

## **Alimentation d'agneaux à partir d'une paille traitée à l'ammoniac**

### **II. - Cinétique biochimique de la dégradation dans le rumen de la paille traitée**

R. CORDESSE et M. TABA-TABAI

avec la collaboration technique de Michèle PHILIPPY et M. JAILLER

*I.N.R.A., Station de Physiologie animale,*

*E.N.S.A., place Viala,*

*F 34060 Montpellier Cedex*

#### **Résumé**

Les produits de dégradation de la paille traitée à l'ammoniac au cours de la digestion ont été analysés chez des agneaux pesant entre 20 et 35 kg, alimentés avec des rations comportant 70 p. 100 de paille traitée à l'ammoniac.

Les prélèvements ont été réalisés à 9 heures avant la distribution de la ration de paille, à 10 heures avant la distribution de la ration concentrée, puis à 11 heures, 12 heures, 13 h 30, 15 h 30 et 17 h 30.

La flore microbienne du rumen, facteur essentiel de la dégradation des structures lignifiées, trouve avec ce régime un pH favorable compris entre 6 et 7, une teneur minimale en ammoniac suffisante toute la journée ( $> 20$  mg/100 ml de jus de rumen) pour soutenir une activité métabolique importante, sans jamais approcher des concentrations qui puissent être toxiques ( $> 60$  mg/100 ml de jus de rumen).

Les teneurs en acides gras volatils du jus de rumen ont été très voisines de celles rencontrées avec des rations alimentaires classiques.

L'urémie est restée toujours faible ( $< 70$  mg/ml de plasma).

Les pailles traitées à l'ammoniac peuvent donc sans aucune toxicité couvrir la majeure partie des besoins de ruminants peu exigeants.

#### **1. - Introduction**

L'utilisation de l'azote non protéique dans l'alimentation des ruminants est déjà ancienne et les articles de CHALMERS & WHITE (1969), CHALUPA (1968 et 1972) constituent une revue très large des conditions d'utilisation de l'ammoniac par les microorganismes du rumen. L'ammoniac est utilisé préférentiellement par de nombreuses souches de bactéries du rumen (BRYAND & ROBINSON, 1962, cités par LA-

COSTE, 1964) pour leurs propres synthèses, mais exigent une partie de l'aliment azoté sous forme protéique (MAENG *et al.*, 1976). L'utilisation maximum de l'ammoniac pour les synthèses protéiques se réalise à des doses aussi faibles que 5 à 8 mg d'azote/100 ml de jus de rumen (I.N.R.A., 1978, HUME, 1970). Par contre, des doses élevées d'ammoniac de l'ordre de 170 mg/100 ml à pH supérieur à 7,3 (HELMER & BARTLEY, 1971) peuvent devenir toxiques. Les accroissements rapides du taux d'azote ammoniacal peuvent également avoir des effets toxiques : 100 mg/100 ml de jus de rumen atteints en moins de 30 mn (STILES *et al.*, 1970).

La meilleure connaissance des conditions d'utilisation de l'ammoniac par la flore bactérienne a amené les nutritionnistes à proposer certaines sources d'A.N.P. (\*) en remplacement de l'azote protéique mieux valorisé par le monogastrique (LOSSLI & Mc DONALD, 1968, VAN HOECKE & COTTYN, 1979). Mais actuellement c'est essentiellement l'urée qui est employée. CHOMYSZYN & ZIOLECKA (1972) rapportent, pour leur part, un ensemble de travaux dans lesquels l'ammoniac a été utilisé comme source d'enrichissement azoté des fourrages pauvres. Ils soulignent en particulier la libération lente et graduelle de l'ammoniac dans le jus de rumen. En effet, celui-ci semble être fixé sur les groupements métoxyl des esters de l'acide galacturonique des pectines (PUJSZO, 1960-1961, cité par CHOMYSZYN, 1972) ou par une liaison chimique qui n'est que partiellement déplacée par un traitement à la soude 2N (WAAGE-PETERSEN & VESTERGAARD-THOMSEN, 1977). Ces liaisons expliquent l'absence de toxicité des pailles enrichies par l'ammoniac (AL RABBAT & HEANEY, 1978, a, b ; SUNDSTØL *et al.*, 1978-1979).

Dans notre travail précédent (CORDESSE & TABA-TABAI, 1981) nous avons montré que les pailles traitées à l'ammoniac peuvent, sans aucune toxicité, couvrir la majeure partie des besoins des ruminants peu exigeants grâce à l'amélioration de leur coefficient de digestibilité et à la fixation d'azote sur leurs structures organiques.

Pour approfondir cette étude nous avons alimenté des agneaux sevrés dans des conditions comparables d'apports énergétiques et azotés. Nous avons alors mesuré les variations du pH, des concentrations en ammoniac et en acides gras volatils au niveau du jus du rumen ainsi que celle des variations de l'urémie au niveau de la veine jugulaire. Ces observations ont permis de suivre quelques aspects de la cinétique de dégradation de la paille traitée à l'ammoniac. L'étude a porté sur deux types de rations. Pour l'une, une part importante de l'azote était apportée sous forme minérale due au traitement (ammoniac), tandis que pour l'autre ration tout l'azote était d'origine végétale.

