

Traitement des pailles à l'ammoniac et à l'urée. Effets du traitement et du hachage sur les performances de croissance des agneaux

Rokbani N., Nefzaoui A.

in

Caja G. (ed.), Djemali M. (ed.), Gabiña D. (ed.), Nefzaoui A. (ed.).
L'Elevage ovin en zones arides et semi-arides

Zaragoza : CIHEAM
Cahiers Options Méditerranéennes; n. 6

1995
pages 65-74

Article available on line / Article disponible en ligne à l'adresse :

<http://om.ciheam.org/article.php?IDPDF=95605386>

To cite this article / Pour citer cet article

Rokbani N., Nefzaoui A. **Traitement des pailles à l'ammoniac et à l'urée. Effets du traitement et du hachage sur les performances de croissance des agneaux.** In : Caja G. (ed.), Djemali M. (ed.), Gabiña D. (ed.), Nefzaoui A. (ed.). *L'Elevage ovin en zones arides et semi-arides*. Zaragoza : CIHEAM, 1995. p. 65-74 (Cahiers Options Méditerranéennes; n. 6)



<http://www.ciheam.org/>
<http://om.ciheam.org/>

Traitement des pailles à l'ammoniac et à l'urée Effets du traitement et du hachage sur les performances de croissance des agneaux

N. ROKBANI

OFFICE DE L'ELEVAGE ET DES PATURAGES
DIRECTION DES RESSOURCES ALIMENTAIRES
TUNIS
TUNISIE

A. NEFZAOUI

LABORATOIRE DE NUTRITION ANIMALE
INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE
AGRONOMIQUE DE TUNISIE
ARIANA
TUNISIE

RESUME - L'objectif de la présente contribution est d'étudier les effets des traitements à l'ammoniac et à l'urée et de la complémentation avec l'urée et du hachage sur les performances de croissance d'agneaux de la race Barbarine. L'étude a porté sur 8 régimes à base de paille de triticale ayant subi les différents traitements. Les pailles sont offertes à volonté et la quantité de concentré est limitée à 400 g par jour. Le traitement à l'ammoniac a été effectué à la dose de 3% et celui à l'urée à raison de 40 g d'urée dissoute dans 250 ml d'eau par kg de paille. Au moment de l'affouragement, une partie des pailles a été hachée. Les rations ont été distribuées à 8 lots de 20 agneaux chacun pendant 100 jours au cours desquels leurs performances de croissance ont été mesurées. L'ingestion volontaire de la paille non traitée est faible, elle n'est que de 370 g de MS par jour, soit 30 g de MS par kg de poids métabolique. Le hachage améliore l'ingestion d'environ 20%. Le traitement à l'ammoniac améliore très nettement cette ingestion qui passe de 370 g à 620 g de MS par jour, soit un accroissement de 68%. L'amélioration la plus importante est obtenue avec la paille traitée à l'ammoniac et hachée où l'ingestion est presque doublée. Le traitement à l'urée améliore aussi les ingestions de paille mais en moindre proportion (+ 30%) que le traitement à l'ammoniac. Les traitements à l'ammoniac et à l'urée augmentent très significativement le gain de poids des agneaux alors que l'effet du hachage est moins prononcé même s'il est significatif. Le meilleur résultat est obtenu avec le traitement à l'ammoniac qui se traduit par une augmentation du GMQ de 60% environ. Le traitement à l'urée sans hachage n'augmente que très légèrement le GMQ, mais une fois hachée, cette même paille permet un accroissement du GMQ d'environ 38% conformément aux améliorations de l'ingestion. Enfin, le faible niveau des performances des animaux, indique que de tels régimes alimentaires ne sont à conseiller que pour des animaux à faible niveau de production ou à l'entretien. Il serait vain de traiter la paille si on souhaite augmenter la part de concentré dans la ration pour avoir des performances plus élevées.

Mots-clés : Paille, ammoniac, urée, hachage, croissance, agneaux, Barbarine.

