

Influence d'une réduction des apports alimentaires sur les flux digestifs et l'utilisation des matières azotées par les Caprins

M Halbouche, J Brun-Bellut

Laboratoire science animale INRA-ENSAIA, 2, avenue de la Forêt-de-Haye,
54500 Vandœuvre, France

(Reçu le 3 juin 1994 ; accepté le 3 novembre 1994)

Résumé — L'influence d'une réduction du niveau d'ingestion (75% du consommé *ad libitum*) sur le flux et l'utilisation des composés azotés est étudiée chez 3 chèvres adultes, tarées. La quantité de MO fermentée dans le rumen des chèvres restreintes baisse alors que le pH et la concentration en ammoniac ne varient pas. Le rendement de la synthèse bactérienne diminue (-4%), mais son niveau (151 g PB/kg MOD) reste élevé. Moins d'azote endogène est recyclé dans le rumen (-1,9 g/j) tandis que l'excrétion urinaire d'urée a tendance à augmenter (+0,4 g N urée/j). La diminution du flux d'azote duodénal (-11,3 g/j) est due à celle de l'azote bactérien. Les digestibilités totales de la matière organique et intestinale de l'azote ingéré ne sont pas modifiées par la restriction alimentaire. Une quantité plus faible d'azote est retenue (-5,7 g/j), alors que l'excrétion urinaire n'a pas varié. Moins de 60% d'azote duodénal est sous forme de protéines. Cette fraction est la mieux digérée dans l'intestin grêle (+8 pts). L'ARN est plus fortement digéré (86%) dans l'intestin grêle que le DAPA (moins de 60%).

chèvres / ingestion / flux / azote / ARN / DAP

Summary — Effects of limited intake on nitrogen flow and utilization in dry goats. Limited feeding effects (75% of *ad libitum*) were studied in 3 adult dry goats. Their diet was composed of dried beet pulps (1/3 DM), dried alfalfa (1/3 DM) and hay (1/3 DM). The CP content was 11.9% DM. Rumen fermented OM was decreased by 243 g•d⁻¹, but rumen pH and ammonia content remained the same. Rumen bacteria synthesis efficiency was decreased (-4%), but the value (151 g crude bacteria protein•kg⁻¹ DOM) was higher than conventional values used in PDI and NRC systems. Nitrogen rumen balance (duodenal N-N intake) was lower (-1.9 g•d⁻¹) with restricted goats. This could be related to the increase in urinary urea excretion (+0.4 gN•d⁻¹). There was no significant effect of the limiting feeding on total OM and N digestibilities. The disappearance rate of OM in the rumen and the small intestine tended to be higher (+4 and +8%, respectively) in the restricted animals. Nitrogen retention was lower (-5.7 g•d⁻¹) in restricted goats. Only 59 (or 56%) of the duodenal nitrogen was protein. Their digestibility in the small gut was higher (+8 pts) than NPN digestibility. A total of 86% of duodenal RNA disappeared in the small gut but less than 60% of DAPA was digested in this part.

goats / intake / flow / nitrogen / ARN / DAP

INTRODUCTION

L'effet d'une réduction des apports alimentaires sur l'utilisation des fractions azotées dans les différents compartiments du tube digestif a été peu étudié chez les Caprins (Brun-Bellut *et al*, 1991). La plupart des travaux, conduits sur Ovins et Bovins, indiquent qu'une réduction des apports alimentaires occasionne une modification du fonctionnement du tube digestif : diminution du temps de rumination, augmentation du pH et de la teneur en ammoniac du rumen, réduction de la synthèse microbienne, allongement de la durée de séjour des particules dans le rumen et du transit intestinal (McAllan et Smith, 1983 ; Zinn et Owens, 1983 ; Rooke *et al*, 1985 ; Firkins *et al*, 1986 ; Merchen *et al*, 1986 ; Luginbuhl *et al*, 1994). L'ensemble de ces variations tend à améliorer la digestibilité de l'énergie et de l'azote dans le tube digestif. Ces effets sont particulièrement observés pour l'énergie dans le cas de restrictions alimentaires sévères (Alwachs et Thomas, 1971 ; Grovum et Williams, 1977 ; Aitchison *et al*, 1986 ; Doreau *et al*, 1988). Les résultats concernant l'utilisation des matières azotées sont très variables et les écarts enregistrés peuvent être rapprochés du stade physiologique des animaux, de la composition des rations et du niveau de restriction alimentaire. Le but de ce travail est d'observer si les conclusions obtenues sur Bovins et Ovins peuvent être transposées aux Caprins. Notre étude a porté sur l'effet d'une restriction alimentaire modérée sur le flux et l'utilisation des matières azotées dans le tube digestif de chèvres taries.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Animaux

Trois chèvres de race Alpine Chamoisée, âgées de 3 et 4 ans, taries, non gestantes, ont été placées dans des cages à bilan. Elles étaient équi-

pées de canules du rumen et de fistules simples en T du duodénum proximal et de l'iléon terminal.

Protocole expérimental

Deux périodes expérimentales comportaient chacune 14 j de transition, 5 j de mesure de digestibilité et du bilan azoté, 3 j de prélèvements au niveau de l'iléon, du duodénum et du rumen. Une phase préliminaire de 15 j qui a permis d'estimer la capacité d'ingestion (+10% de refus alimentaire) a précédé la période d'alimentation à volonté. Au cours de la deuxième période expérimentale, les apports étaient limités à 75% des quantités de MS consommées à volonté pendant la première période.

