

## ÉLÉMENTS NOUVEAUX CONCERNANT L'UTILISATION DE L'ÉNERGIE ET DE L'AZOTE PAR LES RUMINANTS

UNE MEILLEURE CONNAISSANCE DE L'UTILISATION DE L'ÉNERGIE ET DE L'AZOTE PAR LES RUMINANTS DOIT PERMETTRE DE PROPOSER AUX UTILISATEURS UN SYSTÈME permettant :

- d'établir de façon précise mais simple des rations adaptées aux besoins des animaux ;
- de comparer la valeur énergétique et azotée des aliments y compris du point de vue économique.

Cela suppose donc une très bonne connaissance à la fois des besoins réels des animaux et de la valeur réelle des aliments.

Grâce aux données acquises tant en France qu'à l'étranger durant ces quinze dernières années sur ces deux sujets, de nouvelles normes d'évaluation des besoins des animaux et de la valeur des aliments sont actuellement en préparation. Elles seront présentées lors du prochain « Grenier de Theix ». Il est encore trop tôt pour en parler ici et je me contenterai donc de traiter :

- des interactions fourrages-concentrés sur la quantité ingérée et la digestibilité, ce qui simplifiera la tâche de mes collègues qui traiteront de la complémentation à l'herbe ;
- de quelques éléments nouveaux concernant l'utilisation des matières azotées par le ruminant.

### **Les interactions fourrages - concentrés**

Les fourrages représentent une fraction très variable de la ration des ruminants. Il s'agit de déterminer quelles doivent être les proportions optimales de fourrages et de concentrés de façon à obtenir les performances animales permettant la valorisation maximum à l'hectare. Le choix n'est pas simple, même sur le plan strictement nutritionnel, car les fourrages et les concentrés n'ont pas une action additive ; l'apport de concentré à un ruminant recevant un fourrage à volonté modifie non seulement la quantité de fourrage ingérée mais aussi la digestibilité du fourrage.

La digestibilité du fourrage diminue quand la quantité d'aliment concentré ingérée augmente et cela d'autant plus que le fourrage distribué seul est peu digestible, sauf dans le cas de fourrages très pauvres en azote (paille, mauvais foins de graminées) si l'aliment concentré apporte l'azote qui est un des facteurs limitants de la digestion microbienne de ces fourrages dans le rumen. Cette action dépressive de l'aliment concentré sur la digestibilité du fourrage est bien illustrée par la figure 1 où nous avons reporté les résultats que nous avons obtenus sur des moutons recevant à volonté deux foins de ray-grass récoltés sur la même prairie, l'un au stade début épiaison, l'autre au stade début floraison, et 0, 300, 600 ou 900 g d'aliment concentré (75 % orge + 25 % tourteau de soja). Ce graphique montre en outre que la digestibilité du fourrage reste un facteur essentiel à prendre en considération même quand l'aliment concentré constitue 50 à 60 % de la ration. A ce taux de concentré, les différences de digestibilité de la ration totale (fourrage + concentré) dues à la qualité du fourrage offert sont certes atténuées mais demeurent cependant encore très importantes.

Quant à la quantité de fourrage ingérée, elle diminue elle aussi et cela d'autant plus que le fourrage distribué seul est ingéré en grande quantité et que la quantité d'aliment concentré offerte est importante (figure 1). Sur la base de la matière sèche, le pouvoir de substitution de l'aliment concentré au fourrage peut donc varier de 0 à 1 suivant l'ingestibilité du fourrage et la quantité de concentré distribuée.

Il résulte de cette double action de l'aliment concentré sur la digestibilité et la quantité ingérée que la distribution d'aliment concentré devient de moins en moins efficace au fur et à mesure que la qualité du fourrage augmente.

