



## Utilisation de l'azote d'une paille de blé tendre traitée à l'urée

Sraïri M. Taher<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Institut agronomique et vétérinaire Hassan II, Département des productions animales

### Résumé

*L'utilisation par les ruminants de l'azote d'une paille de blé traitée à l'urée a été évaluée dans un essai métabolique chez des béliers D'man x Sardi munis d'une fistule ruminale et d'une cannule duodénale. Le traitement de la paille à l'urée a augmenté sa teneur en azote total de 4.6 à 11.1 % de la MS, mais n'a pas modifié sa teneur en NDF, en ADF ou en minéraux. Au cours de la période expérimentale, trois sources azotées ont été comparées : azote de la paille traitée à l'urée, urée et tourteau de tournesol. Les expériences ont montré que ces sources azotées n'exerçaient d'effet significatif ni sur le pH ni sur la concentration en azote ammoniacal du jus du rumen. De même, la digestibilité ruminale de la matière organique (MO) et des fibres n'a pas été affectée par le type d'azote ( $P > 0.10$ ), renseignant sur une activité cellulolytique similaire des microbes du rumen. Cependant de meilleures digestibilités ruminales de la MO et du NDF ont été notées pour le régime à base de paille traitée (+10.6 et +12.5 % respectivement par rapport aux deux régimes à base de paille non traitée). Les flux duodénaux en protéines microbiennes étaient supérieurs avec l'azote de la paille traitée (16.9 g/j) par rapport au tourteau de tournesol (12.8 g/j) et à l'urée (9.8 g/j) ( $P < 0.05$ ), tandis que les pertes fécales azotées n'étaient pas significativement différentes ( $P > 0.10$ ). Ceci confirme la disponibilité de l'azote de la paille traitée pour le ruminant, les synthèses microbiennes qu'il permet bénéficiant au métabolisme azoté de l'animal car elles ne sont pas rejetées dans les déjections.*

**Mots-clés :** Paille, traitement, urée, environnement ruminal, digestion, fibres, synthèses, microorganismes, azote, ovins

### Abstract: Nitrogen utilization from a urea-treated wheat straw

*Ruminants utilization of the nitrogen fraction from a urea-treated wheat straw was evaluated using three D'man x Sardi crossbred rams fitted with both ruminal and duodenal cannulas. The urea-treatment has increased crude protein (CP) concentration in straw from 4.6 to*

11.1 % on a dry matter (DM) basis, while it had no effect on its NDF, ADF or mineral concentrations. During the trial, nitrogen from the urea-treated straw was compared to urea and sunflower meal as nitrogenous supplements for the same but untreated straw. Results showed that ruminal pH and nitrogen-ammonia concentration were similar among treatments, indicating that the added nitrogen to straw by urea-treatment had no negative effect on ruminal environment. Moreover, ruminal organic matter (OM) and NDF digestibilities also remained unchanged ( $P>0.10$ ), showing similar cellulolytic activity from rumen microbes. However increased OM and NDF ruminal digestibilities were recorded with treated straw (+10.6 and +12.5 % respectively, compared to diets with untreated straw). Microbial protein flow was significantly greater with treated straw (16.9 g/day) compared to sunflower meal (12.8 g/day) or urea (9.8 g/day) ( $P<0.05$ ), whereas nitrogen faecal flow was similar among treatments ( $P>0.05$ ). This confirms the availability of the nitrogen from urea-treated straw to the ruminant, as it can provide the animal with microbial proteins which are absorbed.

**Key-words:** Straw, urea, treatment, ruminal environment, fiber, digestion, microorganisms, synthesis, nitrogen, sheep

## ملخص : إستعمال أزوط تبين القمح الطري المعالج بالأورية

السرايري م. ط. 1

1 : معهد الحسن الثاني للزراعة والبيطرة، قسم الإنتاج الحيوانية

تمت دراسة استعمال الجزء الأزوتي لتبن القمح الطري المعالج بالأورية من طرف المختبرات. ولهذه الغاية عولج التبن بمادة الأورية لمدة شهرين وبعد ذلك عرض للتحليل. فتبين بأن تركيزه من الأزوط ارتفع من 4,6 إلى 11,1 في المائة بالنسبة للمادة الجافة. وكان الريح الأزوتي يتشكل خاصة من أزوط قابل للنويان. بعد هذه المرحلة تمت مقارنة القيمة الغذائية لأزوط التبن المعالج بالأورية بقيمة موردين أزوطيين أضيفا لتبن غير معالج : الأورية من جهة وكسب نوار الشمس من جهة أخرى. واستعملت ثلاث أكباش حاملة لتقب بالكرش و العفج بصفة دائمة لتحقيق هذا الهدف. أسفرت التجارب عن مستويات للحموضة وتركيز للأزوط الأمونياكي قارة مهما كان المورد الأزوتي داخل العلف وتبين أيضا أن هضم المادة العضوية والألياف لم يتأثر من طرف المورد الأزوتي. ويوضح ذلك بأن أزوط التبن المعالج بالأورية يمكنه أن يستغل من طرف جراثيم الكرش من أجل هضم الأعلاف. وأخيرا لوحظ تحسن في إنتاج البروتينات الميكروبية مع استعمال التبن المعالج (19,6 غ/يوم) بالمقارنة مع التبن الغير المعالج الذي أضيف له أورية (9,8 غ/يوم) أو كسب نوار الشمس (8,12 غ/يوم). وهذه النتيجة قد تزكي بصفة نهائية حسن استعمال أزوط التبن المعالج لتلبية حاجيات المجترات من البروتينات.