Les prélèvements du contenu de l'iléon et du duodénum sont effectués toutes les 2 h pendant 24 h respectivement à J20 et J21. Neuf prélèvements du jus de rumen ont été effectués le 22^e jour. Durant les phases de mesure, les refus alimentaires, les urines (récupérées dans 100 ml de H₂SO₄ 10% p/v) et les fèces ont été mesurés quotidiennement. Des échantillons ont été prélevés et stockés (-18°C) jusqu'à analyses.

Alimentation

La ration était composée de foin de prairie, de pulpes de betterave déshydratées et de luzerne déshydratée (1/1/1 en MS, tableau I). Elle fournissait 119 g MAT/kg MS dont 55% sont dégradables dans le rumen. La ration a été distribuée en repas égaux à 8 h et à 16 h. Simultanément à la distribution de chaque repas, 50 ml d'une solution contenant 15 g de polyéthylène glycol (PEG-4000) et 3 g de papier imprégné d'oxyde de chrome (contenant 1,022 g Cr₂O₃) ont été administrés par la canule du rumen.

Analyses chimiques

Aliments, refus et fèces

Pendant la période de mesure, la teneur en matière sèche (MS, 48 h à 80°C) des aliments, des refus et des fèces a été déterminée quotidiennement. Un échantillon moyen pondéré provenant des prélèvements journaliers sur chaque

Tableau I. Composition des rations.

Aliments	Période	Période
	1	2
Foin de prairie (g•kg ⁻¹)	335	334
Pulpes de bett désh (g•kg ⁻¹)	327	328
Luzerne déshydratée (g•kg ⁻¹)	338	338
MO (g•kg ⁻¹ MS)	913	911
Ntotal (g•kg ⁻¹ MS)	18,9	19,0
Ndr ^a (g•kg ⁻¹ MS)	10,3	10,4
PDIE (g•kg ⁻¹ MS)	91	91
dPDI ^b (g•kg ⁻¹ MS)	-16	-16

^a Ndr : azote dégradable dans le rumen (Vérité *et al.*, 1987) ; ^b dPDI : PDIN - PDIE.

chèvre a été constitué. Les teneurs en cendres (calcination à 550°C pendant 6 h), en azote total (Nt, Kjeldahl), en ammoniac (NH₃, ionimétrie sur millivoltmètre étalonné «Orion») et en azote non protéique (ANP, après précipitation des protéines solubles par l'acide trichloroacétique 12% p/v en solution finale) ont été déterminées. Les teneurs en PEG (Hyden, 1956), en Cr₂O₃ (François *et al.*, 1978, après calcination des prises d'essai), en acide ribonucléique (ARN, selon Hatcher et Goldstein, 1969 modifié par Laurent, 1985), et en acide diamino-pimélique (DAP, selon Czerkawski, 1974) sont mesurées dans l'échantillon fécal de chaque chèvre.

Urines

Les teneurs en azote total (Kjeldahl), en urée (Siest, 1968) et en allantoïne (Vogels et Van der Drift, 1970) ont été mesurées quotidiennement.

Rumen

Le pH et la concentration en azote ammoniacal ont été déterminés dans chaque prélèvement. Un regroupement journalier des échantillons de contenu de rumen permettait de constituer l'isolat bactérien (centrifugation différentielle 1 000-30 000 g, 20 min, lavage et lyophilisation, Laurent, 1985). Les teneurs en matière organique, en azote total, en ARN et en DAPA étaient déterminées dans les lyophilisats.

Duodénum, iléon

Les prélèvements de contenus du duodénum et de l'iléon ont été regroupés en échantillons moyens quotidiens pour chaque chèvre ; une fraction était filtrée à travers un tamis de 200 µm. Dans chaque échantillon et filtrat correspondant ont été mesurées les teneurs en PEG, Cr₂O₃, ARN, DAP, MS, MO, Nt, NH₃ et ANP (Glenn *et al.*, 1984).

Calculs et traitements statistiques

La valeur PDI de la ration et sa teneur en azote dégradable dans le rumen ont été calculées à partir de la composition chimique des aliments, en tenant compte des valeurs de la dégradabilité théorique et de la digestibilité réelle dans l'intestin fournies par Vérité *et al.* (1987).

Le flux digestif dans le duodénum et dans l'iléon a été estimé selon Faichney (1980), en calculant un coefficient de reconstitution du contenu digestif (*R*). Les teneurs des marqueurs ont été rapportées à leurs taux de récupération fécale, considérant qu'il passe dans le duodénum et dans l'iléon les mêmes quantités que celles excrétées. Les valeurs de *R* ont varié dans le contenu du duodénum des chèvres nourries à volonté entre -0,027 7 et -0,073 1. Chez les chèvres restreintes, des valeurs de *R* plus élevées (0,121 9 à 0,413 7) indiquent que le rapport des marqueurs est modifié. Dans le contenu de l'iléon, les valeurs de *R* ont varié entre -0,691 3 et 0,847 9, montrant que le contenu reconstitué est différent du contenu prélevé dans ce site.