Les fourrages de meilleure qualité sont, bien évidemment, les fourrages verts, exploités à un stade jeune alors qu'ils sont très digestibles et consommés

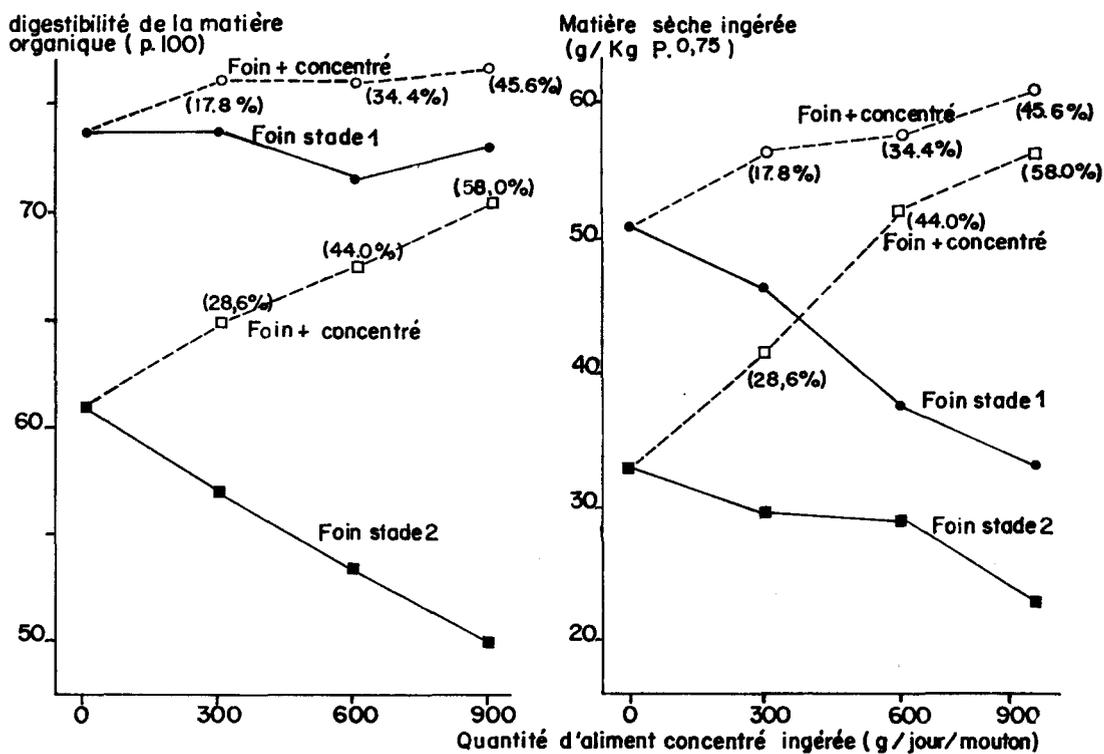


FIGURE 1

Influence de la quantité d'aliment concentré distribuée :  
 — sur la digestibilité de la fraction fourrage et de la ration totale,  
 — sur la quantité de matière sèche de foin et de foin + concentré ingérée,

○ ● foin de ray-grass anglais, stade début épiaison.

□ ■ foin de ray-grass anglais, stade début floraison.

Les chiffres ( ) indiquent le pourcentage de concentrés dans la ration. suivant la qualité du foin offert.

en grande quantité. Avec de tels fourrages offerts à volonté, la quantité d'énergie ingérée par le ruminant est pratiquement à son maximum puisqu'elle est réglée plus par des phénomènes de nature métabolique (c'est-à-dire que les animaux règlent plus ou moins leur ingestion suivant leurs besoins) que par des phénomènes de nature physique (c'est-à-dire que les quantités ingérées de fourrages moins digestibles sont limitées par le temps nécessaire à la réduction du fourrage en particules suffisamment fines pour quitter le rumen). Avec les fourrages très digestibles, la distribution d'aliments concentrés n'entraîne donc ni augmentation de la digestibilité de la ration, ni augmentation de la quantité ingérée, que ce soit en matière sèche ou en matière organique digestible. C'est ce que montrent très clairement les résultats de quatre essais effectués dans notre laboratoire (E. Grenet, résultats non publiés) sur des moutons recevant des graminées jeunes soit seules, soit complémentées avec une certaine quantité d'orge représentant pour chacun de ces quatre fourrages 25 % de la matière sèche totale de la ration (environ en moyenne 315 g de matière sèche d'orge pour des moutons de 45 kg) (tableau 1 A). On remarquera aussi que la quantité d'azote retenue par les moutons n'augmente pas en présence d'orge et a même tendance à diminuer, ce qui montre la très bonne utilisation de l'azote des fourrages verts très digestibles. Dans ces conditions, il n'est donc pas étonnant que la complémentation au pâturage n'ait aucune ou très peu de répercussion sur les performances laitières ou d'engraissement des animaux dans la mesure où le pâturage est bien conduit et permet d'offrir à volonté aux animaux de l'herbe de bonne qualité (repousses de 4 à 6 semaines).