**الكلمات المفتاحية :** تبن، معالجة بالأورية، بيئة داخل الكرش، هضم الألياف، خلاصات ميكروبية

## Introduction

L'importance des pailles comme ressource alimentaire pour les ruminants à l'échelle nationale n'est plus à démontrer étant donnée leur contribution majeure dans la couverture des besoins énergétiques de ces animaux (Guessous 1991). Néanmoins, en raison de leur carence énergétique, azotée et minérale, les pailles à elles seules ne peuvent assurer un niveau de production convenable et elles doivent être améliorées soit par complémentation et/ou par traitement (Chenost et Dulphy 1987 ; Durand 1989).

A ce titre, leur traitement à l'urée semble être approprié car il a une action bénéfique sur la digestibilité de leur fraction pariétale, tout comme il contribue à résorber leur déficit original en azote (Dias-Da-Silva et Guedes 1990). Cependant, malgré cet enrichissement en azote, la valeur nutritionnelle de la fraction azotée de la paille traitée à l'urée reste controversée. En effet, plusieurs études ont prouvé que cet azote était peu accessible pour les micro-organismes du rumen, ne contribuant donc pas de manière efficace à leurs synthèses protéiques. Ceci serait dû aux relations qui s'établissent au cours du traitement entre cet azote et la partie indigestible de la paroi des cellules végétales (Chermiti *et al.* 1991), et aussi à la modification de l'environnement ruminal suite à l'ingestion de la paille traitée (Dulphy *et al.* 1984). Ainsi, le traitement à l'urée peut solubiliser certains composés phénoliques à partir des cellules de la paille ; ces derniers inhibent la digestion des fibres par les microbes du rumen (Jung *et al.* 1983). Mais d'un autre point de vue, certains auteurs ont rapporté de meilleurs bilans azotés chez des animaux alimentés avec de la paille traitée à l'urée par rapport à d'autres consommant de la paille non traitée (Zorilla-Rios *et al.* 1991 ; Chermiti 1994). Ils ont justifié de tels résultats par la nature soluble dans le rumen de cet azote (Dryden et Kempton 1983), qui suggère son utilisation dans les processus de synthèses microbiennes.

Dans un souci de clarifier ces phénomènes, notre travail se propose d'abord de déterminer l'effet du traitement sur les diverses fractions analytiques de la paille. Il vise ensuite à étudier les conditions de l'environnement ruminal (pH et concentration en azote ammoniacal du jus du rumen) et la digestibilité de la matière organique et des fibres. Dans un dernier volet, il intègre une évaluation des bilans azotés (synthèse des protéines microbiennes, azote fécal) associés à une ration basée sur la paille traitée à l'urée, en comparaison à ceux obtenus avec de la paille supplémentée à l'urée ou de la paille supplémentée au tourteau de tournesol.

## Matériel et méthodes

Afin de quantifier l'utilisation de l'azote à partir d'une paille de blé traitée à l'urée, deux sources azotées supplémentaires lui ont été comparées au cours d'un essai métabolique impliquant trois béliers munis d'une fistule ruminale et d'une canule duodénale. Les régimes étaient les suivants :

- Paille traitée à l'urée ;
- Paille non traitée complétement avec l'urée ;
- Paille non traitée complétement avec une source d'azote protéique : le tourteau de tournesol.

## Traitement de la paille

Trois tonnes de paille de blé tendre (*Triticum aestivum*, var. *Mabrouka*) récoltées lors de la moisson de l'été 1993 ont été traitées selon la méthode décrite par Sundstol (1988). Celle-ci consistait à arroser la paille avec une solution d'urée de manière à avoir 5 % d'urée par rapport à la matière sèche (MS) de la paille, et 30 % d'humidité dans le produit final. La paille a été ensuite hermétiquement bâchée avec un film de polyéthylène. Après 60 jours, la meule a été ouverte et la paille aérée et fréquemment homogénéisée pendant un mois et demi jusqu'à l'obtention d'un produit de teneur azotée stable. Par la suite, la paille a été analysée pour les paramètres suivants : la MS (déterminée par le passage à l'étuve pendant 48h à une température de 90 °C), les matières minérales (MM, déterminées par calcination dans un four pendant 3h à 550 °C), les matières azotées totales (MAT), dosées selon la méthode de Kjeldahl (AOAC 1980), le neutral detergent fiber (NDF), l'acid detergent fiber (ADF) et l'acid detergent lignin (ADL) dosés par la méthode décrite par Goering et Van Soest (1970), l'urée résiduelle (AOAC 1980), l'azote soluble (Vérité et Demarquilly 1978) et l'azote lié à la fraction ADF (N-ADF) (Goering et Van Soest 1970).

## Régimes expérimentaux

Le taux d'incorporation des ingrédients et la composition chimique des régimes expérimentaux figurent dans le tableau 1. La paille qu'elle soit traitée ou non a été incluse comme principale source énergétique dans tous les régimes. Ceux-ci contenaient en plus de la pulpe sèche de betterave (10.7 % de MAT et 22.6 % d'ADF) broyée en particules de 3 à 4 cm de diamètre, et de la mélasse de canne (5.8 % de MAT). Les trois régimes étaient isoazotés, avec une teneur en azote équivalent à 102 g de MAT/kg de MS. Ce niveau azoté a été dicté par le taux d'incorporation de la paille (70 %) et aussi par la teneur finale en azote dans la paille traitée. Finalement, le tourteau de tournesol utilisé dans le régime 3 contenait 39.2 % de MAT et 25.9 % d'ADF.