Le flux d'azote bactérien arrivant au duodénum a été estimé à partir des teneurs en DAP, selon l'équation :

$$N \text{ bact} = \frac{\text{DAP duod (g/j)} \times N \text{ isolat (g/g MS)}}{\text{DAP isolat (g/g MS)}}$$

Le rendement de la synthèse bactérienne est le rapport du flux d'azote bactérien arrivant dans le duodénum sur la quantité de MODR (MO disparue dans le rumen : MOingérée - MODuodénale) ou de MOD (MOingérée - MOFécale).

Chaque chèvre étant son propre témoin, les données ont été traitées par analyse de la variance à 2 facteurs : effet animal, effet traitement (Little et Hills, 1972).

RÉSULTATS

Fermentations dans le rumen

L'évolution du pH dans le jus prélevé dans le rumen (fig 1) n'est pas significativement influencée par la restriction alimentaire. Après le repas du matin le pH demeure légèrement plus élevé dans le rumen des chèvres restreintes (+0,11 en moyenne). Au cours de la deuxième phase postprandiale (17 h à 22 h), les valeurs du pH sont quasiment identiques quel que soit le niveau d'ingestion, mais inférieures à celles enregistrées entre 8 h et 16 h ($m = 5,82$, $\sigma = 0,04$ et $m = 6,31$, $\sigma = 0,26$ respectivement), indiquant une plus grande acidité du milieu de fermentation. La concentration en azote ammoniacal (fig 2) varie de 29 à 8 mg/100 ml dans le rumen des chèvres quand elles sont nourries à volonté, et de 24 à 8 mg/100 ml quand elles sont restreintes. Ces amplitudes sont importantes ; les plus fortes concentrations sont enregistrées à la prise des repas et elles décroissent régulièrement au cours du nyctémère. La limitation de l'ingestion ne provoque pas de baisse significative des concentrations en azote ammoniacal (inférieure à 3 mg/100 ml en moyenne).

La quantité de matière organique fermentée dans le rumen diminue (-243 g/j,

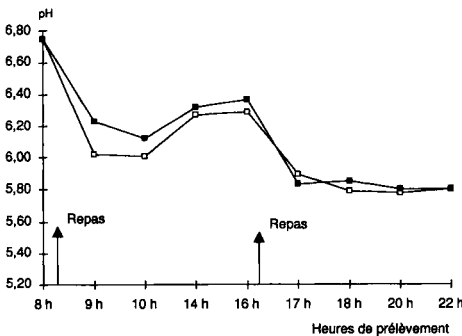


Fig 1. Évolution du pH du contenu ruminal. —□—: *ad libitum*; —■—: 75%.

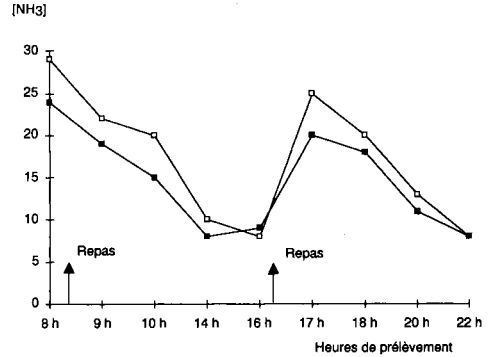


Fig 2. Évolution de la concentration en azote ammoniacal dans le contenu ruminal (mg/100 ml). —□—: *ad libitum*; —■—: 75%.

$P < 0,05$) chez les chèvres restreintes, mais la fermentescibilité varie peu (+2 pts, tableau II). La quantité d'azote bactérien arrivant au duodénum semble diminuer (-11,3 g/j), mais de manière non significative. L'azote des bactéries représente 72 et 61% de l'azote total arrivant au duodénum pour les animaux alimentés à volonté et les restreints. Le rendement de la synthèse bactérienne dans le rumen n'est pas significativement influencé par la restriction, bien qu'ayant baissé (-3,7 g/kg MOD). En quantités de protéines bactériennes ($N \times 6,25$), le rendement est respectivement de 174 et 151 g/kg MOD. Le recyclage net de l'azote endogène (N Duodénum - N Ingéré) tend à diminuer (-1,9 g/j) simultanément à une légère élévation de l'excrétion de l'azote uréique urinaire (+0,4 g/j, tableau III), montrant une modification du cycle de l'urée. En proportion de l'azote ingéré, le recyclage est constant (26 et 24%). Si on considère que l'azote endogène sort du rumen principalement incorporé dans les bactéries, c'est 30 g/j (*ad libitum*) et 24 g/j (restreint) de PDI qui sont fournis à l'intestin grêle, comblant ainsi le déséquilibre PDIN-PDIE de l'ingéré (-29 et -22 g/j).

Tableau II. Paramètres de fermentation dans le rumen et activité des synthèses bactériennes.

	Ad libitum	75% ad libitum	SE	F
pH	5,98	6,04	0,18	NS
NH ₃ (mgN•100 ⁻¹ ml)	17	15	3	NS
N recyclé (g•j ⁻¹)	8,7	6,8	1,2	NS
N bact duod (g•j ⁻¹)	31,9	20,6	3,7	NS
g•kg ⁻¹ MODR	42,3	32,4	3,8	NS
g•kg ⁻¹ MOD	27,9	24,2	2,2	NS

NS : $P > 0,05$. MOF (MO fermentée) = MODR (g•j⁻¹) + flux duodécal de MO bactérienne (g•j⁻¹) calculé à partir de la teneur du regroupement des isolats bactériens (0,832 gMO•g⁻¹ MS).