En revanche, si les fourrages sont moins digestibles bien que très bien consommés comme cela est le cas pour les luzernes, la complémentation aura une certaine efficacité (tableau 1 B).

### **Éléments nouveaux concernant l'utilisation de l'azote par les ruminants**

La valeur azotée des aliments est actuellement exprimée par la teneur en matières azotées digestibles (MAD). Or, celle-ci est une estimation par excès de la valeur azotée réelle des aliments. Elle mesure en effet la quantité de l'azote de l'aliment qui disparaît dans le tube digestif mais ne donne aucune indication sur le devenir de cet azote. Elle intègre la quantité de protéines digestibles dans l'intestin (PDI) ou mieux la quantité d'acides aminés absorbés (AAA) dans l'intestin et la quantité d' $\text{NH}_3$  formée en excès dans le

**TABLEAU 1**  
**INFLUENCE DE LA COMPLÉMENTARITÉ ÉNERGÉTIQUE**  
**DES FOURRAGES VERTS SUR LA DIGESTIBILITÉ DE LA RATION,**  
**LA QUANTITÉ DE MATIÈRE SÈCHE TOTALE INGÉRÉE**  
**ET LE BILAN AZOTE DES MOUTONS EN CROISSANCE**  
 (E. Grenet - Résultats non publiés)

	<i>Herbe seule</i>	<i>Herbe + orge (Orge = 25 % MST)</i>
<b>A) Fourrages très digestibles :</b>		
Moyenne de 4 ray-grass exploités au stade épi à 10 cm ou après 5 semaines de repousse.		
Digestibilité de la matière organique (%) .....	75,8	75,2
Matière sèche ingérée (g/kg P <sup>0,75</sup> ) .....	73,7	73,2
Matière organique digestible intégrée (g/kg P <sup>0,75</sup> ) ..	49,6	49,9
Azote retenu par mouton :		
— g/jour .....	7,2	5,9
— g/g d'azote ingéré .....	0,23	0,19
<b>B) Fourrages moins digestibles :</b>		
Moyenne de 2 luzernes au stade boutons floraux et d'un ray-grass italien au stade épiaison.		
Digestibilité de la matière organique (%) .....	61,8	66,1
Matière sèche ingérée (g/kg P <sup>0,75</sup> ) .....	78,1	83,1
Matière organique digestible intégrée (g/kg P <sup>0,75</sup> ) ..	43,6	50,5
Azote retenu par mouton :		
— g/jour .....	9,5	10,6
— g/g d'azote ingéré .....	0,19	0,21

rumen et qui, n'ayant pas été recyclée ou utilisée à la synthèse d'acides aminés non indispensables dans le foie, est excrétée dans l'urine :

MAD = PDI ou AAA + NH<sub>3</sub> en excès excrété dans l'urine sous forme d'urée.

chez les ruminants Seule la teneur en PDI ou AAA mesure la valeur azotée de l'aliment, c'est-à-dire la quantité d'azote réellement utilisable par l'animal.

D'où proviennent ces PDI ?

Les matières azotées absorbées par le ruminant sont constituées d'azote non protéique soluble et de protéines vraies, l'azote soluble représentant 20 à 35 % de l'azote total des fourrages verts de graminées ou de légumineuses mais de 50 à 80 % de l'azote total des ensilages suivant la réussite de ces derniers. Dès leur arrivée dans le rumen les matières azotées sont soumises à une attaque microbienne. La totalité de l'azote non protéique soluble et une fraction plus ou moins importante des protéines suivant la « fermentescibilité » de celles-ci vont être dégradées en acides aminés puis en  $\text{NH}_3$  et en acides gras volatils. Seule une petite fraction (25 à 35 % environ pour les fourrages verts selon certains auteurs) des protéines vraies digestibles peut échapper à cette dégradation parce qu'elles sont lentement ou très peu fermentescibles ; elles arrivent inchangées dans l'intestin grêle où elles seront, comme chez le monogastrique, transformées en acides aminés et absorbées.