**Tableau 1.** Ingrédients et composition des régimes expérimentaux, % MS

Ingrédients	Régimes		
	1	2	3
Paille traitée	70.00	-	-
Paille non traitée	-	70.00	70.00
Urée	-	1.65	-
Tourteau de tournesol	-	-	15.50
Pulpe de betterave	17.50	15.85	4.00
Mélasse de canne	10.00	10.00	8.00
CMVa	2.00	2.00	2.00
Oxyde de chrome	0.50	0.50	0.50
Composition, %			
MM	11.10	11.40	12.50
MAT	10.20	10.20	10.20
NDF	58.80	57.70	58.30
ADF	41.40	40.20	41.50

<sup>a</sup> Le complément minéral et vitaminé contenait 16 % de Ca, 15 % de NaCl, 12 % de P, 6 % de S, 2 % de Mg, et 4300 mg/kg de Zn, 3750 mg/kg de Mn, 2600 mg/kg de Fe, 75 mg/kg de I, 30 mg/kg de Co, 100 mg/kg de Se, 750 UI/g de Vitamine A, 400 UI/g de vitamine D3 et 1 UI/g de Vitamine E.

## Essai métabolique

Trois béliers de génotype croisé D'man x Sardi (45.3 kg, 30 mois d'âge) porteurs d'une fistule du rumen et d'une canule de type "T" au niveau du duodénum (3 cm après le sphincter pylorique) ont été impliqués dans un dispositif expérimental en carré latin 3 x 3, pour évaluer les effets de la source d'azote dans une ration à base de paille sur les caractéristiques de la digestion et les synthèses de protéines microbiennes.

Les régimes étaient ceux figurant dans le tableau 1. L'addition de 0.5 % d'oxyde de chrome a servi à disposer d'un marqueur des flux de particules solides issues de la digestion. L'ingestion de la MS a été limitée à 1000 g/animal/jour afin de favoriser une prise d'aliments rapide tout en évitant les refus et le tri. Les béliers étaient maintenus dans des cages métaboliques individuelles (1.3 m x 0.5 m) et ils avaient accès à l'eau à tout moment. Les rations étaient distribuées en deux parts égales à 9h et 21h. Les animaux, ont été soumis à 15 jours d'adaptation au régime, avant de procéder à la collecte des échantillons durant 5 jours consécutifs.

Les échantillons du duodénum et des fèces sont prélevés deux fois par jour simultanément à partir de tous les béliers pendant les 4 premiers jours de la période de collecte, selon le protocole suivant : j.1 : 10h et 16h ; j. 2 : 11h et 17h ; j.3 : 12h et 18h, et j.4 : 14h et 20h. Les échantillons individuels étaient approximativement de 150 ml de chyme duodéal et 200 g de fèces. Les échantillons fécaux et duodénaux prélevés à partir de chaque animal ont été cumulés et congelés pour être analysés ultérieurement. De plus, des échantillons du jus ruminal ont été collectés pour chaque bélier lors des 4ème et 5ème jour de collecte aux horaires suivants : avant la 4<sup>e</sup> et la 5<sup>e</sup> distribution du repas, et à 1, 2, 3, 6, et 9h après le repas. Cent ml de jus ruminal (filtrés à travers deux couches de gaze) ont été immédiatement analysés pour leur pH, puis acidifiés avec 10 ml d'une solution d'acide sulfurique de normalité 0.5 N pour être congelés en vue d'une détermination ultérieure de leur concentration en azote ammoniacal.

Tous les échantillons collectés ont été analysés pour une partie ou pour l'ensemble des paramètres suivants :

- la MS ;
- les MM ;
- les MAT ;
- le NDF et l'ADF ;
- l'azote ammoniacal (AOAC 1980) et l'azote des purines selon la procédure proposée par Zinn et Owens (1986) ;
- le chrome par spectrophotométrie à absorption atomique selon le procédé de Williams *et al.* (1962).

Les flux des différents constituants analytiques vers le duodénum et leur excrétion dans les fèces ont été mesurés grâce à la technique des marqueurs. L'azote microbien (AM) dans les échantillons duodénaux a été évalué en utilisant les purines comme marqueurs des protéines des microbes (Zinn et Owens 1986). Les calculs se sont basés sur le ratio azote total/azote des purines dans les échantillons des microbes et sur la concentration en azote des purines dans le chyme duodéal, et ce en supposant que tout l'azote nucléique recueilli dans le duodénum est exclusivement d'origine microbienne. Mais, à défaut d'équipement d'ultracentrifugation, nous n'avons pas procédé à l'isolation des microbes du rumen, et nous avons utilisé la valeur

obtenue par Haddad (1990), avec un régime à base de fibres de pulpes sèches d'agrumes, pour en évaluer le ratio azote total/azote des purines.

La matière organique microbienne (MOM) a été estimée comme étant (AM) x 9,8 en supposant que les bactéries du rumen renferment 8.15 % d'azote et 20 % de cendres (Smith 1975). La matière organique fermentée dans le rumen (MOFR) a été calculée comme étant la somme de la matière organique ingérée et de la MOM atteignant le duodénum de laquelle est soustraite la matière organique dans le duodénum.

Les données ont été soumises à une analyse de la variance selon un dispositif expérimental en carré latin 3 x 3. Lorsque des différences significatives ont été relevées, on a eu recours à la méthode des contrastes pour la comparaison des moyennes (SAS 1985).