## 2. - Matériel et méthodes

Dans le jus de rumen, la libération d'ammoniac, les variations des concentrations en acides gras volatils et les valeurs du pH sont des indices précis des processus de dégradation de la ration alimentaire. Nous avons donc mesuré ces paramètres avec trois rations dont deux étaient enrichies en azote non protéique exogène, tandis que la troisième ne l'était pas.

---

(\*) Azote non protéique.

TABLEAU 1

*Composition centésimale des régimes de chaque lot**Centesimal composition of diets for each experimental group*

Composition alimentaire g/100 g du régime <i>Feed ingredients g/100 g of the diet</i>	L o t s		
	1 n = 5	2 n = 5	3 n = 5
Paille traitée ..... <i>Treated straw</i>	68,0	68,0	—
Orge ..... <i>Barley</i>	29,5	26,0	—
Tourteau de soja (50) ..... <i>Soybean meal</i>	—	3,8	—
Urée ..... <i>Urea</i>	0,3	—	—
Foin de luzerne ..... <i>Lucerne hay</i>	—	—	47,6
Foin de Ray-Grass Italien ..... <i>Italian Ray-Grass hay</i>	—	—	50,0
Minéraux et vitamines ..... <i>Minerals and vitamins</i>	2,2	2,2	2,4
TOTAL .....	100	100	100
MS p. 100 ..... <i>Dry matter</i>	91	91	84
MAT p. 100 de MS ..... <i>Total crude protein</i>	11,0	11,0	9,3
N non protéique/p. 100 N total ..... <i>Non proteic nitrogen/p. 100 total nitrogen</i>	49	38	0
UFL p. 100 MS .....	0,078	0,079	0,060
PDIN p. 100 MS .....	7,42	8,11	5,94
PDIE p. 100 MS .....	7,87	8,59	7,14
Cellulose brute p. 100 MS ..... <i>Crude cellulose % dry matter</i>	31,0	31,0	37,2

La paille de blé dur stockée dans une enceinte étanche réalisée avec du film plastique, a subi pendant 8 semaines un traitement avec de l'ammoniac à raison de 5 p. 100 du produit brut. Les caractéristiques du produit obtenu étaient les suivantes : 0,66 UFL, 66 g PDIN et 71 g PDIE (CORDESSE & TABA-TABAI, 1981). La composition des régimes est présentée dans le tableau 1. Les rations 1 et 2 ont apporté respectivement 49 et 38 p. 100 d'azote non protéique, par rapport à l'azote total, la paille représentant 68 p. 100 de la matière sèche totale ingérée. La ration 3 a été établie en fonction de l'énergie ingérée par les animaux recevant les rations 1 et 2.

La partie grossière de la ration a été distribuée à 9 h, la partie concentrée à 10 h. Les refus de paille, et éventuellement de luzerne, toujours inférieurs à 15 p. 100 des quantités distribuées sont éliminés avant la distribution du nouveau repas.

Nous avons utilisé 15 agneaux mâles âgés de 70 jours, issus du croisement d'un bélier Berrichon et de brebis F1 Romanov × Mérinos et répartis au hasard au moment du sevrage en trois lots de 5 animaux par lot. Les rations sont équilibrées en énergie et en azote, les quantités ingérées par les animaux du lot 3 étant plus importantes.

Les animaux ont été conduits par lot, en stabulation libre sur aire paillée.

#### *Méthodes de dosages*

Les acides gras volatils ont été déterminés par le laboratoire des aliments du CRZV de Theix par chromatographie en phase gazeuse (DULPHY & DEMARQUILLY, 1979) sur un échantillon de jus de rumen additionné, au moment du prélèvement, de 3 ml d'une solution de chlorure de mercure et d'acide orthophosphorique agissant comme stabilisateur, le tout stocké à  $-25^{\circ}\text{C}$ .

La mesure du pH a été faite par lecture directe dans un échantillon de jus de rumen après l'avoir laissé décanter quelques minutes. L'ammoniac a été dosé par la méthode colorimétrique de Nessler (UMBREIT, BURRIS & STAUFFER, 1959) qui utilise la formation d'un complexe d'ammoniac avec le tétraiodomercurate de potassium en milieu basique après centrifugation du jus de rumen durant 15 mn à 2 500 g. Nous avons dosé toutes les formes d'ammoniac, libres et ionisées, par mesure directe, sans minéralisation, sur un échantillon de la fraction surnageante.

Pour doser l'urémie nous avons utilisé la réaction colorée obtenue en traitant l'urée du plasma par la diacétylmonoxie en milieu sulfurique. La réaction colorée a été testée par comparaison à une gamme étalon réalisée en même temps que le dosage de l'échantillon de plasma (MOORE & SAX, 1965).

Tous les animaux ont été successivement utilisés de la neuvième à la treizième semaine, après le début de l'expérience ; un seul animal par lot a subi l'ensemble des prélèvements en une seule journée.

Les prélèvements de jus de rumen ont été faits par aspiration directe dans le rumen à travers la lumière d'un trocart placé pour toute la journée dans le flanc gauche de l'agneau. La présence du trocart ne perturbait pas l'animal qui mangeait et ruminait normalement (sauf dans un cas sur 15 où l'animal a manifesté une gêne minime qui a légèrement retardé sa prise d'alimentation).