Tableau III. Flux intestinal et digestibilité d'ARN et de DAP.

	Ad libitum	75% ad libitum	SE	F
<i>Duodénum</i>				
ARN (g/j)	49,6	35,5	6,5	NS
DAP (g/j)	0,741	0,474	0,078	NS
<i>Iléon</i>				
ARN (g/j)	6,8	5,1	0,7	NS
DAP (g/j)	0,286	0,240	0,021	NS
<i>Fécès</i>				
ARN (g/j)	5,8	5,9	0,6	NS
DAP (g/j)	0,163	0,113	0,013	*
<i>Disparition (% duod)</i>				
<i>Total intestins</i>				
ARN	88	83	1,6	NS
DAP	77	76	1,1	NS
<i>Intestin grêle</i>				
ARN	85	84	2,1	NS
DAP	61	50	3,4	NS

NS : $P > 0,05$, * $P < 0,05$.

Utilisation des matières azotées et de l'énergie

La diminution des quantités ingérées (tableau IV) se traduit par une réduction des flux dans les sites de mesure (duodénum, iléon). Dans le duodénum, la baisse du flux

d'azote total est due à la part bactérienne. L'excrétion fécale de matière organique a baissé ($P < 0,05$), ainsi que celle de l'azote total ($P < 0,01$). Les digestibilités totale et dans chaque compartiment (fig 3) de la matière organique ingérée ne semblent pas être affectées par la restriction alimentaire.

Tableau IV. Flux journalier, excrétion urinaire de la matière organique et des constituants azotés (N).

	Ad libitum	75% ad libitum	SE	F
<i>Ingestion</i>				
Matière sèche (g)	1842	1393	125	**
Matière organique (g)	1692	1272	116	**
N total (g)	35,9	26,5	2,6	**
N non ammoniacal (g)	33,8	24,9	2,5	**
N protéique (g)	28,0	20,8	2,0	**
PDI ingérés/besoins ^a	3,7	2,7		
<i>Duodénum</i>				
Matière organique (g)	941	645	81	*
N total (g)	44,6	33,3	3,5	*
N non ammoniacal (g)	43,3	32,4	3,4	*
N protéique (g)	26,5	18,6	2,6	NS
<i>Iléon</i>				
Matière organique (g)	871	505	105	*
N total (g)	15,5	11,9	1,2	NS
N non ammoniacal (g)	13,9	10,6	1,0	NS
N protéique (g)	8,6	6,0	0,9	NS
<i>Fécès</i>				
Matière organique (g)	558	397	53	*
N total (g)	13,1	9,4	1,2	**
N non ammoniacal (g)	12,9	9,2	1,2	**
N protéique (g)	9,6	6,7	0,9	**
<i>Urine</i>				
N total (g)	9,8	9,9	0,6	NS
N uréique (g)	7,3	7,7	0,6	NS
Allantoïne (g)	3,3	2,8	0,2	NS
<i>N retenu (g)</i>	13,0	7,2	1,4	*

NS : $P > 0,05$, * $P < 0,05$, ** $P < 0,01$. ^a Besoins PDI correspondant aux recommandations alimentaires (Morand-Fehr et Sauvart, 1988).

Il disparaît toutefois légèrement plus de MO dans le rumen (+4 pts) et dans l'intestin grêle (+8 pts) des chèvres restreintes. La digestibilité apparente de l'azote ingéré n'est pratiquement pas modifiée lorsque l'alimentation des chèvres est réduite (fig 3). La quantité d'azote non ammoniacal arrivant au duodénum diminue (-10,9 g/j), mais

sa digestibilité intestinale ne varie pas (respectivement 71 et 72%). L'excrétion urinaire d'azote total étant la même, les chèvres soumises à la restriction retiennent moins d'azote (7,2 g/j contre 13,0 g/j pour les chèvres alimentées à volonté). Ces quantités correspondent respectivement à 27 et 36% de l'azote ingéré. L'excrétion quoti-

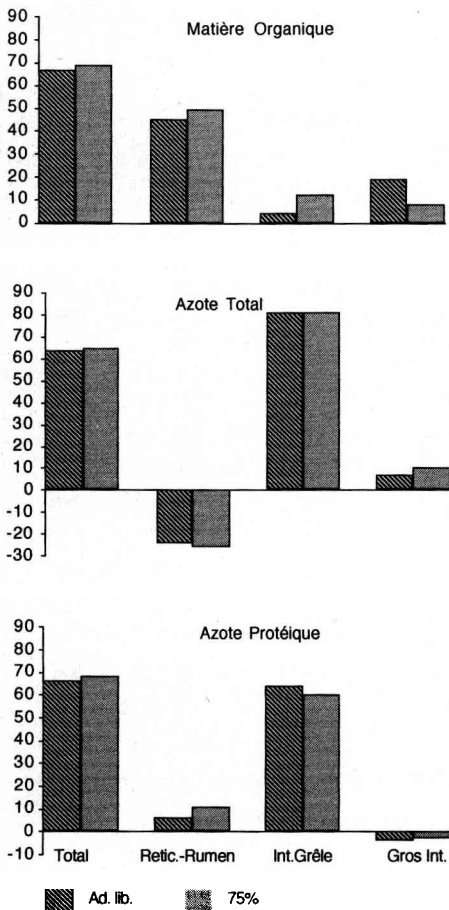


Fig 3. Taux de disparition de la matière organique, de l'azote total et de l'azote protéique dans les différents compartiments du tube digestif.

dienne d'allantoïne urinaire ne diminue pas de façon significative chez les chèvres restreintes ($-0,5$ g/j, tableau IV).

