

## ÉVALUATION DE DIVERS TRAITEMENTS TECHNOLOGIQUES DES CÉRÉALES

### VIII. — EFFICACITÉ COMPARÉE DE TRAITEMENTS THERMIQUES DU MAÏS POUR L'UTILISATION DE L'URÉE *IN VITRO* ET CHEZ LE CHEVREAU PRÉCOCEMENT SEVRÉ (1)

L. P. BORGIDA, Michelle DU'RAND\* et J. DELORT-LAVAL  
avec la collaboration technique de P. BEAUMATIN\* et S. GUENEAU

*Laboratoire de Technologie des Aliments des Animaux,*

*\* Station de Recherches de Nutrition,*

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

### RÉSUMÉ

Dans un essai de comparaison de divers traitements des céréales, — floconnage (F), expansion (P), extrusion (T) — le maïs traité a été substitué pour moitié à du maïs témoin, dans un aliment complet (maïs : 80 ; urée : 2 ; paille d'orge : 15 ; CMV : 3) pour chevreaux en croissance.

En rumen artificiel *in vitro*, les traitements entraînent un accroissement de la production des glucides alcoolosolubles et une décroissance plus rapide du pH ; ils améliorent (a) la consommation de N-urée + N-NH<sub>3</sub> et (b) la production d'acides gras volatils après 5 heures ; par rapport au témoin non traité (= 100), ces dernières sont respectivement pour F : 150 et 125 ; T : 153 et 140 ; P : 136 et 103.

Chez le Chevreau précocement sevré, ces aliments, complétés par du foin, sont moins efficaces chez la femelle que chez le mâle. Pour ce dernier, tous les traitements, notamment F et P, améliorent la médiocre efficacité du régime maïs-urée et la vitesse de croissance semble en relation directe et étroite avec la consommation de N-urée + N-NH<sub>3</sub> et la production d'acides gras volatils enregistrées *in vitro*.

### INTRODUCTION

L'utilisation efficace de l'urée par le ruminant dépend étroitement de la présence dans le régime d'une source d'énergie rapidement assimilable par la microflore du rumen. Des travaux antérieurs effectués *in vitro* et *in vivo* ont montré que certains

(1) La présente recherche a fait l'objet d'une communication à la British Society of Nutrition, publiée in *Proc. Nutr. Soc.* (1973), 32, 83A-84A.

traitements hydrothermiques appliqués aux céréales peuvent accroître, au niveau du rumen, la digestibilité de l'amidon en augmentant sa sensibilité aux enzymes microbiennes (revue de HALE, 1973). Ces traitements sont susceptibles d'intensifier la protéosynthèse bactérienne à partir d'azote uréique (HELMER *et al.*, 1970). Nous avons pu vérifier cet effet dans le cas d'un séchage appliqué à la totalité de la céréale du régime, orge immature (DURAND, 1970) ou mûre réhumidifiée (DURAND *et al.*, 1974) en présence de 2,5 p. 100 d'urée. La chaleur peut toutefois exercer une action dépressive sur la digestibilité des protéines (ZELTER et CHARLET-LERY, 1972) ; il apparaît de ce fait préférable de ne traiter qu'une partie des céréales de la ration, et de rechercher, parmi les diverses techniques possibles, celle qui permettrait la plus grande amélioration de l'utilisation de l'urée. L'expansion, le floconnage et l'extrusion altèrent le grain d'amidon du maïs avec une intensité variable (DELORT-LAVAL et MERCIER, 1976) ; nous avons tenté d'en estimer l'effet sur l'utilisation de l'urée par la microflore du rumen et sur la croissance du cheveau.