Les prélèvements de sang ont été pratiqués au niveau de la veine jugulaire à l'aide d'une seringue héparinée.

La première série de prélèvements a eu lieu à 9 h, avant la distribution de la fraction grossière de la ration, la deuxième série à 10 h avant la distribution de la ration concentrée, et les prélèvements suivants à 11 h, 12 h, 13 h 30, 15 h 30 et 17 h 30.

### 3. - Résultats

L'ingestion de paille s'est répartie tout au long de la journée, les premiers repas étant les plus importants. La fraction concentrée a été totalement ingérée 1 h à 1 h 30 après sa distribution.

Les figures 1, 2, 3 et 4 et le tableau 2 présentent la moyenne et les valeurs extrêmes de l'ensemble des résultats de nos dosages. Les résultats obtenus à 9 h correspondent au niveau de base des différents paramètres mesurés.

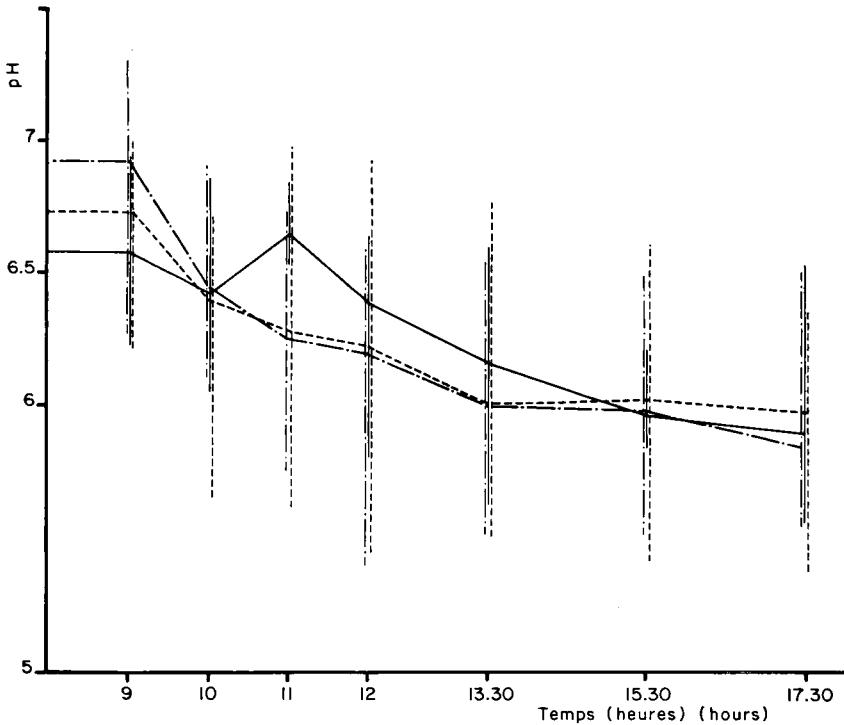


FIG. 1

*Evolution du pH dans le jus de rumen (moyennes et valeurs extrêmes)*  
*pH variation in the rumen juice (average and extreme values)*

Lot 1 ——— Lot 2 - - - - - Lot 3 — . — . —

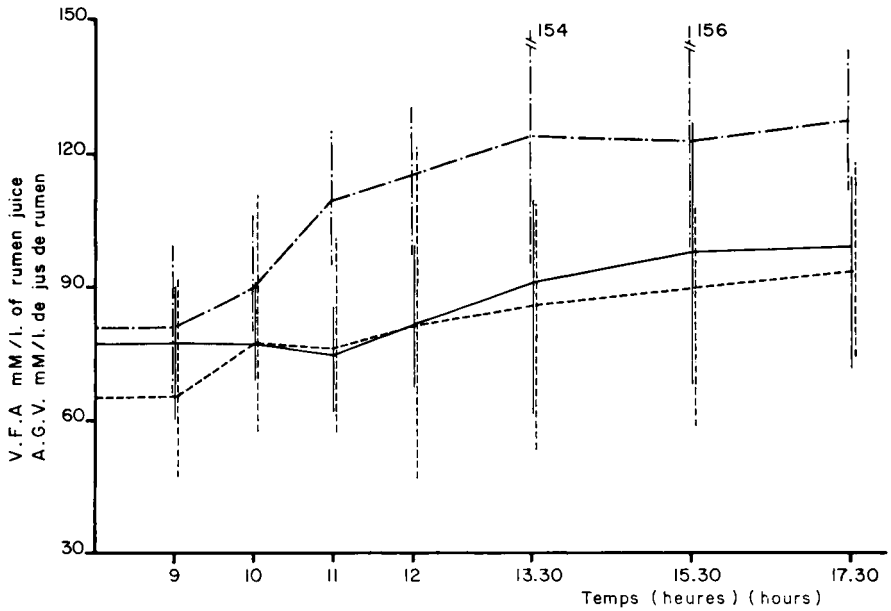


FIG. 2

*Evolution de la concentration en acides gras volatils dans le jus de rumen  
(moyennes et valeurs extrêmes)*

*Variation of the volatile fatty acid concentration of the rumen juice  
(average and extreme values)*

Lot 1 ——— Lot 2 - - - - - Lot 3 — . — . —

*pH.* D'une valeur très voisine de la neutralité à 9 h, le pH s'est abaissé régulièrement et d'une façon très comparable pour les lots 1, 2 et 3, à l'exception, dans le lot 1 d'une légère augmentation passagère de pH due probablement à la solubilisation de l'urée (fig. 1).