Le flux d'azote protéique (tableau IV) dans les différents sites de mesure est plus faible chez les chèvres restreintes, même si dans le duodénum et dans l'iléon les différences ne sont pas significatives. Les digestibilités totale et dans chaque compartiment ne sont toutefois pas modifiées

(fig 3). Alors que le bilan de l'azote total dans le rumen est négatif, indiquant un apport endogène, il sort du rumen moins d'azote protéique que celui ingéré avec les aliments, faisant de ce compartiment (rumen, réseau, feuillet, caillette) un site de disparition effective. La digestibilité apparente totale de l'azote protéique ne diffère pas sensiblement de celle de l'azote total dans l'intestin grêle, cependant le taux de disparition dans l'intestin grêle de l'azote protéique arrivant au duodénum (67–68%) est supérieur à celui de l'ANP (59–62%).

Il passe moins d'ARN ($-14,1$ g/j) et de DAP (-267 mg/j) dans le duodénum des chèvres restreintes (tableau III). La disparition de l'ARN intervient dans l'intestin grêle (85 et 84% de l'ARN duodénal), son taux de disparition ne semble pas être affecté par la restriction alimentaire : 61 et 50% de DAP duodénal disparaissent dans ce même segment respectivement chez les chèvres alimentées à volonté et restreintes. L'excrétion fécale de DAP est plus faible ($P < 0,05$) chez les chèvres restreintes, celle de l'ARN n'est pas modifiée.

DISCUSSION

Le niveau de restriction appliqué n'a pas provoqué de variations significatives du pH et de la concentration en ammoniac dans le jus de rumen. La diminution du rendement des synthèses bactériennes n'est pas significative (-10 g/kg MODR). Une altération du niveau de ces synthèses est rapportée par Merchen *et al* (1986) chez les Ovins et par McAllan et Smith (1983), Zinn et Owens (1983), Rooke *et al* (1985), Firkins *et al* (1986), Madsen (1986) chez les Bovins. Cette modification serait en relation avec le déficit d'encombrement du rumen et le ralentissement des activités de la rumination mises en évidence par Welch et Smith (1969) chez les Ovins restreints. Le rendement de la synthèse bactérienne est

Tableau V. Paramètres de régression entre le flux duodénal, la digestibilité et les quantités ingérées de matière organique et d'azote chez les Ruminants (Halbouche, 1994).

		<i>r</i>	<i>CV résiduel</i>	<i>n</i>	<i>F</i>
<i>Ovins (croissance, entretien)</i>					
MO duod(g.j ⁻¹) = 0,67	x MOI(g.j ⁻¹) - 119	0,94	19	85	**
Nt duod(g.j ⁻¹) = 0,80	x NI(g.j ⁻¹) + 4	0,88	19	96	**
dMO (% MOI) = -0,016	x MOI + 85	-0,41	15	62	**
dNt (% NtI) = 0,381	x NI + 62	0,34	14	70	**
<i>Bovins (croissance, entretien)</i>					
MO duod = 0,47	x MOI + 259	0,79	20	118	**
Nt duod = 0,77	x NI + 24	0,81	22	120	**
dMO = -0,0007	x MOI + 77	-0,11	10	40	NS
dNT = 0,021	x NI + 63	0,11	12	33	NS
<i>Vaches en lactation</i>					
MO duod = 0,74	x MOI - 1227	0,95	12	31	**
Nt duod = 0,97	x NI - 7	0,87	19	31	**
dMO = -0,0005	x MOI + 71	-0,25	10	31	NS
dNt = -0,027	x NI + 76	-0,47	7	17	NS

NS : $P > 0,05$, ** $P < 0,01$. duod : flux duodénal ; d : digestibilité ; MOI : quantités ingérées de matière organique ; NI : quantités ingérées d'azote.

plus élevé que la valeur moyenne retenue par les systèmes NRC (1985) et PDI (1988) (135 g de protéines/kg MOD). Ces résultats ne sont cependant pas différents de ceux estimés sur chèvres à partir du flux d'ARN par Laurent, 1985 (rendements compris entre 100 et 190 g de protéines/kg MOD). Abdelghani (1990) calcule des rendements variant de 78 g protéines/kg MOD pour des chèvres en 15^e semaine de gestation à 200 g de protéines/kg MOD pour des chèvres en 5^e semaine de gestation, et de 121 à 152 g protéines/kg MOD pour les chèvres en lactation. Brun-Bellut *et al* (1991) obtiennent des résultats équivalents (estimés par marquage au ¹⁵N) sur chèvres taries (27,4 à 31,3 g N/kg MS digérée). Les

niveaux de recyclage net d'azote, assez élevés et non différents entre régimes, sont en accord avec les conclusions de Brun-Bellut (1986) qui montre que le gain d'azote peut atteindre 20 g/j dans le rumen des chèvres en lactation, et couvrir jusqu'à 12% des besoins azotés. Nos résultats sont proches de ceux obtenus sur Ovins par Lu *et al* (1982), Laurent (1985), Ortigues *et al* (1988) et Ouaffai (1989) qui, pour des rations riches en énergie (pulpes, maïs), obtiennent des flux d'azote endogène pouvant atteindre 5 à 7 g par jour.