## MATÉRIEL, ET MÉTHODES

Le régime témoin est composé de maïs (80), paille d'orge (15), urée (2) et d'un CMV (3) qui fournit, par kg d'aliment : 3 g P ; 0,9 g S ; 7 g Ca ; 1 g Na ; 0,5 g Mg ; 46 mg Mn ; 66 mg Zn ; 3,7 mg Cu ; 0,7 mg Co. Vitamines : A, 2 000 UI ; D<sub>3</sub>, 200 UI, E, 20 UI. Dans les régimes expérimentaux, la céréale traitée par expansion, floconnage ou extrusion, dont les caractéristiques physicochimiques et technologiques sont fournies par ailleurs (DELORT-LAVAL et MERCIER, 1976) est substituée à la moitié du maïs du régime témoin. Après broyage et agglomération en granulés de 5 mm, l'efficacité des aliments est évaluée d'une part en rumen artificiel *in vitro*, d'autre part au moyen d'un test de croissance sur chevreaux précocement sevrés.

### 1. — Étude en milieu de rumen *in vitro*

Un inoculum est prélevé avant le repas du matin sur quatre moutons adultes recevant du foin et 500 g par jour d'un aliment concentré comportant du maïs et de l'urée (2 p. 100). A 200 ml de ce contenu de panse non filtré, dilué dans un volume égal de salive artificielle (TISSERAND et ZELTER, 1965), sont ajoutés 12 g de chaque aliment concentré expérimental préalablement rebroyé. Sur les échantillons prélevés avant et à différents temps après l'introduction d'aliment au cours des 5 heures d'incubation, sont déterminés le pH, les concentrations en N-NH<sub>3</sub>, N-urée et glucides alcoolosolubles et, seulement aux temps 0-3 et 5 heures, les teneurs en acides gras volatils selon la méthodologie antérieurement décrite (DURAND *et al.*, 1974). La consommation de N-urée + N-NH<sub>3</sub> dans le milieu est calculée par différence entre les quantités présentes en début d'incubation (N-urée de l'aliment + N-NH<sub>3</sub> apporté par l'inoculum) et celles retrouvées au temps 5 heures. Chaque produit est incubé en double et au cours de deux journées non consécutives.

### 2. — Essai sur chevreaux en croissance

32 chevreaux des deux sexes, sevrés à 5 semaines, sont répartis dès la fin de la sixième semaine en 4 groupes comparables, sur la base du poids vif et du gain de poids. Ils sont placés durant neuf semaines en cases sur caillebotis par groupes de deux animaux, de même sexe et de poids voisin. La croissance des animaux est contrôlée par pesée hebdomadaire individuelle, répétée durant 3 jours consécutifs au début et à la fin de l'essai.

Les animaux disposent, dès la 3<sup>e</sup> semaine après leur naissance, de foin de pré et d'un aliment concentré de sevrage composé de maïs (75), tourteau de soja (20), urée (1) et complément minéral et vitaminisé (4). A partir de la septième semaine, ils reçoivent l'un des quatre régimes expérimentaux à base d'urée et de maïs témoin ou traité. La quantité distribuée, initialement de 0,5 kg par jour et par animal, est ajustée chaque semaine et augmentée de 0,1 kg/j/animal, si le refus hebdomadaire précédent est inférieur à 10 p. 100 de la quantité distribuée. Le foin offert est limité à 150 g/j/animal durant les six premières semaines de l'essai, à 200 g au-delà.

La composition des aliments (tabl. 1) et des refus est déterminée, selon les méthodes officielles d'analyse, sur des échantillons proportionnels prélevés chaque semaine. Des données de matière sèche et d'azote ingérés sont déduits l'indice de consommation de la matière sèche (matière sèche ingérée/gain de poids) et le coefficient d'efficacité protidique (gain de poids/protéines ingérées) des régimes.

TABLEAU 1

*Composition centésimale de la matière sèche des aliments*

	Foin de pré	Aliment concentré			
		Témoin	Expansé	Floconné	Extrudé
Cendres brutes	7,2	4,8	4,6	4,7	4,9
Cellulose brute	36,2	8,4	8,1	8,3	8,0
Matière grasse brute	2,0	4,2	3,9	3,9	3,0
Matières azotées totales (N × 6,25)	7,7	15,8	15,8	15,7	15,8

## RÉSULTATS

### I. — Mesures en milieu de rumen in vitro

#### a) Métabolisme glucidique.

L'extrusion et, dans une moindre mesure, le floconnage, qui entraînent dans les 30 premières minutes une libération dans le milieu de glucides à courtes chaînes (alcoolsolubles), assurent une acidification beaucoup plus accentuée que celle observée avec l'aliment témoin. La production d'acides gras volatils est parallèlement accrue par ces traitements. L'expansion a une influence moins marquée (fig. 1, tabl. 2).