#### *Acides gras volatils (AGV)*

Les animaux des lots 1 et 2 alimentés à base de paille ont présenté en moyenne des concentrations inférieures à celles rencontrées avec les animaux du lot 3. A 17 h 30 les concentrations en acides gras volatils augmentaient encore dans les trois lots (fig. 2).

L'amplitude de variation a été importante dans tous les cas, même lorsque les prélèvements ont été réalisés avant la distribution du repas.

Pour les lots 1 et 2 (tab. 2), le rapport  $C_2/C_3$  très stable a été voisin respectivement de 3,52 et 3,96. Le lot 3 avec un rapport  $C_2/C_3$  de 3,68 avant le repas du

matin a vu sa teneur en acide acétique légèrement baisser alors que la concentration totale en acides gras volatils augmentait. Le rapport  $C_2/C_3$  s'est établi à la valeur 3 deux heures après le début du repas et pour toute la période des mesures.

TABLEAU 2

*Pourcentage molaire des différents acides gras*

*Molar percentage of the different fatty acids*

Lot	Différents acides <i>Different acids</i>	9 h	10 h	11 h	12 h	13 h 30	15 h 30	17 h 30
1 n = 5	C <sub>2</sub> .....	68,85	69,32	69,35	68,58	67,90	67,00	67,40
	C <sub>3</sub> .....	19,14	18,90	18,79	19,38	19,75	19,98	19,96
	IC <sub>4</sub> .....	0,59	0,56	0,55	0,51	0,48	0,48	0,46
	C <sub>1</sub> .....	9,38	9,42	9,56	9,84	10,13	10,27	10,38
	IC <sub>5</sub> .....	0,96	0,88	0,84	0,79	0,77	0,77	0,77
	C <sub>5</sub> .....	0,75	0,72	0,66	0,72	0,77	0,84	0,81
	C <sub>6</sub> .....	0,32	0,25	0,17	0,18	0,20	0,21	0,22
2 n = 5	C <sub>2</sub> .....	70,25	70,50	70,39	69,86	69,58	69,32	69,20
	C <sub>3</sub> .....	17,02	17,24	17,37	17,54	17,92	18,17	18,34
	IC <sub>4</sub> .....	0,59	0,49	0,45	0,44	0,43	0,44	0,43
	C <sub>1</sub> .....	10,33	10,13	10,22	10,41	10,35	10,47	10,20
	IC <sub>5</sub> .....	0,90	0,77	0,74	0,75	0,79	0,85	0,84
	C <sub>5</sub> .....	0,68	0,63	0,61	0,65	0,71	0,77	0,80
	C <sub>6</sub> .....	0,24	0,21	0,22	0,23	0,21	0,19	0,19
3 n = 5	C <sub>2</sub> .....	70,26	67,37	64,96	64,03	63,54	63,40	64,21
	C <sub>3</sub> .....	18,55	20,25	21,20	21,70	21,64	21,64	21,43
	IC <sub>4</sub> .....	1,13	0,97	0,90	0,81	0,79	0,75	0,69
	C <sub>1</sub> .....	7,64	8,92	10,16	10,69	11,08	11,26	11,04
	IC <sub>5</sub> .....	1,55	1,31	1,19	1,05	1,06	0,98	0,91
	C <sub>5</sub> .....	0,72	1,02	1,39	1,53	1,74	1,73	1,58
	C <sub>6</sub> .....	0,17	0,11	0,16	0,17	0,17	0,24	0,17

C<sub>2</sub> : Acide acétique.

C<sub>3</sub> : Acide propionique.

IC<sub>4</sub> : Acide isobutyrique.

C<sub>1</sub> : Acide butyrique.

IC<sub>5</sub> : Acide isovalérique.

C<sub>5</sub> : Acide valérique.

C<sub>6</sub> : Acide caproïque.