Les mêmes microbes s'attaquent aussi aux glucides, notamment aux glucides membranaires, pour les transformer surtout en acides gras volatils. Ceux-ci passent dans le sang et constituent la principale source d'énergie des ruminants. Cependant les microbes ont besoin, pour se multiplier et se développer, d'énergie et d'azote et ils vont notamment utiliser l'azote de l'ammoniac (et de certains acides aminés) et l'énergie des acides gras volatils pour synthétiser leurs propres protéines. Ces protéines microbiennes seront à leur tour digérées dans l'intestin grêle et donneront des acides aminés absorbés par l'animal.

En définitive on a donc :

PDI ou AAA = Protéines digestibles alimentaires non dégradées dans le rumen + Protéines microbiennes digestibles.

La valeur azotée réelle d'un aliment va donc dépendre de la plus ou moins grande insolubilité de ses protéines dans le rumen et aussi de la plus ou moins grande intensité de la synthèse protéique microbienne. En effet, si la quantité d' $\text{NH}_3$  formée dans le rumen est grande (parce que la teneur en azote soluble et (ou) la fermentescibilité des protéines est importante) et si la quantité d' $\text{NH}_3$  utilisée par les microbes est faible, l' $\text{NH}_3$  en excès passe dans le sang et sera transformée en urée dans le foie. Certes une petite quantité de cette urée correspondant à un maximum de 4 à 5 g d'azote par jour chez le mouton pourra être recyclée dans le rumen ou transformée en acides aminés non indispensables dans le foie, mais la majorité sera excrétée dans l'urine, donc perdue pour l'animal.

La solubilité des matières azotées des fourrages dépend :

- de la nature du fourrage. La proportion d'azote soluble est plus élevée dans les tiges que dans les feuilles, notamment chez les légumineuses. Elle est particulièrement élevée dans certaines plantes comme le chou (environ 50 %) ou les betteraves (85 %) ;
- de la fertilisation azotée. On sait que la fertilisation azotée des graminées augmente leur teneur en azote mais cette augmentation consiste, pour une part importante, d'azote non protéique soluble ;
- du mode de récolte et de conservation. La fenaison augmente un peu la teneur en azote soluble mais diminue beaucoup la fermentescibilité des protéines. Cette diminution de fermentescibilité est encore beaucoup plus importante dans le cas de la déshydratation. En revanche, l'ensilage augmente de façon importante la proportion de l'azote soluble. Celle-ci est rarement inférieure à 50 % dans les très bons ensilages et peut dépasser 80 % dans les ensilages mal conservés ;
- de certains traitements chimiques. Le tannage des matières azotées par du tannin ou du formol diminue considérablement la proportion d'azote soluble et la fermentescibilité des protéines dans le rumen.

Quant à la synthèse microbienne, elle dépend :

- un peu de la teneur en  $\text{NH}_3$  du jus de rumen. La synthèse microbienne serait en effet déjà maximum pour des teneurs en  $\text{NH}_3$  assez faibles, de l'ordre de 5 mg  $\text{N-NH}_3$  par 100 ml de jus de rumen ;
- de la teneur du jus de rumen en certains minéraux oligo-éléments (le soufre par exemple) ou en certains acides aminés ou substances de croissance encore mal connus ;
- essentiellement de la fourniture d'énergie aux microorganismes du rumen, c'est-à-dire de la quantité de matière organique digérée dans le rumen et aussi de la vitesse de digestion de cette matière organique digestible (MOD). En moyenne 15 à 20 g de protéines microbiennes sont synthétisées par 100 g de MOD digérée dans le rumen, mais les chiffres peuvent varier de 10 à 30 g suivant les auteurs, vraisemblablement parce que sous la dépendance étroite de la vitesse de digestion de la MOD.

