par rapport au témoin.

En bref, cette revue fait déjà apparaître les effets de l'eau, plus ou moins favorables selon la nature et l'origine de la céréale. En revanche, lorsqu'on met en œuvre à la fois hydratation et chaleur, on observe des effets divers selon l'intensité et la durée du chauffage. Les traitements à l'eau froide (chauffage nul), le chauffage peu intense et de courte durée (granulation), les chauffages de plus longue durée (gélification, pour NABER et TOUCHBURN (1969 *a*)), ou les traitements plus brutaux comme la cuisson, le floconnage, l'expansion, provoquent toujours une plus grande disponibilité de l'amidon. En revanche en passant respectivement de l'un à l'autre l'efficacité alimentaire se trouve d'abord augmentée puis elle passe par un maximum et enfin décline. On peut interpréter les effets avantageux par une solubilisation plus grande de protéines peu disponibles, par une amélioration de leur digestibilité et de leur efficacité azotée. Une interprétation du déclin des performances sous l'effet des traitements plus violents peut être trouvée soit dans l'indisponibilité probablement accrue des acides aminés, soit dans le comportement des glucides des divers échantillons dans le tube digestif de l'oiseau. Pour SZYLIT (1973), ce n'est pas tant la sensibilité *in vitro* de l'amidon aux amylases qui compte que la cinétique de la dégradation de l'amidon dans le jabot. Il n'y a pas forcément de relation entre les caractéristiques de l'amylolyse *in vitro* et de l'amylolyse dans le jabot et cette dernière serait en relation avec la croissance du poulet.

Dans le cas particulier des traitements hydrothermiques que nous avons considérés ici, nos résultats permettent de conclure que les céréales floconnées ou expansées ne présentent aucun avantage nutritionnel pour le poulet par rapport aux céréales non traitées.

*Reçu pour publication en juin 1975.*

## SUMMARY

### EFFICIENCY OF VARIOUS TREATMENTS OF CEREALS.

#### V. — EFFECT OF FLAKING AND POPPING ON THE FEED EFFICIENCY OF WHEAT AND MAIZE IN CHICKENS

The influence of popping and flaking on the feed efficiency of wheat and maize was tested on chickens kept in individual cages between 1 and 5 weeks of age. The diets contained the same levels of metabolisable energy (3 110 kcal/kg), total crude protein (18 p. 100), lysine (0.94

p. 100) and sulphur amino acids (0.69 p. 100) and included about 75 p. 100 maize or 50 p. 100 wheat.

The efficiency of maize was significantly higher than that of wheat in regard to growth of the animals, and the heat treatments had always an unfavourable action, more marked with wheat than with maize.