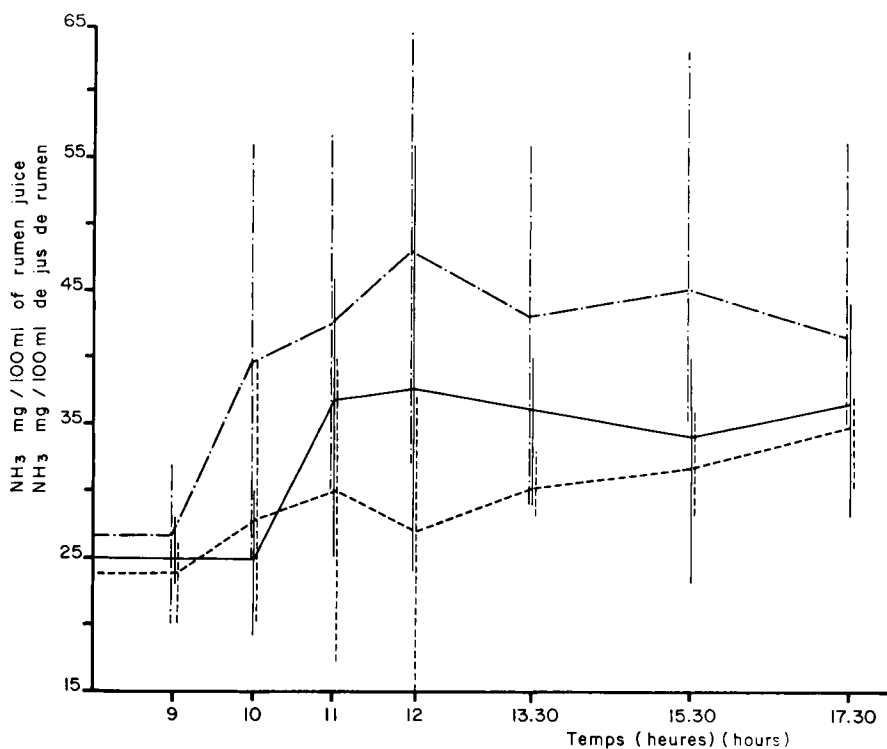


FIG. 3

*Evolution de l'ammoniac dans le jus de rumen (moyennes et valeurs extrêmes)*

*Variation in the ammonia content of the rumen juice (average and extreme values)*

Lot 1 ——— Lot 2 - - - - Lot 3 — . — . — .

#### *Ammoniac (NH<sub>3</sub>)*

Pour les régimes 1 et 2, riches en matières azotées non protéiques, la libération d'ammoniac dans le jus de rumen est restée faible et relativement constante pendant toute la durée des prélèvements (fig. 3). Les valeurs maximales enregistrées ont été de l'ordre de 40 à 50 mg/100 ml de jus de rumen.

Pour le régime 3, la libération d'ammoniac a été supérieure à celle enregistrée pour les régimes 1 et 2.

A 9 h, les variations de concentration entre lots et animaux d'un même lot ont été faibles mais ont augmenté après la distribution du repas, les valeurs extrêmes entre animaux d'un même lot pouvant varier du simple au double.



*Urémie*

L'ensemble des résultats se répartit en deux groupes : les régimes 1 et 2 riches en azote non protéique ont entraîné des urémies stables et faibles (tab. 2, fig. 4).

Le régime 3 qui n'a pas apporté d'azote non protéique exogène a entraîné des concentrations d'urée deux fois plus importantes.

Les variations des concentrations chez les animaux recevant un même régime sont fortes même à jeun.

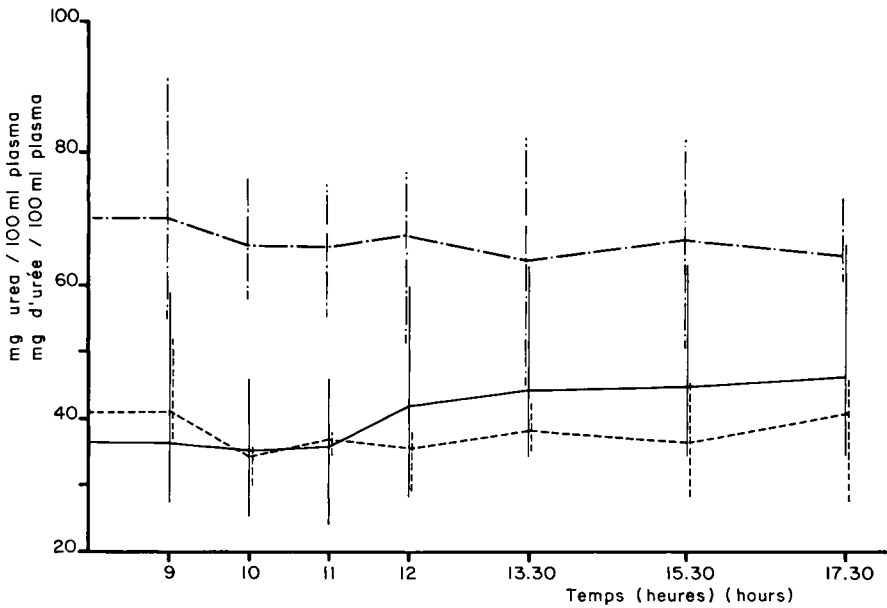


FIG. 4

*Evolution de l'urémie dans le plasma (moyennes et valeurs extrêmes)*

*Variation in the blood level of urea (average and extreme values)*

Lot 1 ——— Lot 2 - - - - - Lot 3 — . — . —

**4. - Discussion**

L'utilisation de la paille après traitement à l'ammoniac comme constituant principal des rations de ruminants à besoins limités est donc conforme aux exigences physiologiques de ces animaux.

En effet, les pH enregistrés dans notre expérience correspondent bien à des conditions favorables à une efficacité satisfaisante de la flore microbienne, particu-

lièrement importante dans le cas d'une ration riche en fibres et en azote non protéique. En effet, KISTNER *et al.* (1979) ont montré que l'activité cellulolytique de la flore bactérienne du rumen est maximale pour les pH compris entre 6 et 7, mais diminue beaucoup avec les pH inférieurs à 5,5. Ces niveaux sont obtenus avec des rations riches en céréales (CHALMER & WHITE, 1969).