SUMMARY - "Ammonia and urea treatment of straw. Treatment and chopping of straw effects on lamb growth performance". Effects of ammonia treatment (3%), urea treatment (40 g in 250 ml water per kg straw), urea supplementation and chopping were tested on straw voluntary intake and lamb growth. Straws were offered ad-libitum and supplemented with 400 g of barley grain. Each diet was offered to 20 Barbarine lambs during a 100 day experimental period. Untreated straw voluntary intake was low (30 g DM per kg metabolic weight). Chopping increased intake by 20%. Ammonia and urea treatments also increased intake, by 60 and 30% respectively. The best result was obtained with ammonia treated and chopped straw where intake was two times higher. Average daily gain was significantly increased by ammonia and urea treatment. Chopping effect was less important. Daily growth was increased by 60% with ammonia treated and chopped straw. Urea treatment has little effect on growth

and when straw was chopped, daily growth increased by 38%. Nevertheless, the low performances suggest that diets based on either treated or untreated straw were better indicated for animals having low performances or at maintenance level. When higher performances are required, it becomes necessary to increase concentrate levels, but the treatments will no longer be useful.

Key words: Straw, ammonia, urea, chopping, lamb growth, Barbarine.

Introduction

Les traitements à l'ammoniac et à l'urée améliorent l'ingestion et la digestibilité des pailles de céréales (i.e., Sundstol *et al.*, 1978 ; Xande et Demarquilly, 1983 ; Chenost et Dulphy, 1987 ; Chermiti *et al.*, 1989 ; Kraiem *et al.*, 1991). L'effet de ces traitements sur l'amélioration des performances animales est par contre nettement moins étudié. Les rares expérimentations qui ont été réalisées ont porté sur l'alimentation des bovins. Dans ce cas, des améliorations des ingestions et des performances de croissance sont rapportées (Horton *et al.*, 1982 ; Dulphy *et al.*, 1984 ; Abdouli *et al.*, 1988 ; Chenost, 1989).

Rares sont les données relatives à l'emploi de la paille traitée à l'urée et encore moins pour les petits ruminants. L'essentiel des expérimentations effectuées sur les ovins jeunes ou adultes sont menées en Afrique du Nord (Chermiti et Khaldi, 1983 ; Rokbani, 1986 ; Kraiem *et al.*, 1991).

L'objectif de la présente contribution est d'étudier les effets de ces mêmes traitements sur les performances de croissance d'agneaux de race Barbarine.

Matériel et méthodes

Aliments

L'étude a porté sur 8 régimes à base de paille de triticale ayant subi différents traitements. Les pailles ont été offertes à volonté et la quantité de concentré a été limitée à 400 g par jour. Le concentré est constitué d'orge aplatie et de 3% de CMV. Pour chaque traitement, la paille a été distribuée entière ou hachée (longueur des brins de 5 cm environ). L'eau est disponible en permanence.

Le traitement à l'ammoniac a été effectué à la dose de 3% sans addition d'eau et les balles couvertes de plastique ont été gardées pendant deux mois avant leur utilisation. L'urée a été apportée à raison de 40 g dissoute dans 250 ml d'eau par kg de paille. Les balles ainsi traitées ont été couvertes d'un film de plastique et gardées durant la même durée que celles traitées à l'ammoniac.

Au moment de l'affouragement, une partie des pailles a été hachée à l'aide d'un "broyeur à maïs", permettant d'avoir des brins dont la longueur est d'environ 5 cm.

Animaux et déroulement de l'expérience

Cent soixante agneaux Ôgés en moyenne de 5 mois ont été distribués au hasard en 8 lots de 20 chacun, pour recevoir les différents régimes alimentaires.

L'expérimentation a duré 100 jours après 21 jours d'adaptation aux enclos et aux régimes. Avant le démarrage de la période expérimentale, une double pesée des agneaux à jeun a été faite. Les ingestions ont été enregistrées quotidiennement, en pesant les quantités offertes et refusées de chaque lot.

L'évolution de poids des agneaux a été réalisée en effectuant une double pesée à jeun tous les 15 jours.