## Résultats et discussion

### Effets du traitement à l'urée sur la paille

Le tas de paille traitée s'est présenté à l'ouverture de la meule sous un aspect hétérogène avec des bottes fortement imprégnées d'eau et d'autres moins humides. Une odeur d'ammoniac caractéristique se dégageait de la meule. La paille traitée était de couleur plus sombre que la paille non traitée. Les analyses de la teneur azotée de la paille traitée provenant de diverses bottes ont montré que celle-ci s'était multipliée par 3 et même plus (4.6 % de MAT pour la paille témoin à 13.2 et même 18.4 % de MAT dans la paille traitée). De même, la teneur en urée résiduelle dans la paille traitée variait selon le type de botte considéré. En effet, pour les bottes très humides (couche la plus basse à cause de la percolation de la solution d'urée), la teneur en urée résiduelle était nulle, témoignant d'une hydrolyse totale à ce niveau, tandis que pour les bottes d'aspects "normal", cette grandeur atteignait 7g d'urée/kg de MS.

Ces différences combinées aux pertes liées à l'évaporation de la fraction ammoniacale libre de la paille traitée, après l'ouverture de la meule, nous ont contraint à l'homogénéiser au maximum jusqu'à une stabilisation de sa teneur en azote. Parallèlement, ceci a permis d'éviter le développement des moisissures.

Après un mois et demi de stockage, la teneur finale est stabilisée en azote dans la paille traitée était de 11.1 % de MAT. Ceci représentait l'équivalent d'un gain de 1,4 fois la teneur initiale en azote dans la paille témoin. Ce gain azoté s'est réparti sous trois principales formes :

- azote soluble (Vérité et Demarquilly 1978), qui représente 49.9 % de l'azote total de la paille traitée, soit 66 % du gain azoté ;
- azote lié à la fraction pariétale indigestible (N-ADF) qui constitue 12.9 % de l'azote total dans cette paille ;
- azote issu de l'urée résiduelle et qui correspond à 18 % de l'azote total de la paille traitée.

D'autre part, les analyses statistiques n'ont pas révélé de variations significatives des teneurs en NDF, en ADF ou en minéraux. Les teneurs en ces éléments sont restées comparables par

rapport à celles dans la paille témoin (Tableau 2). Ces résultats sont conformes à ceux rapportés par des études antérieures qui se sont penchées sur les effets d'un traitement de la paille à l'urée. En effet, Dias-da-Silva et Sundstol (1986) et Mason *et al.* (1988) ont eux aussi mentionné que seule la fraction azotée variait de manière significative après un traitement de la paille, les fractions pariétales et minérales n'étant pas modifiées. Dans nos conditions expérimentales, avec un stockage de la paille qui a duré 50 jours, nous avons eu un gain de 6.5 points de MAT. Gordon et Chesson (1983) avaient eux aussi enregistré un gain de cette grandeur pour une paille d'orge ayant une teneur initiale en azote proche de celle de notre paille témoin, et qu'ils avaient stockée 100 jours après l'ouverture de la meule. En parallèle, en comparant nos résultats avec ceux issus d'un même contexte, à savoir même durée, même saison de traitement et même dose d'urée (Assioua 1990 ; Annasser 1991), nous remarquons que le gain azoté relevé durant cet essai est inférieur au leur. Cet écart peut être expliqué par la phase d'aération prolongée à laquelle nous avons exposé notre paille, phénomène qui n'avait pas eu lieu dans ces deux travaux mentionnés. Il est en effet admis que durant une telle phase, il se produit irrémédiablement des pertes en matières azotées volatiles (Chermiti *et al.* 1991). Or, la fraction azotée retenue dans la paille après une phase d'aération peut être considérée comme la plus révélatrice de sa teneur azotée potentiellement utilisable par le ruminant (Gordon et Chesson 1983).

Finalement, concernant les formes d'incorporation de l'azote retenu par la paille après un mois et demi d'aération et d'homogénéisation, il s'est avéré que la forme prépondérante était de nature soluble. Ce résultat est lui aussi fréquemment mentionné dans la bibliographie. Ainsi, Dryden et Kempton (1983) et plus récemment Michalet-Doreau *et al.* (1990) ont aussi montré que la moitié de l'azote capté par la paille était soluble. Quant à la fraction azotée fixée sur la partie pariétale indigestible, elle reste insignifiante (3.8 % de l'azote retenu) pour constituer un facteur susceptible de limiter l'accessibilité de l'azote de la paille traitée pour la flore microbienne (Michalet-Doreau *et al.* 1990).

**Tableau 2.** Composition de la paille témoin et de la paille traitée, % MS

Fraction analytique	Paille non traitée	Paille traitée
MM	9.25	9.63
NDF	73.13	73.82
ADF	52.35	53.55
ADL	8.74	8.76
MAT <sup>b</sup>	4.59	11.14
Urée résiduelle	-	0.70
Azote soluble	0.20	0.89
N-ADF	0.19	0.23

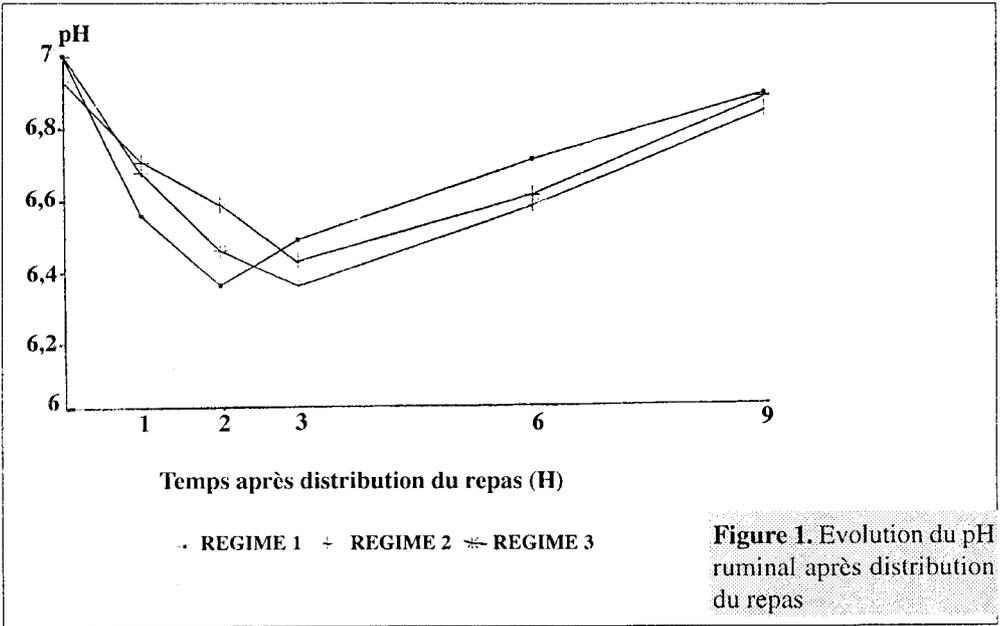
<sup>a</sup> Il s'agit de la paille traitée après un mois et demi d'homogénéisation et d'aération