Dans notre essai la teneur du jus de rumen en acides gras volatils a varié de 65 à 100 mM/l dans le cas des régimes 1 et 2 et de 80 à 127 mM/l dans le cas du régime 3. L'écart entre les deux types de ration est relativement faible. Ce résultat est en accord avec les travaux de XANDE (1978), HORTON (1978), GARRETT *et al.* (1976), CHOUNG & Mc MANUS (1976), CHATURVEDI, SINGH & RANJHAN (1973) qui, en utilisant des régimes à base de paille traitée aux alcalis mais correctement complétés, trouvent des concentrations en acides gras volatils comparables, généralement compris entre 85 et 90 mM/l.

Des régimes à niveaux énergétiques plus élevés tels que ceux à base d'ensilage d'herbe enrichis en céréales (MULLER & BERANGER, 1979) ou de foin et de pulpe de betterave enrichis en azote (HODEN *et al.*, 1975) conduisent à des concentrations en acides gras volatils de 80 à 115 mM/l, valeurs comparables à celles que nous enregistrons avec des rations à base de paille traitées à l'ammoniac.

Ainsi le traitement des pailles, en augmentant la quantité de matière organique digestible, favorise la formation des acides gras volatils (BIEN-AIMÉ, 1979), principaux produits terminaux de la dégradation (HODEN, 1972) et permet à ces types de ration d'atteindre des niveaux comparables à ceux qu'on observe avec des rations plus classiques.

La proportion relative des différents acides gras volatils traduit la nature des fermentations microbiennes. Dans notre étude, le rapport  $C_2/C_3$  qui est resté élevé correspond bien aux résultats obtenus avec les rations riches en cellulose (HORTON, 1978). Avec le régime 3, l'abaissement de ce rapport jusqu'à la valeur 3 peut s'expliquer par la présence de Ray-Grass Italien (RGI) dans la ration. En effet, selon JARRIGE, JOURNET & VERITÉ (1978), la dégradation du Ray-Grass Italien conduit à une proportion plus élevée d'acide propionique dans le pool des acides gras volatils.

Le taux d'ammoniac dans le jus de rumen qui résulte du bilan entre la libération d'ammoniac à partir de l'apport alimentaire et son utilisation par la microflore reste le problème le plus particulier de ce type d'alimentation. Les variations de concentration en ammoniac dans le jus de rumen sont restées faibles, les valeurs minimales ont été cependant toujours supérieures à 20 mg. Or la flore microbienne peut utiliser l'ammoniac à des concentrations aussi faibles que 5 mg/100 ml (COPPOCK, PEPLOWSKI & LAKE, 1976). Contrairement à l'urée qui est ingérée avec la ration concentrée, l'ammoniac, qui représente 38 p. 100 de l'apport azoté dans les rations 1 et 2, est lié à la matière organique de la paille. Son ingestion et sa libération dans le jus de rumen se font donc d'une façon progressive au cours de la journée. Les études, *in vitro*, de WAAGEPETERSEN & VESTERGAARD THOMSEN (1977) qui établissent une relation entre la teneur en équivalent protéique de l'aliment traité à l'ammoniac et la solubilité de la matière organique par une cellulase confirment nos résultats. De même CHOMYSZYN & ZIOLECKA (1972) étudiant la libération d'ammoniac dans le jus de rumen ne trouvent aucune différence significative entre les animaux recevant des aliments traités et les témoins recevant des rations classiques équilibrées.

L'urémie mesurée sur les lots 1 et 2, dont les rations étaient riches en azote non protéique, est restée toujours faible et comprise entre 35 et 40 mg/100 ml de plasma. Le lot 3 présente des concentrations moyennes voisines des valeurs maximales normalement acceptées. En effet, d'après FERRANDO, N'DIAYE & LEFEVRE (1973) l'urémie normale se situe entre 25 et 70 mg/100 ml de plasma mais les animaux supportent des concentrations passagères plus élevées : 120 mg/100 ml. HORTON (1978) avec des bouillons et des rations renfermant environ 50 p. 100 de paille traitée et 50 p. 100 de concentré révèle des teneurs plasmatiques en urée très faibles d'environ 10 mg/100 ml, inférieures à celles observées avec les rations à base de paille traitée seule. Ce résultat correspond bien à celui que nous obtenons et semble montrer que l'apport de céréales, conjointement à la paille traitée, permet de mieux valoriser l'ammoniac fixée.

### 5. - Conclusions

Dans une étude précédente, nous avons montré que la paille après traitement à l'ammoniac, peut, grâce à l'amélioration de son coefficient de digestibilité et à la fixation d'azote sur ses structures organiques, sans aucun risque de toxicité, couvrir la majeure partie des besoins d'animaux peu exigeants.

Alors que la complémentation azotée des rations avec de l'urée conduit souvent à une ingestion rapide de la fraction d'azote non protéique et un taux élevé d'ammoniac dans le jus de rumen pendant une période relativement brève, il n'en est rien pour les rations à base de paille traitée à l'ammoniac.