La diminution du flux des constituants de la ration dans le tube digestif des chèvres soumises à la restriction alimentaire est semblable à celle observée dans des résul-

tats d'essais individuels sur d'autres ruminants (Orskov et Fraser, 1973 ; MacRae *et al*, 1985 ; Merchen *et al*, 1986 ; Malbert et Baumont, 1989 ; Dewhurst et Webster, 1992 chez les Ovins ; McAllan et Smith, 1983 ; Zinn et Owens, 1983 ; Rooke *et al*, 1985 ; Firkins *et al*, 1986 chez les Bovins), mais aussi aux résultats d'une compilation des données bibliographiques obtenues chez les Ruminants (Halbouche, 1994, tableau V). Dans le tube digestif des Bovins à l'entretien, en croissance, et des vaches en lactation, la digestibilité de la matière organique et celle de l'azote ne semblent pas être influencées par les variations des quantités ingérées. Chez les Ovins, la digestibilité de la matière organique diminue ($P < 0,01$) lorsque les quantités ingérées augmentent, tandis que celle de l'azote évolue dans le même sens que le niveau d'ingestion ($P < 0,01$). Cette évolution différente entre la digestibilité de la matière organique et celle des composés azotés peut être expliquée en partie par les modifications physiologiques accompagnant l'élévation du niveau d'ingestion, mais aussi par un changement de la composition des rations (plus d'aliments concentrés et d'additifs énergétiques et azotés séjournant peu dans le rumen, et dont l'azote est mieux dégradé dans les intestins). Dans notre essai, chez des Caprins, la digestibilité de la matière organique et celle de l'azote total ont légèrement augmenté dans le rumen et dans l'intestin grêle quand les chèvres sont soumises à la restriction alimentaire. Ces variations peuvent être imputées aux modifications cinétiques de la digestion (augmentation de la durée de séjour dans le rumen, ralentissement du transit intestinal). À l'inverse, la matière organique transitant dans l'iléon des chèvres nourries à volonté a été mieux digérée entre ce site et le rectum, indiquant qu'il entre dans cette section plus de matières dégradables. Des niveaux de rétention azotée respectifs de 13 et 7,2 g/j confirment une meilleure utilisation métabolique quand les chèvres sont nour-

ries à volonté, mais semblent surestimés même si les besoins PDI des animaux sont largement couverts. Halbouche (1994) propose une équation de régression (à partir de données bibliographiques sur les Ovins et les Caprins) qui permet d'estimer les quantités d'azote retenu.

$$N \text{ retenu (g/j)} = 0,635 N \text{ absorbé (g/j)} - 5,2 \\ r = 0,91, n = 32$$

Calculée grâce à cette équation, la rétention d'azote par les chèvres nourries à volonté serait de 9,3 g/j ; les chèvres restreintes auraient retenu 5,7 g/j. Ces valeurs sont proches de celles mesurées par Brun-Bellut *et al* (1991) chez des chèvres tariées. Le flux duodénal d'azote protéique représente 59 et 56% du flux d'azote total respectivement pour les régimes *ad libitum* et restreints. Ces proportions sont inférieures à celles mesurées dans le duodénum de moutons à l'entretien par Ben-Ghedalia *et al* (1974) (77%), et par Glenn et Ely (1984) (63%). Un bilan négatif indiquerait que la vitesse de protéolyse est supérieure à la protéosynthèse dans la partie «rumen-réseau-feuillet-caillette», particulièrement quand les chèvres sont restreintes. La digestibilité apparente de l'azote protéique dans l'ensemble du tube digestif n'est pas différente de celle de l'azote total, mais la fraction protéique de l'azote arrivant au duodénum est nettement mieux digérée que la fraction non protéique (68% contre 60%). L'augmentation de la teneur en ANP dans le contenu de l'iléon tendrait à montrer que la vitesse de protéolyse dans l'intestin grêle est supérieure à la vitesse d'absorption de l'azote par la lumière intestinale. La valeur négative obtenue pour la digestibilité de l'azote protéique, entre l'iléon et le rectum, pourrait être expliquée par la protéosynthèse des micro-organismes du gros intestin.