<sup>b</sup> MAT = Azote total x 6.25

## Essai métabolique

Pour les trois régimes testés, le pH a oscillé de 6.35 à 7.00 (figure 1). Il est donc resté inclus dans une plage de variation où l'activité cellulolytique des microbes du rumen n'est pas en-

travée (Kistner *et al.* 1979). Les pH aux différents points horaires, ainsi que les pH moyens n'ont pas été affectés de manière significative par le régime (Tableau 3). Ceci dénote l'absence d'effet de la source d'azote sur l'environnement ruminal. De la même manière, Chermiti (1994) a remarqué des niveaux d'acidité du jus du rumen sensiblement égaux en étudiant la digestion d'une paille traitée à l'urée et d'une même paille non traitée complémentée avec l'urée.

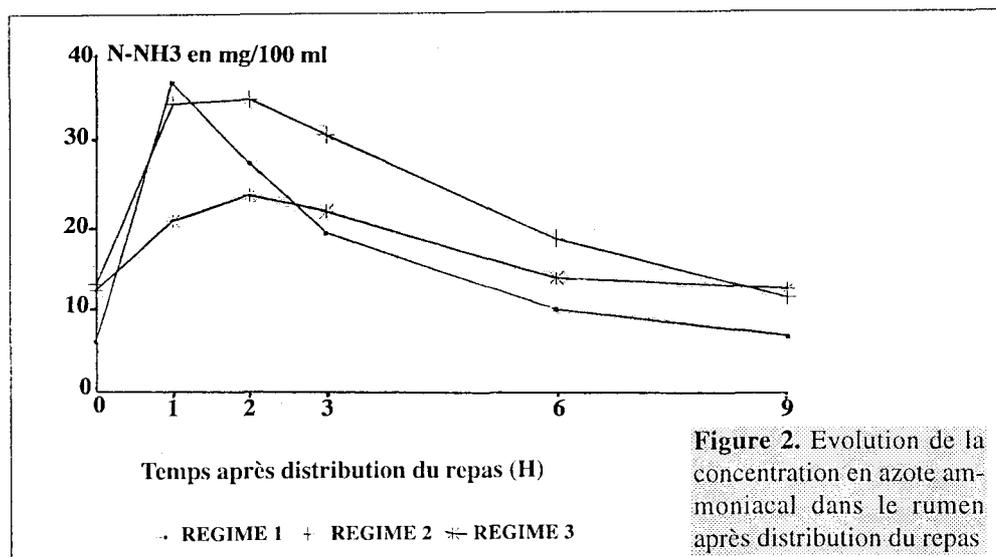


**Tableau 3.** Effet du régime sur le pH ruminal

	Régime			E.S <sup>a</sup>
	1	2	3	
pH ruminal				
Temps après distribution du repas, h				
0	7.00	6.93	7.00	0.08
1	6.55	6.70	6.67	0.11
2	6.35	6.58	6.45	0.13
3	6.48	6.42	6.35	0.13
6	6.70	6.60	6.57	0.06
9	6.88	6.87	6.83	0.10
Moyenne	6.64	6.68	6.64	0.09

<sup>a</sup> Erreur standard, n = 3

Concernant la concentration en azote ammoniacal dans le jus du rumen, une évolution semblable apparaît pour les trois régimes (figure 2). Ceux-ci ont affiché des valeurs moyennes qui ne différaient pas ( $P>0.05$ ). Cependant, il est pertinent de remarquer que les régimes 1 et 2 ont généré les amplitudes de variation les plus vastes pour la concentration en ammoniac, à cause de la rapide solubilisation de l'azote non protéique qu'ils renferment (Cordesse et Taba-Tabai 1981). En revanche, le régime 3 à base de tourteau de tournesol, malgré le taux de dégradabilité élevé de cette source azotée (INRA 1988), a présenté un profil ammoniacal plus stable. Ceci traduit certainement une vitesse de dégradation plus lente couplée à un rythme d'utilisation par les microbes qui était synchronisé avec l'hydrolyse protéique. Pour les trois régimes, à tout moment du nyctémère la concentration en azote ammoniacal était supérieure à 5 mg/100 ml, valeur recommandée comme seuil minimal pour des synthèses protéiques optimales par les microbes du rumen (Satter et Roffler 1975). Aussi, l'azote de la paille traitée semble-t-il constituer une source azotée adéquate pour les microbes du rumen à un niveau comparable à l'urée et même au tourteau de tournesol.



