

NOTE

**PROTECTION DES PROTÉINES ALIMENTAIRES  
CONTRE LA DÉSAMINATION BACTÉRIENNE  
AU NIVEAU DU RUMEN**

**III. — EFFET DU TANNAGE DE LA PROTÉINE DU LAIT  
SUR SON DEVENIR DANS LE RUMEN ET SON EFFICACITÉ MÉTABOLIQUE  
CHEZ LE MOUTON ADULTE A L'ENTRETIEN**

J. DELORT-LAVAL, Françoise LEROY et S.-Z. ZELTER  
avec la collaboration technique de Monique DIEZ, Michèle FISZLEWICZ,  
Marguerite NAVILLE, J. BRUERRE et Ph. BEAUMATIN

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

---

**INTRODUCTION**

Les protéines alimentaires sont profondément remaniées dans le rumen par les actions cataboliques et anaboliques de la flore digestive. Lorsque la protéine est de qualité médiocre, ces actions sont généralement bénéfiques, par suite de sa transformation partielle en azote microbien, caractérisé par un meilleur équilibre amino-acide. Par contre, si elle est bien équilibrée au départ et vulnérable aux désaminases, le processus catabolique l'emporte souvent et il en résulte un amoindrissement de son efficacité azotée finale. Sa protection contre l'attaque de la micropopulation ruminale devrait par conséquent améliorer grandement son utilisation métabolique par l'animal.

LEROY *et al.* (1964) ont effectivement montré que la formation de complexes insolubles entre protéines et substances tannantes entraîne une réduction substantielle de l'ammoniogénèse dans le rumen ; mais il a également été constaté (LEROY et ZELTER, 1970) que le traitement par tannage peut réduire l'utilisation digestive de l'azote du régime. Semblable traitement offrirait donc de l'intérêt seulement dans la mesure où il serait démontré que l'épargne azotée, procurée par l'insolubilisation des protéines, ainsi soustraites à l'action des protéases et des désaminases de la micropopulation ruminale, pourrait surpasser la baisse de digestibilité observée après tannage.

Dans ce but, nous avons étudié le devenir d'une source de protéines solubles et riches en acides aminés essentiels, la poudre de lait écrémé, tannée ou non, au niveau du rumen et l'effet de ce tannage sur le bilan d'azote du mouton adulte à l'entretien.

## MATÉRIEL, ET MÉTHODES

## 1. — Dispositif expérimental

Six moutons adultes de race *Ile-de-France*, porteurs de canules permanentes de rumen, sont répartis en deux lots comparables, en fonction de leur poids vif (63 à 75 kg). Après dix jours d'adaptation aux régimes expérimentaux, ils sont placés en cages à métabolisme individuelles et soumis durant dix jours à une mesure de bilan de matière sèche, de matière organique et d'azote. Deux séries de prélèvements sur chaque animal sont effectuées ensuite après un repas test, à trois jours d'intervalle, pour l'étude de l'évolution postprandiale de l'ammoniogenèse et de la teneur en acides gras volatils dans la rumen.

## 2. — Régimes alimentaires

Les régimes alimentaires des deux lots expérimentaux comprennent, outre une quantité fixée (environ 175 g de matière sèche) d'un foin de graminées de qualité médiocre, un aliment composé (tabl. I) dont environ 40 p. 100 de l'azote est fourni par la poudre de lait non tannée ou tannée. Le tannage de ce produit a été obtenu par addition de 15 parties de matière sèche d'extrait tannant de châtaignier à 100 parties de poudre de lait écrémé selon la technique décrite précédemment (ZELTER *et al.*, 1970). Après un temps de contact de deux à quatre heures, le taux de matière sèche du mélange a été amené à 90 p. 100 par un séchage de quatre à sept heures à une température inférieure à 50°C. L'efficacité de ce traitement a été mesurée par le taux d'azote restant soluble en milieu trichloracétique à 10 p. 100 après incubation de 16 heures à 39°C en présence d'un inoculum de panse : le tannage a abaissé ce taux de 69,5 pour le témoin à 7,6 p. 100 pour le lait tannée, soit une réduction de 89 p. 100 en valeur relative.