TABLEAU 2

*Influence des traitements sur la production d'acides gras volatils (AGV) et la consommation d'azote ammoniacal et uréique en 5 heures d'incubation*

Régime	Témoin	Expansé	Floconné	Extrudé
Production AGV (m mole/l)	69 ± 1	71 ± 1	86 ± 7	97 ± 5
Consommation de N-NH <sub>3</sub> + N uréique (mg N/l)	152 ± 9	207 ± 8	242 ± 12	233 ± 2

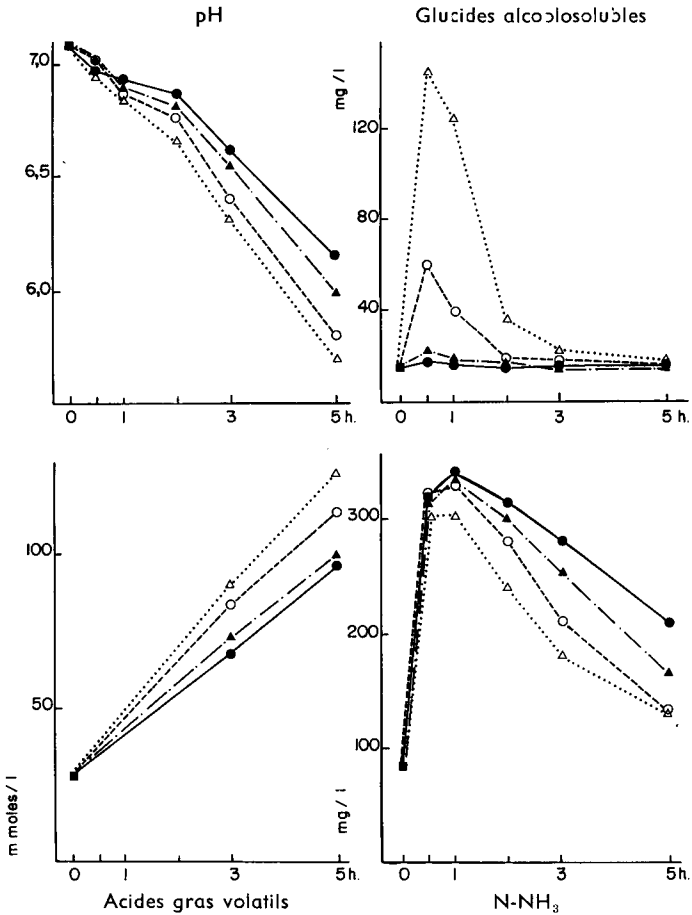


FIG. 1. — Traitement du maïs et évolution de quelques caractéristiques biochimiques du rumen in vitro

● Témoin      ○ Floconné  
▲ Expansé     △ Extrudé

b) Ammoniogénèse et utilisation de l'urée.

L'hydrolyse de l'urée est très rapide (présence de traces au temps 30 minutes) et totale après une heure. La valeur du pic ammoniacal n'est abaissée (de 12 p. 100 seulement) que dans le cas de l'extrusion. Par contre, après 1 heure, la décroissance des concentrations ammoniacales, qui correspond à l'utilisation de ce produit par la microflore, est intensifiée par l'extrusion, le floconnage et, d'une manière plus limitée, par l'expansion (fig. 1).

En 5 heures, les consommations de N-urée + N-NH<sub>3</sub> (tabl. 2) sont significativement ( $P < 0,01$ ) plus importantes pour l'extrusion et le floconnage (respectivement 160 et 153 p. 100 du témoin), que pour l'expansion (136 p. 100 du témoin).