La digestibilité apparente de la MO dans le rumen ainsi que la digestibilité de la MO corrigée pour la matière organique microbienne n'ont pas été affectées par l'effet du régime alimentaire ( $P>0.05$ ). Cette dernière a varié de 40.8 à 50.3 % respectivement pour les régimes 3 et 1 ; le régime 2 a généré une valeur intermédiaire de 44.2 %. Ces résultats rejoignent ceux publiés par Zorilla-Rios *et al.* (1991). En effet, selon ces auteurs, la supplémentation d'une paille non traitée par une source d'azote protéique (tourteau de soja) ou non protéique (urée) en comparaison à l'azote de la paille traitée, ne permet pas d'obtenir une amélioration significative de la digestibilité de la MO. Dans un même type d'expériences, Chermiti (1994) n'aboutit pas à une digestibilité réelle de la MO qui soit différente en étudiant la supplémentation d'une paille avec de l'urée par rapport à une paille traitée à l'urée. Au contraire, cet au-

teur a relevé une tendance vers une meilleure digestibilité de la MO de la paille traitée (60 %) en comparaison avec la paille non traitée (57 %). Cette observation est d'ailleurs en concordance avec nos résultats, et elle peut être interprétée par une dégradabilité plus intense des fibres de la paille traitée, plutôt qu'à une quelconque interférence de la source azotée (Orskov 1991). Les digestibilités totales relevées pour les fractions analytiques pariétales (NDF et ADF) n'ont pas varié significativement (Tableau 4). Les écarts peuvent être imputés aux changements de structure affectant les constituants pariétaux suite au traitement de la paille (Sundstol 1988) et qui les rendent plus accessible aux attaques microbiennes (Grenet et Barry 1990). La digestibilité ruminale du NDF représentait jusqu'à 80 % de la digestibilité totale de cette fraction. Ceci est compréhensible, dans la mesure où pour les rations à teneur élevée en NDF (>50 % de la MS), la majeure partie de la digestion des fibres a lieu dans le rumen (Alawa *et al.* 1987). D'après ces résultats, l'azote de la paille constitue une source azotée propice à la digestion de la MO des fibres dans le rumen. Il ne comporterait donc pas de "facteurs antimicrobiens" qui pourrait entraver l'activité cellulolytique microbienne, comme l'ont énoncé Ramihone *et al.* (1988).

**Tableau 4.** Effet du régime sur les digestibilités totales et ruminales de la matière organique et des constituants pariétaux

	Régime			E.Sa
	1	2	3	
Ingéré, g/j				
MS	1000.0	1000.0	1000.0	-
MO	888.8	886.3	865.4	-
NDF	635.6	590.0	611.6	-
ADF	398.4	366.0	389.5	-
Flux duodéal, g/j				
MO	582.0	591.7	637.7	26.1
NDF	338.1	375.2	414.9	23.0
ADF	225.0	241.3	270.7	9.8
Digestion ruminale, %				
MO (vraie) <sup>b</sup>	53.1	44.2	40.8	3.3
NDF	46.8	36.4	32.2	3.8
ADF	43.5	34.1	30.5	2.6
Excrétion fécale, g/j				
MO	412.7	436.3	496.7	18.9
NDF	285.0	328.3	380.1	16.2
ADF	200.9	217.4	260.4	9.3
Digestion totale, %				
MO	53.6	50.7	42.6	2.1
NDF	55.1	44.4	37.8	2.7
ADF	52.8	40.6	33.1	2.4

<sup>a</sup> Erreur standard, n = 3.

<sup>b</sup> Digestibilité apparente de la MO corrigée pour la MO microbienne.

Concernant les flux d'azote non ammoniacal au niveau du duodénum, ils n'ont pas été différents selon le régime considéré ( $P > 0.05$ ). De plus, il s'est avéré qu'ils étaient toujours supérieurs à la quantité d'azote ingéré (Tableau 5). Ceci renseigne sur un gain d'azote probablement dû au recyclage de l'urée et aux sécrétions endogènes. Ce phénomène est fréquent avec des rations riches en fibres et dont la teneur en azote est limitée (Demeyer et Van Nevel 1986). En revanche, le flux duodénal en azote microbien a été significativement influencé par le régime ( $P < 0.05$ ). En effet, ce flux était maximal avec la paille traitée (16.9 g/j), intermédiaire avec le tourteau de tournesol (12.8 g/j) et minimal avec l'urée (9.9 g/j). Cette supériorité des synthèses microbiennes avec l'azote de la paille traitée prouve que cette source azotée est adéquatement utilisée par les microbes du rumen, surtout que ces derniers ont alors eu à leur disposition un surplus de MO issue d'une meilleure digestibilité de la paille après son traitement (Zorilla-Rios *et al.* 1991). Ces auteurs en comparant l'azote de la paille traitée, l'urée et le tourteau de soja ont aussi rapporté un classement similaire au nôtre concernant l'effet de l'azote nutritionnel sur les synthèses microbiennes chez des taurillons Hereford. Dans un même ordre d'idée, Chermiti (1994) a aussi enregistré un flux duodénal d'azote microbien plus important chez des vaches taries consommant de la paille traitée par rapport à celles ingérant de la paille non traitée complétement avec de l'urée.

**Tableau 5.** Effet du régime sur l'utilisation de l'azote dans le rumen et les flux azotés

	Régime			E.S <sup>a</sup>
	1	2	3	
Azote ingéré, g/j				
Azote de la paille	12.5	5.1	5.1	-
Azote des concentrés	3.8	11.2	11.2	-
Azote total	16.3	16.3	16.3	-
Flux azotés duodénaux, g/j				
Azote non ammoniacal	20.6	17.9	17.8	0.4
Azote microbien	16.9	9.9	12.8	0.4
Efficacité microbienne <sup>e</sup>	35.4	25.3	36.9	1.7
Efficacité protéiqu <sup>f</sup>	1.30	1.10	1.12	0.03
Excrétion azotée fécale, g/j	8.6	7.0	7.5	0.2

<sup>b,c,d</sup> Les moyennes qui ne sont pas affectées de lettres communes sont significativement différentes au seuil de 5 % ;

<sup>e</sup> Azote microbien, grammes/kilogramme de MO réellement fermentée ;

<sup>f</sup> Azote non ammoniacal dans le duodénum /Azote total ingéré.