L'idéal est bien sûr d'avoir une concordance étroite entre la vitesse de formation de  $\text{NH}_3$  dans le rumen et la vitesse de digestion de la MOD. Cependant, comme la vitesse de formation de  $\text{NH}_3$  est assez rapide, on pourra admettre que la formation de protéines microbiennes par 100 g de MOD

ingérée sera d'autant plus élevée que la vitesse de digestion de la MOD sera grande.

Essayons d'illustrer ces données par quelques exemples :

1. *Les fourrages verts :*

Malgré une fermentescibilité assez élevée de leurs protéines vraies, la valeur azotée réelle des fourrages verts jeunes et digestibles est élevée et la quantité d'azote retenue est importante (tableau 1 A) parce que la synthèse protéique microbienne est grande. En effet, la quantité de matière organique digestible ingérée et la vitesse de digestion de celle-ci sont importantes. Il n'est donc pas étonnant que, dans la mesure où l'addition d'orge n'augmente ni la quantité de MOD ingérée ni vraisemblablement la vitesse de digestion, elle ne modifie pas non plus la quantité d'azote retenue et a même plutôt tendance à la diminuer.

Inversement, il n'est pas étonnant non plus que la fertilisation azotée qui augmente la teneur en azote des graminées mais ne modifie ni la digestibilité de la matière organique ni la quantité ingérée et, par là, la quantité de matière organique ingérée et diminue la teneur en glucides solubles qui constituent une source d'énergie très rapidement disponibles pour les micro-organismes du rumen, n'augmente pas la valeur azotée réelle des graminées et aurait plutôt même tendance à la diminuer comme le montrent les résultats récents obtenus par Beever et Thomson sur des moutons munis de canules du duodénum permettant de mesurer la quantité d'azote réellement absorbée dans l'intestin grêle ( $\approx$  PDI) (tableau 2).

2. *Les fourrages déshydratés :*

Lors du chauffage, il se produit des réactions chimiques (réactions de Maillard) entre les protéines et les sucres. Il en résulte une diminution importante de la solubilité (ou fermentescibilité) des protéines dans le rumen, donc de la formation d' $\text{NH}_3$  dans le rumen. Avec les fourrages séchés artificiellement on a donc moins de « fuite » d' $\text{NH}_3$ , d'où une augmentation de la quantité d'azote arrivant dans l'intestin grêle. Dans la mesure où les protéines n'ont pas été trop cuites, c'est-à-dire que leur digestibilité n'ait pas été trop diminuée, on aura donc une augmentation de la quantité d'acides aminés absorbée dans l'intestin ou de la valeur azotée réelle du fourrage, comme le montrent les résultats obtenus par Proud (1973) sur des moutons fistulés du duodénum (tableau 3).

**TABLEAU 2**  
**INFLUENCE DE LA FERTILISATION AZOTÉE**  
**SUR LA VALEUR AZOTÉE RÉELLE DES GRAMINÉES**  
(D'après Beever et Thomson, 1973)

	<i>Fertilisation élevée</i>	<i>Fertilisation faible</i>
Teneur en matières azotées (%) .....	18,1	11,3
Teneur en M.A.D. (%) .....	14,0	7,6
Digestibilité matière organique .....	77,6	79,7
Digestibilité matières azotées .....	77,2	67,4
Azote ingéré par jour (g/24 heures) .....	25,5	15,1
Azote entrant dans l'intestin grêle (g/24 heures) .....	21,6	22,1
Azote absorbé dans l'intestin grêle :		
— g/24 heures .....	13,5	15,4
— g/g d'azote ingéré .....	0,53	1,02

**TABLEAU 3**  
**INFLUENCE DU SÉCHAGE ARTIFICIEL**  
**SUR LA VALEUR AZOTÉE RÉELLE DES FOURRAGES**  
(D'après Proud, 1973)

	<i>Fourrage vert</i>	<i>Fourrage séché à l'étuve</i>
Azote ingéré (g/24 heures) .....	25,6	27,0
Digestibilité de l'azote (%) .....	75,2	71,0
Azote entrant dans l'intestin grêle (g/24 heures) .....	25,0	32,4
Acides aminés entrant dans l'intestin grêle (g d'N/24 h)	16,1	18,8
Acides aminés absorbés :		
— g de N/24 heures .....	10,5	13,9
— g/g d'azote ingéré .....	0,41	0,51