L'ARN et le DAP arrivant au duodénum sont pour l'essentiel des constituants d'origine microbienne (Laurent, 1985). Leur

devenir digestif renseigne sur l'utilisation différentielle des composés azotés (dont l'ARN) et des composés pariétaux (dont le DAP). La digestibilité intestinale de l'ARN observée dans notre essai (87 et 83%) est en accord avec les niveaux de digestibilité mesurés par différents auteurs chez le mouton, la génisse et le jeune bœuf en croissance (entre 80 et 90%), rapportés dans la compilation de Laurent (1985). L'allantoïne étant un produit du catabolisme de l'ARN et de l'ADN, son excrétion urinaire a également baissé, conformément aux observations de Laurent (1985), Lindberg (1985), Dewhurst et Webster (1992), Puchala et Kulasek (1992) qui montrent que l'allantoïne urinaire varie avec la quantité de MO digérée et avec la quantité d'azote microbien duodénal. Brun-Bellut *et al* (1984) et Brun-Bellut (1986) montrent que l'allantoïne urinaire est un témoin de l'intensité des synthèses microbiennes dans le rumen, une excrétion inférieure à 4,4 g/j indiquant une carence en énergie ou en azote fermentescibles. Le taux de disparition de DAP a en revanche été très peu mesuré. Storm *et al* (1983) rapportent une digestibilité intestinale de 39% chez les Ovins. Guilloteau (1986) montre que la DAP n'est pas digérée dans l'intestin grêle du jeune veau, mais que sa disparition dans le gros intestin atteint 86%. Nos données tendent à montrer que les chèvres taries ont probablement une meilleure aptitude à la digestion des parois bactériennes car 76 à 77% du DAP duodénal disparaissent dans les intestins. Les écarts observés entre les digestibilités de l'ARN et du DAP tendent à prouver que ces éléments ne peuvent pas être utilisés comme estimateurs de l'azote microbien au-delà du duodénum.

CONCLUSION

La limitation de l'ingestion a occasionné, chez les chèvres taries, une diminution des synthèses bactériennes. Le flux d'azote bac-

térien dans le duodénum a diminué, accompagné de la baisse de l'excrétion urinaire d'allantoïne, témoin de la protéosynthèse. Ce comportement est le même que celui observé chez les autres ruminants. Les chèvres restreintes ont répondu à la baisse de la quantité d'azote ingéré par une moins forte utilisation de l'urée endogène (diminution du recyclage net d'azote dans le rumen, élévation de l'excrétion urinaire d'urée) et par la baisse du niveau de la rétention azotée. Les chèvres restreintes n'étant pas en état de sous-nutrition, l'excrétion urinaire d'azote total n'a pas varié. Dans le tube digestif, les flux de matière organique et d'azote diminuent, mais leurs digestibilités n'ont pas significativement varié malgré une tendance à l'amélioration, notamment dans le rumen et dans l'intestin grêle.

Le recyclage net d'azote dans le rumen a couvert le déséquilibre en azote fermentescible de la ration ; il représente en moyenne 63% des besoins PDI des chèvres taries. L'azote protéique entrant dans l'intestin grêle est apparemment mieux digéré que la fraction non protéique, et des quantités appréciables de DAP ont disparu, montrant une bonne aptitude des chèvres à dégrader les parois bactériennes.

RÉFÉRENCES

- Abdelghani A (1990) Contribution à l'étude du flux de matières azotées dans le tube digestif de chèvres laitières : effet du stade physiologique. Thèse, INPL, 152 p
- Aitchison EM, Gill M, Osbourn DF (1986) The effect of supplementation with maize starch and level of intake of perennial ryegrass (*Lolium perenne* cv Endura) hay on the removal of digesta from the rumen of sheep. *Br J Nutr* 56, 477-486
- Alwachs AH, Thomas PC (1971) The effect of the physical form of the diet and the level of feeding on the digestion of dried grass by sheep. *J Sci Food Agric* 22, 611-615
- Ben-Ghedalia D, Tagari H, Bondi A, Tadmor A (1974) Protein digestion in the intestine of sheep. *Br J Nutr* 31, 125-142