TABLEAU I

*Formule des aliments composés expérimentaux*

Aliment	Tanné	Non tanné
Poudre de lait tannée .....	18	—
Poudre de lait non tannée .....	—	15
Orge .....	10	10
Maïs .....	11	10
Avoine .....	10	10
Pulpe sèche de betterave .....	20	25
Paille d'avoine .....	26	25
Huile de maïs .....	3	3
Sel marin .....	1	1
Phosphate bicalcique .....	1	1
Total .....	100	100

*Teneurs moyennes des aliments*  
en p. 100 de la matière sèche

	Aliment tanné	Aliment non tanné	Foin
Protéines brutes .....	11,9	12,4	10,0
Cellulose brute .....	14,5	16,3	33,5
Cendres brutes .....	9,2	7,5	9,1

L'aliment composé, présenté en agglomérés de 5 mm de diamètre, est distribué en deux repas égaux, à huit heures d'intervalle (9 h-17 h), et le foin durant la nuit, la quantité totale de matière sèche distribuée étant ajustée à la taille métabolique de l'animal. Un supplément vitaminique (3 000 UI de vitamine A + 600 UI de vitamine D) sous forme huileuse est ajouté au repas du matin. L'eau de boisson est consommée à volonté par l'animal durant le bilan azoté ; elle lui est retirée, pour la journée, quinze minutes avant le repas d'épreuve qui précède les prélèvements dans le rumen.

### 3. — Techniques de collecte et d'analyse

Des prélèvements de contenus de rumen sont effectués 15, 30, 60, 90, 150, 210, 300, 360 et 420 minutes après le début du repas d'épreuve. Un prélèvement témoin est effectué à jeun, quinze minutes avant le début de ce repas. 200 ml d'une solution aqueuse à 5 p. 100 de polyéthylène-glycol (PEG), destiné à évaluer le volume de liquide du rumen, y sont introduits par la canule au temps 90 minutes. Les techniques de prélèvement et d'analyse de ces échantillons sont décrites ailleurs (LEROY et ZELTER, 1970).

Les bilans d'azote sont établis sur deux sous-périodes de 5 jours et comportent l'analyse des aliments et des refus, de l'urine recueillie en milieu acide et des fèces frais, acidifiés au moment de la récolte, broyés et homogénéisés. Les constituants majeurs des aliments (tabl. 1) et des matières fécales sèches sont dosés selon les méthodes officielles d'analyse des aliments des animaux. L'azote est dosé sur l'urine et les matières fécales fraîches par microkjeldahl après minéralisation d'une prise d'essai contenant environ 100 mg N. L'attaque acide intervient en milieu sulfurique, en présence de catalyseurs (sulfates de potassium et de cuivre, oxyde rouge de mercure).

## RÉSULTATS

Les données concernant l'évolution postprandiale de quelques métabolites dans le rumen après le repas d'épreuve sont groupées dans la figure 1 ; celles qui concernent le bilan d'azote et de matière sèche sur ces mêmes animaux sont indiquées dans les tableaux 2 et 3.

TABLEAU 2

Résultats moyens journaliers du bilan

Régime Animal	Tanné			Non tanné		
	1	6	46	2	3	49
N ingéré (g) .....	16,35	18,05	17,24	17,85	18,02	18,01
N fécal (g) .....	5,50	5,54	5,34	4,96	4,99	5,15
N urinaire (g) .....	8,27	10,55	8,16	11,15	10,12	11,25
N bilan (g) .....	2,58	1,96	3,74	1,73	2,91	1,61
Matière sèche ingérée (g) .....	883	972	931	931	939	938
CUD * Matière sèche (%) .....	69,8	72,4	68,2	72,4	72,0	71,9
CUD* Matière organique (%) .....	71,5	74,1	70,5	74,6	74,2	74,1
Poids vif (kg) .....	64,7	71,6	70,5	68,3	66,8	67,1
Nda p. 100 MOD ** .....	1,89	1,91	2,00	2,01	2,03	2,00

\* Coefficient d'utilisation digestive.

\*\* Digéré apparent p. 100 matière organique digérée.