De même, dans les essais effectués par Beever et Thomson (1973), la quantité d'azote retenue en g par g d'azote ingéré a été respectivement pour le même fourrage soit vert, soit séché à l'étuve, soit déshydraté à haute température (déshydrateuse Combi) et à basse température (déshydrateuse Templewood) de 0,53, 0,77, 0,61 et 0,76. Dans ces essais, la déshydratation à haute température s'est révélée moins efficace que celle à basse température mais il est vrai que le séchage avait dû être trop important et avait entraîné une diminution nette de la digestibilité de la matière organique (Combi 72,2 contre 78,7 pour Templewood) et surtout de l'azote (64,6 contre 78,7 pour Templewood).

### 3. Les fourrages ensilés :

On sait (cf. Principes de bases de l'ensilage - Demarquilly, *Fourrages* n° 56) que lors de l'ensilage, les protéines sont dégradées jusqu'au stade acides aminés par les enzymes de la plante. Cette protéolyse qui a lieu dans les premiers jours de la mise en silo, est d'autant plus importante que la descente du pH est lente. Une nouvelle protéolyse allant jusqu'au stade  $\text{NH}_3$  se produit en outre s'il y a développement d'une fermentation butyrique. Cela explique que la teneur en azote soluble des ensilages est beaucoup plus élevée que celle des fourrages verts et arrive à représenter 50 à 80 % de l'azote total suivant la qualité de conservation de l'ensilage. La formation d' $\text{NH}_3$  dans le rumen est donc plus importante et plus rapide avec les ensilages qu'avec les fourrages verts. En outre les ensilages contiennent peu ou pas de glucides solubles, ceux-ci ayant été transformés en acides organiques, en alcools et en gaz ; la synthèse de protéines microbiennes est par suite plus faible. La valeur azotée réelle des ensilages, notamment de ceux réalisés en coupe directe sans conservateur est donc souvent bien inférieure à celle des fourrages verts correspondants. A l'opposé, les ensilages bien conservés, après un préfanage correct ou à l'aide d'un conservateur très efficace (acide formique) ayant limité le catabolisme azoté et les fermentations, ont une valeur azotée réelle satisfaisante, équivalente ou presque à celle des fourrages verts, comme le montrent les bilans azotés effectués sur des moutons en croissance par E. Grenet (tableau 4). On remarquera que l'addition d'un peu de formol a augmenté légèrement l'azote excrété dans les fecès (diminution de la digestibilité apparente de l'azote) mais a diminué en revanche l'azote excrété dans l'urine (diminution des fuites d' $\text{NH}_3$ ), de sorte que la quantité d'azote retenue a été légèrement améliorée par comparaison à l'addition d'acide formique seul.

### 4. Le tannage des protéines :

La protection des protéines par le tannage est assez récente. Elle a été imaginée par Zelter et al. (1964) et a été expérimentée depuis dans de nombreux pays. Elle consiste en une insolubilisation des protéines au moyen de substances tannantes (tanin végétal, formol...), insolubilisation qui doit être effectuée de façon que les protéines échappent à la fermentation dans le rumen

**TABLEAU 4**  
**COMPARAISON DES BILANS AZOTÉS OBTENUS SUR DES MOUTONS**  
**EN CROISSANCE RECEVANT A VOLONTÉ DU FOURRAGE VERT**  
**OU LES ENSILAGES CORRESPONDANTS**  
 (Ray-grass anglais Réveille en début épiaison - E. Grenet, résultats non publiés)

	N soluble % N total	N ingéré g/jour	N fécal		N urinaire		N retenu	
			g/jour	% N ingéré	g/jour	% N ingéré	g/jour	% N ingéré
Vert .....		20,6	7,7	37,3	7,8	38,0	5,1	29,6
Ensilage direct ....	62,6	19,4	6,1	31,6	10,5	55,0	2,8	13,4
Ensilage acide formique (3,5 l/tonne)	49,5	18,7	5,9	31,6	7,9	42,4	4,9	26,0
Ensilage acide formique (3,5 l) + Formol (1,5 l) .....	41,8	17,2	6,3	36,7	5,9	34,2	5,0	29,1