Cette supériorité traduit ainsi une activité de synthèses protéique plus intense des microbes du rumen avec le régime à base de paille traitée à l'urée par rapport aux deux autres régimes impliqués dans cet essai. Elle confirme l'utilisation de la fraction azotée de la paille traitée grâce à son incorporation dans ces synthèses. Cette dernière a par ailleurs été stimulée par une quantité de MO réellement digérée dans le rumen plus élevée avec le régime 1 (473 g/j) par rapport aux régimes 2 et 3 (respectivement 391 et 353 g/j). La conjonction de ces deux facteurs (plus de MO digérée et accessibilité de l'azote pour les micro-organismes du rumen) a sûrement constitué un facteur déterminant pour mieux expliquer ces synthèses microbiennes plus accrues avec le régime 1 (Satter et Roffler 1975).

Concernant les quantités d'azote excrétées dans les fèces, elles n'ont pas été influencées par le régime ( $P > 0.05$ ). L'azote de la paille traitée n'est donc pas excessivement éliminé dans les fèces, et de ce fait, il est bien absorbé après son utilisation dans les synthèses microbiennes. Ceci va à l'encontre des conclusions de Dulphy *et al.* (1984) qui ont mentionné une intense excrétion d'azote fécal avec une paille traitée à l'ammoniac. Nos résultats, indiquent plutôt une participation effective de l'azote de la paille traitée dans les processus de prolifération et de synthèses microbiennes, tel que le rapportent Guedes et Dias-Da Silva (1984). Ultérieurement, ces synthèses ont été profitables pour le ruminant puisqu'elles sont absorbées dans les intestins.

Finalement, l'efficacité microbienne, déterminée par le ratio AM (g)/ MOFR (kg), a été comprise entre 25.3 et 36.7. Elle n'était pas différente ( $P > 0.10$ ) pour les trois régimes, ce qui montre que le rendement d'utilisation des trois sources azotées comparées n'a pas varié pour la synthèse de la matière organique microbienne.

## Conclusion

De cet essai, nous pouvons retenir que la valeur nutritionnelle de l'azote de la paille traitée à l'urée se trouve confirmée, à un niveau comparable à l'azote de l'urée ou du tourteau de tournesol. En effet, cette source azotée génère dans le rumen un environnement adéquat à la digestion de la MO et des fibres. De plus, elle est suffisamment accessible aux micro-organismes du rumen pour servir de substrat à leurs synthèses protéiques. Celles-ci ont d'ailleurs été plus intenses quand on les compare à celles que permettent l'urée ou le tourteau de tournesol. Ces résultats constituent des facteurs non négligeables à considérer lors de la prise de décision d'un traitement d'une paille à l'urée. En effet, outre l'amélioration de la digestibilité et de l'ingestibilité de cette paille, l'azote qu'il apporte est potentiellement digestible et assimilable par les ruminants, permettant de corriger sa carence azotée originelle.

## Références bibliographiques

- Alawa J.P., Fishwick G., Parkins, J.J. and Hemingway R.G. (1987). A note on the effect of dietary protein degradability in the rumen on the voluntary intake and digestibility of barley straw by lactating beef cow. *Anim. Prod.* **44**: 446-449.
- Annasser Z. (1991). Utilisation des pailles traitées et non traitées à l'urée par les brebis : effet de la complémentation protéique. Mémoire de 3<sup>e</sup> cycle (Productions animales), IAV Hassan II, Rabat, Maroc.
- AOAC (1980). Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 13<sup>th</sup> Edition. Washington D.C. , 20044.
- Assioua M. (1990). Valorisation des pailles par le traitement à l'urée et utilisation par des brebis en production. Mémoire de 3<sup>e</sup> cycle (Productions animales), IAV Hassan II, Rabat, Maroc.
- Boulanouar B. (1994). Meeting the nutritional requirements of sheep production in semi-arid Morocco. Ph. D. Thesis, Univ. Nebraska, Lincoln, U.S.A.