## 2. — Croissance des chevreaux

Le niveau de consommation de matière sèche est similaire dans tous les groupes et proche de 4 p. 100 du poids vif (tabl. 3). Toutefois, par rapport aux mâles, les femelles ont tendance à consommer moins de concentré et davantage de foin.

Les croissances individuelles ont été en général régulières, ce qui rend possible le calcul par régression du gain moyen quotidien, qui dépend très significativement ( $P < 0,01$ ) du sexe des animaux. Chez les mâles, on constate une amélioration de la croissance par rapport au régime témoin, de 21 p. 100 pour le floconné, de 19 p. 100 pour l'extrudé et de 11 p. 100 avec l'expansé. Chez les femelles, le régime expansé améliore de 20 p. 100 la croissance, le floconné de 7 p. 100 et l'extrudé a un effet dépressif (moins 13 p. 100). Cet effet des régimes sur la croissance se retrouve sur l'efficacité alimentaire globale mesurée par l'indice de consommation et le coefficient d'efficacité protidique ; l'indice de consommation est amélioré de 15 p. 100 avec le floconné, de 10 p. 100 avec l'expansé et de 9 p. 100 avec l'extrudé pour les mâles, et de 13 p. 100 avec l'expansé pour les femelles. Aucune de ces différences n'est cependant significative au seuil  $P = 0,05$  du fait du nombre limité d'animaux sur lesquels portent les mesures.

TABLEAU 3

*Effets des traitements sur la croissance du cheveau  
et l'efficacité alimentaire des régimes  
(Moyenne de 4 animaux)*

Régime	Témoin		Expansé		Floconné		Extrudé	
	M	F	M	F	M	F	M	F
Matière sèche ingérée (g/j)								
foin	55	128	44	63	91	109	69	101
concentré	663	559	673	653	642	605	710	569
Gain moyen quotidien (g/j) $\pm$ sm	168 $\pm$ 27	142 $\pm$ 13	187 $\pm$ 12	170 $\pm$ 9	203 $\pm$ 22	152 $\pm$ 22	200 $\pm$ 6	101 $\pm$ 20
IC (1)	4,27	4,84	3,83	4,21	3,61	4,70	3,90	5,40
CEP (2)	1,58	1,43	1,74	1,60	1,92	1,50	1,71	1,29

(1) Matière sèche ingérée/gain de poids.

(2) Gain de poids/protéines ingérées.

## DISCUSSION ET CONCLUSION

Les résultats obtenus *in vitro* en milieu de rumen sur le métabolisme glucidique concordent bien avec ceux du test à l'alpha-amylase bactérienne (DELORT-LAVAL et MERCIER, 1976). Ainsi le maïs extrudé, qui contient le taux le plus élevé d'amidon

facilement attaquable (73 p. 100), et le floconné, qui en dose 66 p. 100, produisent en milieu de rumen artificiel les pics de glucides alcoolosolubles et la formation d'acides gras volatils les plus importants. Par contre avec l'expansé, qui ne contient que 30 p. 100 d'amidon facilement attaquable, on ne voit pas apparaître de glucides alcoolosolubles et la production d'acides gras volatils est peu différente de celle du témoin. Parallèlement à l'amélioration de la disponibilité de l'amidon, les traitements ont entraîné un accroissement de l'utilisation de l'urée par la microflore. Celui-ci est toutefois moins important pour le maïs expansé que pour les deux autres traitements. Cependant, dans les conditions de notre test, où l'urée représente 5 p. 100 de la céréale traitée, nous n'avons pas, au niveau de la consommation de l'urée par la microflore, observé de différences entre les maïs floconné et extrudé, malgré la meilleure accessibilité de l'amidon aux enzymes dans le second cas. Il n'est pas exclu qu'avec un taux supérieur d'urée, de telles différences puissent être observées.