(il y a donc diminution des fuites d' $\text{NH}_3$ ) mais soient cependant digérées dans l'intestin. Il faut donc tanner mais pas trop. Un tannage adéquat entraîne alors une augmentation nette de la valeur azotée réelle comme le montrent les résultats de Hemsley et al. (1970) obtenus sur un fourrage de trèfle violet - ray-grass séché à basse température et traité ou non avec 10 g de formaldéhyde par kg de matière sèche (tableau 5).

**TABLEAU 5**  
**INFLUENCE DU TRAITEMENT AU FORMOL**  
**SUR LA VALEUR AZOTÉE DES FOURRAGES SÉCHÉS**  
 (D'après Hemsley et al., 1970)

	Fourrage non traité	Fourrage traité
Digestibilité de la matière organique .....	79,0	77,0
Digestibilité des matières azotées .....	80,1	76,0
Azote ingéré (g/24 heures) .....	28,7	28,8
Azote entrant dans l'intestin grêle (g/24 heures) ....	22,3	31,2
Azote autre que $\text{NH}_3$ entrant dans l'intestin grêle (g/24 heures) .....	20,2	29,9
Azote autre que $\text{NH}_3$ absorbé dans l'intestin :		
— g/24 heures .....	14,4	23,0
— g/g d'azote ingéré .....	0,50	0,80

**TABLEAU 6**  
**COMPARAISON DES BILANS AZOTÉS OBTENUS SUR DES MOUTONS**  
**EN CROISSANCE RECEVANT A VOLONTÉ DU FOURRAGE VERT**  
**OU LES ENSILAGES CORRESPONDANTS**  
(Luzerne stade boutons floraux - E. Grenet, résultats non publiés)

	N soluble % N total	N ingéré g/jour	N fécal		N urinaire		N retenu	
			g/jour	% N ingéré	g/jour	% N ingéré	g/jour	% N ingéré
Vert .....	32,7	55,7	14,7	26,4	26,1	46,8	14,8	26,7
Ensilage direct ....	66,4	32,3	7,9	24,5	19,9	61,7	4,5	13,8
Ensilage acide formique (5 l/tonne) ..	57,9	31,2	8,4	27,1	14,3	46,4	8,4	26,5
Ensilage acide formique (3,5 l) + formol (1,5 l) .....	50,2	30,8	9,0	29,4	17,3	56,3	4,5	14,5
Ensilage acide formique (5,0 l) + formol (5,0 l) .....	48,8	31,5	10,4	33,0	17,9	57,1	3,2	9,8

Il ne faudrait cependant pas croire, au vue de ces résultats, que l'addition de formol va systématiquement augmenter la valeur azotée réelle des fourrages conservés, notamment des ensilages. En effet, il semble qu'avec les ensilages l'addition de formol par comparaison à celle à l'acide formique seul puisse parfois augmenter (tableau 6) les fuites d'ammoniac au lieu de les diminuer (tableau 4), et cela parce que le formol qui est un bactériostatique très puissant doit vraisemblablement dans certains cas limiter le développement microbien dans le rumen et par conséquent diminuer la quantité d' $\text{NH}_3$  transformée en protéines microbiennes. La dose optimale de formol à utiliser pour le traitement des ensilages semble donc encore à trouver.

Ces quelques exemples montrent que la teneur en MAD ne permet pas d'apprécier correctement la valeur azotée réelle des aliments. Dans l'état actuel de nos connaissances, il est cependant impossible de donner la valeur azotée en PDI même en se limitant aux principaux aliments. Tout au plus pourrait-on compléter la valeur en MAD par des paramètres caractérisant le devenir de ces MAD dans le rumen (test de solubilité ou de fermentescibilité dans le rumen).

C. DEMARQUILLY

C.R.Z.V. de Theix - I.N.R.A.  
Laboratoire des Aliments.

*Energie et azote  
chez les ruminants*