- Brun-Bellut J (1986) Détermination des besoins azotés de la chèvre en lactation. Thèse, INPL-ENSAIA, 180 p
- Brun-Bellut J, Laurent F, Vignon B (1984) Taux d'urée du lait, allantoïne urinaire, témoins de la nutrition azotée chez la chèvre. *Can J Anim Sci* 64 (suppl) 781-782
- Brun-Bellut J, Kelly JM, Mathison GW, Christopherson RJ (1991) Effect of rumen degradable protein and lactation on nitrogen metabolism in dairy goats. *Can J Anim Sci* 71, 1111-1124
- Czerkawski JW (1974) Methods for determining 2,6-diaminopimelic acid and 2-aminoethyl-phosphonic acid in gut contents. *J Sci Food Agr* 25, 45-55
- Dewhurst RJ, Webster AJF (1992) Urinary allantoin excretion in sheep. *Br J Nutr* 67, 3, 345-353
- Doreau M, Adingra K, Rémond B, Chilliard Y (1988) Effets respectifs des quantités ingérées et du stade physiologique sur la digestibilité d'une même ration chez la vache laitière. *Reprod Nutr Dév* 28 (suppl n° 1), 189-192
- Faichney GJ (1980) Measurement in sheep of the quantity and composition of rumen digesta and of the fractional outflow rates of digesta constituents. *Aust J Agric Res* 31, 1129-1137
- Firkins JL, Berger LL, Merchen NR, Fahey Jr GC (1986) Effects of forage particle size, level of feed intake and supplemental protein degradability on microbial protein synthesis and site of nutrient digestion in steers. *J Anim Sci* 62, 1081-1094
- François E, Thill N, Thewis A (1978) Méthode rapide de dosage de l'oxyde de chrome dans les aliments, les fèces et les contenus digestifs par titrage après oxydation nitro-perchlorique. *Ann Zootech* 27, 355-361
- Glenn BP, Ely DG (1984) Effect of lipid-coated lysine on digestion and nitrogen metabolism by wethers. *Internat J Vit Nutr Res* 54, 377-386
- Grovum WL, Williams VJ (1977) Rate of passage of digesta in sheep. 6. The effect of level of food intake on mathematical predictions of the kinetics of digesta in the reticulorumen and intestines. *Br J Nutr* 38, 425-436
- Guilloteau P (1986) Digestion des protéines chez le jeune Ruminant. Thèse, université Pierre-et-Marie-Curie, Paris VI, 246 p
- Halbouche M (1994) Flux, digestion et utilisations des matières azotées chez les Caprins. Thèse, INPL, 175 p
- Hatcher DW, Goldstein G (1969) Improved methods for determination of RNA and DNA. *Anal Biochem* 31, 42-50
- Hyden S (1956) A turbidimetric method for the determination of higher polyethylene glycols in biological materials. *Kungl Lantbrukshögskolans Annaler* 22, 139-145
- Laurent F (1985) Flux d'acide ribonucléique dans le tube digestif des petits ruminants. Thèse, INPL-ENSAIA, 164 p
- Lindberg JE (1985) Urinary allantoin excretion and digestible organic matter in dairy goats. *Swedish J Agric Res* 15, 31-37
- Little TM, Hills FJ (1972) Statistical methods in agricultural research. University of California, Davis, CA, États-Unis, 242 p
- Luginbuhl JM, Pond KR, Burns JC (1994) Whole-tract digesta kinetics and comparison of techniques for the estimation of fecal output in steers fed coastal bermudagrass hay at four levels of intake. *J Anim Sci* 72, 1, 201-211
- Lu D, Jorgensen NA, Amundson CH (1982) Ruminant degradation and intestinal absorption of alfalfa protein concentrate by sheep. *J Anim Sci* 54, 6, 1251-1262
- MacRae JC, Smith JS, Dewey PJS, Brewer AC, Brown DS, Walker A (1985) The efficiency of utilization of metabolizable energy and apparent absorption of amino acids in sheep given spring – and autumn – harvested dried grass. *Br J Nutr* 54, 197-209
- Madsen J (1986) Influence of feeding level on digestion and protein passage to the duodenum in cows fed high concentrate diets. *Acta Agric Scand* 36, 275-285
- Malbert CH, Baumont R (1989) The effects of intake of lucerne (*Medicago sativa* L) and orchard grass (*Dactylis glomerata* L) hay on the motility of the forestomach and digesta flow at the abomaso-duodenal junction of the sheep. *Br J Nutr* 61, 699-714
- McAllan AB, Smith RH (1983) Estimation of flows of organic matter and nitrogen components in post-ruminal digesta and effects of level of dietary intake and physical form of protein supplement on such estimates. *Br J Nutr* 49, 119-127
- Merchen NR, Firkins JL, Berger LL (1986) Effect of intake and forage level on ruminal turnover rates, bacterial protein synthesis and duodenal amino acid flows in sheep. *J Anim Sci* 62, 216-225
- Morand-Fehr P, Sauvant D (1988) Alimentation des Caprins. In : *Alimentation des Bovins, Ovins et Caprins* (R Jarrige, ed), INRA, Paris, 476 p
- NRC (1985) *Ruminants Nitrogen Usage*. National Academy Press, Washington, DC, États-Unis
- Orskov ER, Fraser C (1973) The effect of level of feeding and protein concentration on disappearance of protein in different segments of the gut in sheep. *Proc Nutr Soc* 32, 68A-69A
- Ortigue I, Fontenot JP, Ferry JG (1988) Digesta flows in sheep fed poor quality hay supplemented with urea and carbohydrates. *J Anim Sci* 66, 975-985
- Ouaffai A (1989) Rendement de la transformation des matières azotées alimentaires dégradées dans le rumen. Thèse, INPL, 168 p
- Puchala R, Kulasek GW (1992) Estimation of microbial protein flow from the rumen of sheep using microbial nucleic acid and urinary excretion of purine derivatives. *Can J Anim Sci* 72, 4, 821-830

- Rooke JA, Greife HA, Armstrong DG (1985) The digestion by cattle of silage-containing diets fed at two dry matter intakes. I. Digestion of organic matter and nitrogen. *Br J Nutr* 53, 691-708
- Siest G (1968) Étude de la réaction urée diacétylmonoxyme. II. Essais de divers adjuvants. Choix d'une méthode de dosage. *Ann Biol Clin* 26, 431-448
- Storm E, Orskov ER, Smart R (1983) The nutritive value of rumen microorganisms in ruminants. II. The apparent digestibility and net utilization of microbial N for growing lambs. *Br J Nutr* 50, 471-478
- Vérité R, Michalet-Doreau B, Chapoutot P, Peyraud JL, Poncet C (1987) Révision du système des protéines digestibles dans l'intestin (PDI). *Bull Tech CRZV Theix INRA* 70, 19-34
- Vogels GD, Van Der Drift C (1970) Differential analysis of glyoxylate derivatives. *Ann Biochem* 33, 143-157
- Welch JG, Smith AM (1969) Effect of varying amounts of forage intake on rumination. *J Anim Sci* 28, 827-830
- Zinn RA, Owens FN (1983) Influence of feed intake level on site of digestion in steers fed a high concentration diet. *J Anim Sci* 56, 471-475