1. — *Teneur en azote soluble et ammoniacal et acidité volatile du contenu du rumen après un repas test*

Les concentrations d'azote ammoniacal, d'azote soluble et d'acidité volatile totale, dans les prélèvements qui précèdent et suivent le repas d'épreuve, sont regroupés dans la figure 1a, où chaque point représente, sauf pour l'azote soluble, la moyenne des données recueillies à trois

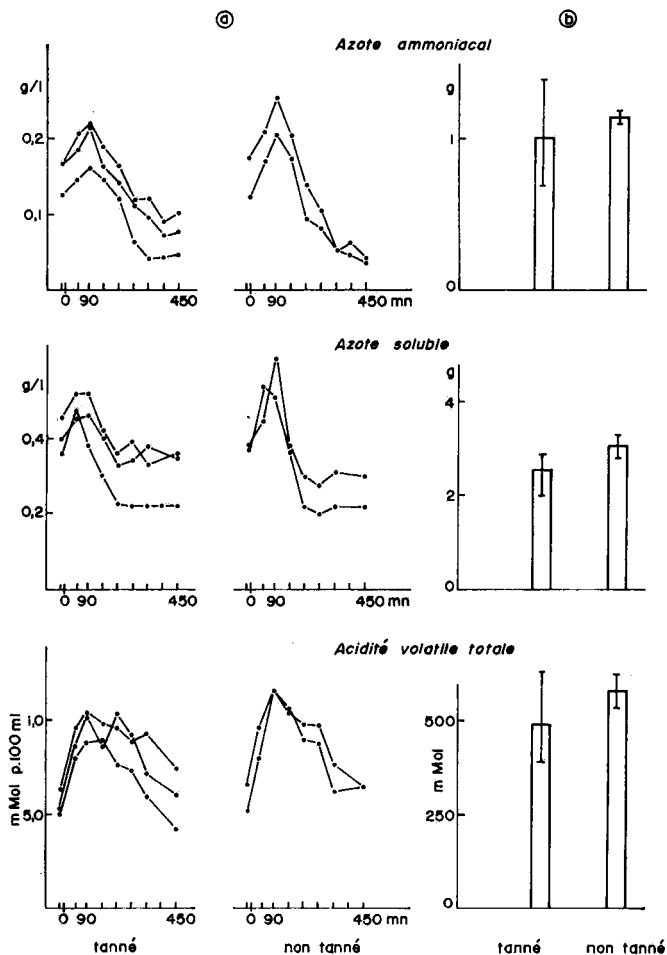


FIG. 1. — *Teneur et quantité de quelques métabolites dans le rumen du Mouton après un repas test*

- a) Évolution de la teneur en fonction du temps  
b) Quantité totale 90 minutes après le début du repas

jours d'intervalle sur le même animal. La quantité trop faible d'aliment ingéré par l'un des animaux du groupe « non tanné » nous a conduit à l'éliminer de l'essai.

Les teneurs en azote soluble différencient les deux traitements. Le maximum atteint, entre 45 et 90 minutes après le repas, est nettement moins accusé dans le lot d'animaux recevant l'ali-

ment tanné ; dans ce cas, la décroissance de cette teneur est plus lente et il en résulte une teneur en azote soluble dans la panse plus élevée, au-delà de trois heures après le repas.

Le pic d'azote ammoniacal se forme plus tardivement, vers 90 minutes. La différence entre les deux traitements, quoique de même sens que pour l'azote soluble, est moins nette et la décroissance de la courbe du témoin est ici encore plus rapide que celle des animaux recevant le régime « tanné ».

La teneur en acides gras volatils paraît elle aussi légèrement diminuée par le tannage.

Les quantités totales de ces métabolites dans la panse, estimées à l'aide du PEG à 90 minutes sont également plus réduites (fig. 1 b), mais aucune de ces différences n'est significative, en raison notamment de la variabilité des données relatives au volume des contenus de panse dans le groupe tanné. Cette variabilité et certaines anomalies dans l'évolution des concentrations de PEG en fonction du temps pourraient être expliquées par la présence d'acide tannique libre dans l'aliment ou le rumen. Il est en effet connu que ces deux substances sont susceptibles de former des complexes insolubles (KAY, 1969).