— L'ingestion d'ammoniac accompagne nécessairement l'ingestion de la paille qui est lente et se poursuit sur une partie importante de la journée.

— La solubilité de l'ammoniac reste faible.

Dans notre expérience, la paille traitée représente 70 p. 100 de la ration totale. Dans ces conditions, le pH du jus de rumen entre 6 et 7 semble correspondre à un optimum pour de nombreux microorganismes du rumen. Le taux d'ammoniac dans le rumen reste faible, 20 à 40 mg d'azote ammoniacal pour 100 ml dont une partie importante, à cause du pH légèrement acide, est vraisemblablement ionisée en ions ammonium incapables de traverser la paroi du rumen. Aussi l'urémie qui dépend directement du métabolisme azoté et du pH régnant dans le rumen reste dans les normes physiologiques. De plus, on constate que la teneur en acides gras volatils et leur équilibre entre eux correspondent à ceux rencontrés avec des rations classiques.

Il découle de ces observations que pour les animaux d'élevage extensif, parfois amenés à subir de pénuries de fourrage plus ou moins prolongées, les pailles ou les fourrages de mauvaise qualité pourraient à l'aide d'un traitement à base d'ammoniac et d'une complémentation énergétique convenable couvrir les déficits alimentaires. Les techniques à mettre en application sont simples et l'ingestion de ce produit ne semble entraîner aucun risque de toxicité. Des travaux, avec des effectifs importants et sur des périodes longues permettraient de préciser les conséquences de cette alimentation sur les performances de l'animal à plus long terme.

*Accepté pour publication en juillet 1981.*

### Summary

#### *Lamb feeding with ammonia treated straw.*

#### II. - Biochemical kinetics of the break down of treated straw in the rumen

The breakdown products of ammonia treated straw were analysed in lambs weighing between 20 and 35 kg and fed diets including 70 p. 100 ammonia treated straw.

Samplings were made at 9.00 o'clock before the straw feeding, at 10.00 o'clock before administration of the concentrate feed and then at 11.00, 12.00, 13.30, 15.30 and 17.30.

The microbial flora of the rumen which is essential for degradation of lignified structures, showed a favourable pH ranging from 6 to 7 (Fig. 1) and a satisfactory minimum ammonia level the whole day long (> 20 mg/100 ml rumen juice) allowing a large metabolic activity; ammonia concentrations which may be toxic were never reached (> 60 mg/ml rumen juice) (Fig. 3).

The volatile fatty acid contents of the rumen juice (Fig. 2) were very similar to those obtained with usual diets.

The uremia (Fig. 4) remained always low (< 70 mg/100 ml rumen juice).

Accordingly, there are no risks of toxicity in using ammonia treated straw to meet the main requirements of ruminants.

### Références bibliographiques

- AL-RABBAT M.F., HEANEY D.P., 1978a. The effects of anhydrous ammonia treatment of wheat straw and steam cooking of aspen wood on their feeding value and on ruminal microbial activity. I. - Feeding value assessments using sheep. *Can. J. anim. Sci.*, **58**, 443-451.
- AL-RABBAT M.F., HEANEY D.P., 1978b. The effects of anhydrous ammonia treatment of wheat straw and steam cooking of aspen wood on their feeding value and on ruminal microbial activity. II. - Fermentable energy and microbial growth derived from ammonia nitrogen in the ovine rumen. *Can. J. anim. Sci.*, **58**, 453-463.
- BIEN-AIMÉ A., 1979. Facteurs de variation de la digestibilité des pailles de céréales. *Thèse de 3<sup>e</sup> cycle E.N.S.A.*, Montpellier, 235 p.
- BRYAND M.P., ROBINSON I.M., 1962. Cité par LACOSTE A.M.
- CHALMERS Margaret I., WHITE F., 1969. Urée et autres produits remplaçant les sources protéiques naturelles. *Symposium de l'industrie européenne de l'alimentation animale*, Bâle, Suisse, 1-22.
- CHALUPA W., 1968. Problems in feeding urea to ruminants. *J. anim. Sci.*, **27**, 207-219.
- CHALUPA W., 1972. Metabolic aspects of non protein nitrogen utilization in ruminant animals. *Fed. Proc.*, **31** (3), 1152-1164.
- CHATURVEDI M.L., SINGH U.B., RANJHAN S.K., 1973. Effect of alkali treatment of wheat straw on feed Consumption, digestibility and VFA production in cattle and buffalo calves. *Indian. J. anim. Sci.*, **43**, 677-683.
- CHOMYSZYN M., ZIOLECKA A., 1972. Utilization of ammoniated feeds in ruminant nutrition, in : *Tracer studies on non-protein nitrogen for ruminants*. IAEA-VIENNA. FAO, 153-161.
- CHOUNG C.C., MCMANUS W.R., 1976. Studies on forage cell walls. 3. - Effects of feeding alkali-treated rice hulls to sheep. *J. agric. Sci., Camb.*, **86**, 517-530.