- Chenost M. et Dulphy J.P. (1987). Amélioration de la valeur alimentaire (composition, digestibilité, ingestibilité) des mauvais foin et des pailles par les différents types de traitement. pp. 199-230. In Demarquilly, C. (ed.). Les fourrages secs : Récolte, traitement, utilisation. INRA éditions, Paris, France.
- Chermiti A. (1994). Utilisation des pailles de céréales traitées à l'ammoniac et à l'urée par différentes espèces de ruminants dans les pays d'Afrique du nord. Thèse de doctorat en sciences agronomiques. U.C. Louvain, Belgique.
- Chermiti A., Nefzaoui A., Teller E. et Vanbelle M. (1991). Optimisation du traitement des pailles de céréales à l'ammoniac et à l'urée. I. Evaluation de l'efficacité du traitement à partir des pertes de produits volatils. *Revue de l'agriculture* (Bruxelles). **44** : 973-982.
- Cordesse R. et Taba-Tabai M. (1981). Alimentation d'agneaux à partir d'une paille traitée à l'ammoniac. II. Cinétique biochimique de dégradabilité dans le rumen de la paille traitée. *Ann. Zootech.* **30** : 299-312.
- Demeyer D. and Van Nevel C. (1986). Influence of substrate and microbial interaction on efficiency of rumen microbial growth. *Reprod. Nutr. Dev.* **26** : 161-179.
- Dias-Da-Silva A.A. and Sundstol F. (1986). Urea as a source of ammonia for improving the nutritive value of wheat straw. *Anim. Feed Sci. Technol.* **14** : 67-79.
- Dias-Da-Silva A.A. and Guedes C.V.M. (1990). Variability in the nutritive value of straw cultivars of wheat, rye and triticale and response to urea treatments. *Anim. Feed Sci. Technol.* **28** : 78-89.
- Dryden G.M. and Kempton T.J. (1983). Digestion of organic matter and nitrogen in ammoniated barley straw. *Anim. Feed Sci. Technol.* **10** : 65-75.
- Dulphy J.P., Komar A. et Zwaenepoel P. (1984). Effets comparés des traitements à l'ammoniac et à la soude sur la valeur alimentaire de fourrages pauvres. *Ann. Zootech.* **33** : 321-342.
- Durand M. (1989). Conditions of optimizing cellulolytic activity in the rumen. In Chenost M. and Reiniger P. (eds.). Evaluation of straws in ruminant feeding. Elsevier. London, U.K. pp. 3-18.
- Goering H.K. and Van Soest P.J. (1970). Forage fiber analysis (apparatus, reagents, procedures and some applications). Agric. Handbook. 379. ARS. USDA. Washington, D.C.
- Gordon A.H. and Chesson A. (1983). The effects of prolonged storage on the digestibility and nitrogen content of ammonia-treated barley straw. *Anim. Feed Sci. Technol.* **8** : 147-153.
- Grenet E. and Barry P. (1990). Microbial degradation in the rumen of wheat straw and ammonia-treated wheat straw by electron microscopy. *Reprod. Nutr. Dev.* **30** : 533-540.
- Guedes C.V.M. and Dias-Da-Silva A.A. (1994). Effects of fish-meal supplementation on the digestion and rumen degradation of ammoniated wheat straw. *Ann. Zootech.* **43** : 333-340.
- Guessous F. (1991). Productions fourragères et systèmes animaux. Actes éditions. IAV Hassan II. Rabat, Maroc.
- Haddad A. (1990). Supplémentation en urée de régimes contenant des proportions élevées de pulpes d'agrumes : effets de la forme et du niveau d'apport de l'urée sur l'utilisation de l'azote et la digestion dans le rumen. Mémoire de 3<sup>e</sup> cycle (Productions animales), IAV Hassan II, Rabat, Maroc.
- INRA (1988). Alimentation des bovins, ovins et caprins. Jarrige, R., (ed.). INRA éditions, Paris, France. p. 476.
- Jung H.G., Fahey G.C. and Garst J.E. (1983). Simple phenolic monomers of forages and effects of in vitro fermentation on cell wall phenolics. *J. Anim. Sci.* **57** : 1294-1305.

- Kistner A., Therion J., Kornelius J.H. and Hugo A. (1979). Effect of pH on specific growth rates of rumen bacteria. *Ann. Rech. Vet.* **10** : 266-270.
- Mason V.C., Hartley R.D., Keene A.S. and Colby J.M. (1988). The effect of ammoniation on the nutritive value of wheat, barley and oat straws. I. Changes in chemical composition in relation to digestibility in vitro and cell wall degradability. *Anim. Feed Sci. Technol.* **19** : 159-171.
- Michalet-Doreau B., Hassen L. et Chenost M. (1990). Influence du traitement à l'ammoniac sur la dégradation in sacco des fourrages. Proceedings de la réunion annuelle de la F.E.Z., Toulouse, 1990. p. 255-260.
- Orskov E.R. (1991). Manipulation of fiber digestion in the rumen. *Proc. Nutr. Soc.* **23** : 187-196.
- Ramihone B., Jouany J.P. et Chenost M. (1998). Part de l'azote apporté par le traitement à l'ammoniac dans la digestion d'une paille de blé traitée ou non à l'ammoniac. *Reprod. Nutr. Dev.* **28** : 151-152.
- SAS Institute Inc. (1985). SAS User's guide : Statistics, Version 5. Editions SAS Institute Inc., Carry, NC.
- Satter L.D. and Roffler R.E. (1975). Nitrogen requirements and utilization in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* **58** : 1217-1237.
- Smith R.H. (1975). Nitrogen metabolism in the rumen and the composition and nutritive value of nitrogen compounds entering the duodenum. In Mc Donald, I.W. and Warner, A.C.I. (eds.). Digestion and metabolism in the ruminant. University of New England Printing Unit. Armidale, Australia. p. 399-415.
- Sundstol F. (1988). Improvement of poor quality forages and roughages. In Orskov, E.R. (Ed). Feed Science. World Animal Science, B4. Elsevier, Amsterdam. pp. 257-277.
- Vérité R. et Demarquilly C. (1978). Qualité des matières azotées des aliments pour ruminants. In INRA (ed.). La vache laitière. Inra éditions. Paris. p. 143-157.
- Williams C.H., David D.J. and Iismaa O. (1962). The determination of chromic oxide in faeces samples by atomic absorption spectrophotometry. *J. Agric. Sci.* **59** : 381-389.
- Zinn R.A. and Owens F.N. (1986). A rapid procedure for purine measurement and its use for estimating net protein synthesis. *Can. J. Anim. Sci.* **66** : 157-166.
- Zorilla-Rios J., Horn G.W. and Mc New R.W. (1991). Nutritive value of ammoniated wheat straw fed to cattle. *J. Anim. Sci.* **69** : 283-294.