## 2. — Bilan d'utilisation de la matière sèche et de l'azote

Dans le groupe recevant les protéines tannées, l'utilisation digestive de la matière sèche (70,1) et de la matière organique (72,1) du régime est inférieure à celle du témoin, soit respectivement 72,1 et 74,3 (tabl. 2). Il en va de même (tabl. 3) pour celle de l'azote (68,2 contre 72,0) ; malgré cet accroissement de l'excrétion fécale par rapport au témoin (tabl. 2), le bilan azoté, qu'il soit rapporté à l'azote digéré ou à l'azote ingéré (tabl. 3), est favorable au groupe expérimental, en dépit de la grande variabilité des résultats. La déperdition d'azote fécal liée au tannage est ainsi plus que compensée par l'amélioration de l'utilisation métabolique de l'azote digéré.

TABLEAU 3

### Utilisation digestive et métabolique de l'azote alimentaire

Régime tanné		Régime non tanné	
<i>Utilisation digestive (N digéré p. 100 N ingéré)</i>			
	66,4		72,2
	69,3		72,3
	69,0		71,4
Moyenne	68,2		72,0
<i>Rétention (N bilan p. 100 N digéré)</i>			
	23,8		13,4
	15,7		22,3
	31,4		12,5
Moyenne	23,6		16,1
<i>Utilisation pratique (N bilan p. 100 N ingéré)</i>			
	15,8		9,7
	10,9		16,1
	21,7		8,9
Moyenne	16,1		11,6

## DISCUSSION

Si nos résultats confirment ceux de travaux antérieurs (LEROY et ZELTER, 1970), ils s'en distinguent néanmoins à divers points de vue : nos régimes contiennent moins de matières azotées (12 contre 16 p. 100 de la matière sèche) et davantage de céréales (31 contre 10) que ceux des précédents essais. Il n'est donc pas surprenant, dans ces conditions, que l'effet du traitement soit moins nettement mis en évidence, surtout en ce qui concerne l'azote ammoniacal. L'ammoniogenèse postprandiale dans le rumen reste basse même avec le régime témoin, ce qui suggère une consommation rapide de l'azote ammoniacal pour une protéosynthèse microbienne accrue dans un milieu suffisamment riche en glucides, et notamment en lactose apporté par la poudre de lait. Une telle hypothèse pourrait expliquer la proportion peu importante d'azote ammoniacal dans le liquide du rumen.

La production d'acides gras volatils totaux est, elle aussi, légèrement amoindrie par le tannage, mais de manière non significative. Il en va de même pour l'utilisation digestive de la matière sèche et de la matière organique ; cette observation est en accord avec la thèse de LITTLE *et al.*, (1963), d'après laquelle la cellulolyse peut être réduite en l'absence d'une quantité suffisante d'azote facilement attaquant par la microflore du rumen.

Durant la période de bilan, les niveaux d'ingestion de matière sèche et le rapport azote/énergie (MAD/UF = 100) sont comparables. Les quantités d'énergie nette ingérées, calculées à partir des données du bilan, étaient suffisantes pour satisfaire le besoin d'entretien (0,7-0,8 UF/j) de nos animaux.

La moindre digestibilité des protéines est caractéristique du traitement avec des doses élevées d'extrait tannant de châtaignier (LEROY et ZELTER, 1970) ou de formaldéhyde (RATTRAY et JOYCE, 1970). La variabilité de cet effet selon l'individu pourrait être liée à l'aptitude de ce dernier à détruire les complexes tannin-protéines dans le tractus digestif.

Il est possible de calculer de combien le tannage modifie l'efficacité de la protéine traitée, qui représente environ 40 p. 100 de l'azote du régime. Si l'on rapporte la différence des pertes fécales entre les deux régimes au seul azote de la poudre de lait expérimentée, il apparaît que le tannage réduirait d'environ huit points la digestibilité apparente de la protéine de lait. Le résultat du bilan, rapporté à la même quantité d'azote, montre une amélioration légèrement supérieure à 10 p. 100 de la rétention apparente de l'azote ingéré sous forme de poudre de lait tannée. Étant donné le médiocre rendement global de transformation de l'azote ingéré par le mouton adulte à l'entretien, cette amélioration se traduit bien plus nettement en pourcentage au niveau du coefficient d'utilisation protéique de l'azote (+ 39 p. 100 ; tableau 2) dont la variabilité reste toutefois importante.