- COPPOCK C.E., PEPLOWSKI M.A., LAKE G.B., 1976. Effect of urea form and method of feeding on rumen ammonia concentration. *J. Dairy Sci.*, **59**, 1152-1155.
- CORDESSE R., TABA-TABAI M.M., 1981. Alimentation d'agneaux à partir d'une paille traitée à l'ammoniac. I. - Valeur nutritive, croissance et composition corporelle. *Ann. Zootech.*, **30**, 137-150.
- DULPHY J.P., DEMARQUILLY C., 1979. Problèmes particuliers aux ensilages. *Journées du XI<sup>e</sup> Grenier de Theix*, 21-23 mars 1979.
- FERRANDO R., N'DIAYE L., LEFEVRE A., 1973. Intégrité du foie et utilisation de l'azote non protéique chez les ruminants, quelques conseils. *Ind. Aliment. anim.*, **3**, 9-19.
- GARRETT W.N., WALKER H.G., KOHLER G.O., HART M.R., 1976. Feed lot response of beef steer to diets containing NaOH or NH<sub>3</sub> treated rice straw. *Proc. 15th California Feeders Day*, pp. 39-47, Univ. California, Davis.
- HELMER L.G., BARTLEY E.E., 1971. Progress in the utilization of urea as a protein replacer for ruminants. A review *J. Dairy Sci.*, **54**, 25-51.
- HODEN A., 1972. Aspects digestifs et métaboliques de l'utilisation de l'azote non protéique par les ruminants recevant des fourrages pauvres. *D.E.A. d'Endocrinologie et de Nutrition*, Clermont-Ferrand, 25 p.
- HODEN A., JOURNET M., DEMARQUILLY C., GUEGUEN L., 1975. Etude de la valeur alimentaire des pulpes déshydratées. Influence de la complémentation azotée. *Bull. tech. C.R.Z.V. Theix*, I.N.R.A., **19**, 5-13.
- HORTON G.M., 1978. The intake and digestibility of ammoniated cereal straws by cattle. *Can. J. anim. Sci.*, **58**, 471-478.
- HUME I.D., 1970. Synthesis of microbial protein in the rumen. III. - The effect of dietary protein. *Aust. J. agric. Res.*, **21**, 305-314.
- JARRIGE R., JOURNET M., VERITE R., 1978. Azote, in : *Alimentation des ruminants*. I.N.R.A. Publications Versailles, 89-128.
- KISTNER A., THERION J., KORNELIUS J.H., HUGO A., 1979. Effect of pH on specific growth rates of rumen bacteria. *Ann. Rech. vét.*, **10**, 266-270.
- LACOSTE A.M., 1964. Acides aminés cycliques et bactéries du rumen. *Ann. Nutr. Aliment.*, **18** (3), 81-85.
- LOOSLI J.K., McDONALD I.W., 1968. Non protein nitrogen in the nutrition of ruminants. *F.A.O. Agric. Stud.*, **75**, 104
- MAENG W.J., VAN NEVEL C.J., BALDWIN R.L., MORRIS J.G., 1976. Rumen microbial growth rates and yields : effets of amino acids and protein. *J. Dairy Sci.*, **59**, 68-79.
- MOORE J.J., SAX S.M., 1965. A revised automated procedure for urea nitrogen. *Clin. Chim. Acta*, **11** (5), 475-476.
- MULLER A., BERANGER C., 1979. Utilisation des pulpes de betteraves déshydratées en complément d'ensilage d'herbe par les bovins en croissance et à l'engrais. *Bull. techn. C.R.Z.V., Theix-I.N.R.A.*, **35**, 53-58
- PUJSZO K., 1960, 1961. Cité par CHOMYSZYN et ZIOLECKA, 1972.
- STILES D.A., BARTLEY E.E., MEYER R.M., DEYOE C.W., PFOST H.B., 1970. Feed processing. VII. - Effect of an expansion processed mixture of grain and urea (Starea) on rumen metabolism in cattle and on urea toxicity *J. Dairy. Sci.*, **53**, 1436-1447.
- SUDNSTOL F., COXWORTH E., MOWAT D.N., 1978. Amélioration de la valeur nutritive de la paille par le traitement à l'ammoniac. *Revue mondiale Zootech.*, **26**, 13-21.
- SUNDSTOL F., SAID A.N., ARNASON J., 1979. Factors influencing the effect of chemical treatment on the nutritive value of straw. *Acta Agric. scand.*, **29**, 179-190.

- UMBREIT W.W., BURRIS R.H., STAUFFER J.F., 1959. *Manometric methods* (Burgess Publ.), pp. 238-274.
- VAN HOECKE P.P., COTTYN B.G., 1979. Comment améliorer la valeur alimentaire de la paille, utilisée comme aliment pour le bétail. Etude bibliographique. 2. - Traitement à l'ammoniac. *Revue de l'Agriculture*, **32**, 89-93.
- WAAGEPETERSEN J., VESTERGAARD THOMSEN K., 1977. Effect of digestibility and nitrogen content of barley straw of different ammonia treatments. *Anim. Feed. Sci. Technol.*, **2**, 131-142.
- XANDE A., 1978. Valeur alimentaire des pailles de céréales chez le Mouton. I. - Influence de la complémentation azotée et énergétique sur l'ingestion et l'utilisation digestive d'une paille d'orge. *Ann. Zootech.*, **27**, 583-599.
- I.N.R.A., 1978. *Alimentation des ruminants*. Ed. I.N.R.A. Publications, Versailles, 597 p.