These results can only be explained by taking into account the effect of the intense moist-heat treatments both on the carbohydrate and nitrogen fractions of the cereals.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ADAMS O. L., NABER E. C., 1969 a. Effect of physical and chemical treatment of grains on growth of a feed utilization by the chick. I. The effect of water and acid treatments of corn, wheat, barley and expanded or germinated grains on chick performance. *Poult. Sci.*, **48**, 853-858.
- ADAMS O. L., NABER E. C., 1969 b. Effect of physical and chemical treatment of grains on growth of a feed utilization by the chick. II. Effect of water and acid treatments of grains and grain components on chick growth, nitrogen retention and energy utilization. *Poult. Sci.*, **48**, 922-928.
- AUMAITRE A., HENRY Y., MERCIER C., IVOREC-SZYLIŃ O., THIVEND P., 1972. Étude préliminaire de l'influence d'un traitement hydrothermique sur la valeur alimentaire du blé et du maïs. *Ann. Zootech.*, **21**, 133-137.
- CALET C., 1965. The relative value of pellets *versus* mash and grain in poultry nutrition. *World's Poult. Sci. J.*, **21**, 23-52.
- CALET C., 1973. Influence des conditions de récolte, de séchage et de conservation sur la valeur alimentaire des céréales. Symposium international sur la Conservation des grains récoltés humides (C. E. R. D. I. A.). *Ann. Technol. Agric.*, **22**, 789-806.
- CALET C., DE LAMBILLY H., 1960. Étude de la valeur alimentaire du maïs-grain séché artificiellement pour le poussin en croissance. I. Influence du mode de séchage sur la disponibilité des acides aminés. *Ann. Zootech.*, **9**, 181-184.
- CALET C., MERCIER C., 1966. Valeur nutritionnelle globale du maïs. *Ann. Nutr. Alim.*, **20**, 241-256.
- CALET C., GUILBOT A., MOAL J., 1971. Caractéristique et valeur alimentaire du maïs-grain à l'état sec. *Bull. Techn. Inform.*, **264-265**, 1033-1045.
- DELORT-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.
- FRY R. E., ALLRED J. B., JENSEN L. S., MCGINNIS J., 1958. Influence of enzymes supplementation and water treatment on the nutritional value of different grains for poults. *Poult. Sci.*, **37**, 372-375.
- GUILBOT A., MERCIER C., 1962. Répercussions, sur la digestibilité de l'amidon, des modifications de structure physico-chimique au cours de ses transformations technologiques. *Ind. Alim. Agric.*, **79**, 939-947.
- MINETTI M., PETRUCCI T., POCCHIARI F., SILANO V., AVELLA R., 1971. Varietal differences in water-soluble gliadin fractions of *Triticum aestivum* and *Triticum durum* seeds. *J. Sci. Food Agric.*, **22**, 72-74.
- MOAL J., CALET C., 1971 a. Le maïs grain : préstockage, séchage et qualité. Valeur alimentaire chez le Poulet dans diverses conditions nutritionnelles. *Ann. Zootech.*, **20**, n° hors série, 673-681.
- MOAL J., CALET C., 1971 b. Le maïs grain : préstockage, séchage et qualité. Valeur alimentaire chez la poule pondeuse. *Ann. Zootech.*, **20**, n° hors série, 691-696.
- MORAN E. T. JR, MCGINNIS J., 1965. The effect of cereal grain and energy level of the diet on the response of turkey poults to enzyme and antibiotic supplements. *Poult. Sci.*, **44**, 1253-1261.
- NABER E. C., TOUCHBURN S. P., 1969 a. Effect of hydration, gelatinization and ball milling of starch on growth and energy utilization by the chick. *Poult. Sci.*, **48**, 1583-1589.
- NABER E. C., TOUCHBURN S. P., 1969 b. Effect of water treatment of components of hard red wheat on growth and energy utilization by the chick. *Poult. Sci.*, **48**, 2052-2058.
- OLSEN E. M., SLINGER S. J., 1968. Effect of steam-pelleting and regrinding on the digestibility of protein in cereal grains, soyabean meal and wheat bran by the rat. *Can. J. Anim. Sci.*, **48**, 35-39.
- REDMAN D. G., 1971. Softening of gluten by wheat proteases. *J. Sci. Food Agric.*, **22**, 75-78.
- SYKES A. H., 1973. Grain sorghum in poultry nutrition. London : U. S. Feed Grains Council.
- SZYLIŃ O., 1973. *Les voies métaboliques de la dégradation de l'amidon dans le jabot de coq (Gallus gallus) et leurs incidences nutritionnelles*. Thèse de Doctorat d'État, Université de Paris, 133 p.
- TOLLIER M. T., GUILBOT A., 1971. Le maïs grain : préstockage, séchage et qualité. Caractéristiques de la fraction glucidique des échantillons de maïs grain. *Ann. Zootech.*, **20**, n° hors série, 633-640.
- YEN J. T., BAKER D. H., HARMON B. G., JENSEN A. H., 1971. Corn gluten feed in swine diets and effects of pelleting on tryptophan availability to pigs and rats. *J. Anim. Sci.*, **33**, 987-991.