Les plus faibles croissances que nous avons enregistrées chez les femelles s'expliquent en partie par une moindre consommation d'énergie et d'azote, le foin constituant une part plus importante de la matière sèche qu'elles ingèrent. Mais le faible taux d'azote des rations pourrait également expliquer cette moindre réponse, en raison d'une interaction entre sexe et niveau azoté du régime, mise en évidence dans d'autres espèces animales et notamment chez le Porc en croissance (HENRY et RÉRAT, 1972).

Bien que les écarts observés ne soient pas significatifs, le test de croissance chez les mâles classe les produits traités dans le même ordre que les tests *in vitro* de consommation d'urée par la microflore. Les indices d'efficacité alimentaire et protéique varient dans le même sens et sont plus élevés dans le cas de floconnage. Il apparaît ainsi, au bas niveau azoté où nous nous sommes placés, une liaison étroite entre l'amélioration de l'utilisation de l'urée *in vitro* et la plus grande efficacité des régimes à base d'urée et de céréale traitée chez le Chevreau mâle précocement sevré.

Reçu pour publication en juin 1975.

## SUMMARY

### EFFICIENCY OF VARIOUS TREATMENTS OF CEREALS.

#### VIII. — COMPARATIVE EFFECT OF HEAT TREATMENTS OF MAIZE ON *IN VITRO* UREA UTILIZATION AND ON GROWTH OF EARLY WEANED KIDS

Three maize treatments, flaking, popping and extrusion, which were shown *in vitro* to intensify  $\alpha$ -amylase action, were compared when included in a concentrate for growing kids containing (g/kg) : ground maize 400, either untreated or treated ground maize 400, straw 150, urea 20, minerals and vitamin mixture 30.

Of each concentrate, 12 g were incubated for 5 h with 200 ml of whole rumen content from sheep adapted to a similar diet and an equal volume of artificial saliva. As compared with the untreated diet, extrusion and flaking, and to a lesser extent, popping produced, within the first 30 min., a higher soluble-carbohydrates peak and then a more pronounced pH decrease with an enhanced volatile fatty acid formation ; this involved a significant increase in the disappearance of urea-N and  $\text{NH}_3\text{-N}$  from the medium.

Two pairs of early-weaned (5th week) male and female kids were offered one of the four concentrates *ad libitum* plus 200 g/hay/d. For all diets, concentrate intake was high and growth fairly good. The effect of treatment was quite different on males and females. For males, values

were in good agreement with *in vitro* values ; growth rates were increased by about 20 p. 100 with flaked and extruded maize and 10 p. 100 with the popped cereal. Dietary dry matter and N efficiency followed the same trend.

### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 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.
- DURAND M., 1970. Influence du traitement technologique de l'aliment énergétique (orge immature) sur le métabolisme de ses glucides et de l'urée dans le rumen du mouton. *C. R. Acad. Sci. (Paris)*, **271**, 2167-2170.
- DURAND M., BEN AMEUR M., VIROBEN G., 1974. Influence d'un traitement hydrothermique de l'orge sur la digestion des matières azotées dans le rumen du mouton : études au niveau du rumen et de l'abomasum. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **14**, 167-192.
- HALE W. H., 1973. Influence of processing on the utilization of grains (starch) by ruminants. *J. anim. Sci.*, **37**, 1075-1080.
- HELMER L. G., BARTLEY E. E., DEYOE C. W., MEYER R. M., PFOST H. B., 1970. Feed processing. V. Effect of an expansion-processed mixture of grain and urea (Starea) on nitrogen utilization *in vitro*. *J. Dairy Sci.*, **53**, 330-335.
- HENRY Y., RÉRAT A., 1972. La relation azote énergie dans l'alimentation du porc en croissance. *IXth Intern. Cong. Nutr.*, Mexico.
- TISSERAND J. L., ZELTER S. Z., 1965. Essai de normalisation d'une technique de mesure de la digestion des fourrages *in vitro*. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **5**, 101-111.
- ZELTER S. Z., CHARLET-LERY G., 1972. Influence du traitement hydrothermique d'une orge immature ou mûre réhydratée sur sa valeur alimentaire et celle de l'urée ajoutée, chez le jeune taurillon. *Ann. Zootech.*, **21**, 332-345.
-