Le présent essai n'a pas le caractère démonstratif des expériences qui ont conduit à mettre en évidence au niveau du rumen l'effet du tannage des protéines (LEROY et ZELTER, 1970) et ce, principalement en raison du nombre limité d'animaux dont nous disposions et de l'importance des variations individuelles observées. Il est cependant intéressant de noter que, même avec un niveau azoté alimentaire plus faible que dans les précédents essais et un rapport azote/énergie plus favorable à une bonne utilisation de l'azote soluble dans le rumen, la tendance des résultats de cette étude, qui remonte à 1966, reste favorable aux protéines tannées. L'épreuve ultérieure de croissance sur chevreaux précocement sevrés, mentionnée dans une précédente communication (DELORT-LAVAL et ZELTER, 1968), ainsi que les travaux plus récents de DRIEDGER *et al.* (1969) et de REIS et TUNKS (1969) l'ont confirmé depuis.

*Reçu pour publication en juillet 1971.*

## REMERCIEMENTS

Ces recherches ont été poursuivies avec le concours de la Société des Produits Chimiques et Cellulose Rey, à qui vont nos vifs remerciements, et avec l'aide financière de la D. G. R. S. T. (contrat 67 00 751).

## SUMMARY

PROTECTION OF PROTEINS IN THE FEED AGAINST DEAMINATION  
BY BACTERIA IN THE RUMEN. III. — EFFECT OF TANNING MILK  
PROTEIN ON ITS FATE IN THE RUMEN AND ITS METABOLIC  
EFFICIENCY IN ADULT SHEEP AT MAINTENANCE

Treatment of skimmed milk powder with a tanning substance extracted from chestnut wood markedly reduced (— 89 per cent) the solubility of its proteins both in an artificial rumen and in sheep with a permanent rumen cannula.

When included, in a balance experiment, in the diet of adult sheep, the tanned protein caused a small decrease in digestibility of nitrogen (68.2 vs 72.0). There was a significant improvement in nitrogen retention (23.6 vs 16.1) and practical utilisation (16.1 vs 11.6 per cent).

Tanning had no significant effect on digestibility of organic matter or production of total volatile fatty acids in the rumen.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- DELORT-LAVAL J., ZELTER S.-Z., 1968. Improving the nutritive value of proteins by tanning process *Proc. 2nd World Conf. anim. Prod.*, Beltsville, Maryland, 457-458.
- DRIEDGER A., HATFIELD E. E., GARRIGUS U. S., 1969. Effect of tannic acid treated soybean meal on growth and nitrogen balance (abstr.). *J. anim. Sci.*, **29**, 156-157.
- KAY R. N. B., 1969. Effect of dietary tannic acid on the solubility of polyethylene-glycol. *Proc. Nutr. Soc.*, **28**, 22A-23A.
- LEROY F., ZELTER S.-Z., FRANÇOIS A.-C., 1964. Protection des protéines alimentaires contre la désamination bactérienne au niveau du rumen. *C. R. Acad. Sci. (Paris)*, **259**, 1592-1595.
- LEROY F., ZELTER S.-Z., 1970. Protection des protéines alimentaires contre la désamination bactérienne au niveau du rumen. II. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **10**, 401-412.
- LITTLE C. O., BURROUGH S. W., 1963. Nutritional significance of soluble nitrogen in dietary proteins. *J. anim. Sci.*, **22**, 358-363.
- RATTRAY P. V., JOYCE J. P., 1970. Nitrogen retention and growth studies with young sheep using two sources of formalin-treated protein. *N. Z. J. agric. Res.*, **13**, 623-630.
- REIS P. J., TUNKS D. A., 1969. Evaluation of formaldehyde treated casein for wool growth and nitrogen retention. *Aust. J. agric. Res.*, **20**, 775-781.
- ZELTER S.-Z., LEROY F., TISSIER J.-P., 1970. Protection des protéines alimentaires contre la désamination bactérienne au niveau du rumen. I. Études *in vitro*. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **10**, 111-122.