Analyse des aliments

A intervalles réguliers, des échantillons des pailles distribuées ont été analysés. Au total 16 échantillons de chaque type de paille ont été analysés durant toute la période de l'essai. Les analyses ont porté, après séchage de l'échantillon à 50°C dans une étuve ventilée et son broyage (grille de 1 mm), sur la détermination des matières minérales (Mm), matières azotées totales (MAT) et cellulose brute (CB) selon les méthodes de l'AOAC (1975). Les teneurs en neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), hémicellulose (HC) et cellulose (C) ont été déterminées selon la méthode de Goering et Van Soest (1970). La matière sèche a été déterminée après séchage de l'échantillon à 105°C jusqu'à poids constant.

Les teneurs en azote soluble et en azote ammoniacal et la détermination du pH ont été déterminées selon les méthodes décrites par Vervack (1979).

Analyse des données

Les résultats de performances ont été soumis à une analyse de variance à deux critères de classification (traitement, hachage) et les moyennes comparées par le test de Duncan.

Résultats et discussion

Composition chimique des pailles

Les traitements à l'ammoniac et à l'urée se traduisent essentiellement par un accroissement très net des teneurs en MAT (Table 1). Ces dernières passent en moyenne de 2,75% de la MS à 10% de la MS pour le traitement à l'ammoniac et à 9% de la MS pour le traitement à l'urée. Cet azote apporté par le traitement se trouve essentiellement sous une forme soluble (53 à 60% de l'azote total) et n'est que partiellement sous une forme ammoniacale (21 à 34% de l'azote total).

Ces augmentations de la teneur en MAT ont été observées par tous les chercheurs ayant travaillé sur le traitement des pailles. Néanmoins, ces augmentations sont très

variables et dépendent certes de la dose de réactif, du degré d'humidité de la paille, de la durée de conservation de la paille traitée et de la température ambiante (Demarquilly *et al.*, 1989).

Les résultats consignés à la Table 1 illustrent aussi la difficulté d'effectuer correctement un échantillonnage représentatif des pailles. Il est vrai aussi que le hachage réduit la variation au moins de moitié, surtout pour les MAT. La variation la plus importante est observée pour la détermination des matières azotées. Cette variation ne serait pas seulement due aux difficultés d'échantillonnage des pailles entières, mais peut provenir aussi de l'hétérogénéité du traitement, surtout celui à l'urée. En effet, ce dernier serait moins homogène que le traitement à l'ammoniac. Ceci est compréhensible, dans la mesure où il est plus difficile de répandre d'une façon homogène une solution d'urée sur la paille; l'ammoniac à l'état gazeux diffuse plus aisément à travers la masse de fourrage.

Table 1. Effets des traitements et du hachage sur la composition chimique des pailles (en % de la MS)[†]

Régimes	T11	T12	T21	T22	T31	T32
Matière sèche	91,0 (2,1)	91,5 (3,1)	90,7 (4,0)	90,8 (2,5)	87,7 (4,2)	88,1 (4,2)
Matière organique	92,7 (4,6)	93,2 (0,9)	92,2 (1,3)	92,3 (0,8)	91,8 (1,7)	91,4 (1,2)
Cellulose brute	43,3 (4,6)	42,8 (2,4)	41,1 (6,1)	40,7 (4,5)	42,1 (6,3)	41,1 (9,6)
Matières azotées totales	2,8 (34,8)	2,7 (10,9)	10,3 (21,7)	9,8 (13,9)	8,4 (31,2)	9,2 (15,9)
Azote soluble, (% N total)	- -	- -	52,7 (23,3)	65,6 (19,1)	63,0 (16,6)	65,3 (21,2)
Azote ammoniacal, (% N total)	- -	- -	21,5 (37,9)	28,1 (28,9)	32,3 (26,1)	33,9 (30,8)

[†]Le nombre d'échantillons analysés par type de paille est de 16 ; les valeurs entre parenthèse correspondent aux coefficients de variation exprimé en % ; les traitements : Paille non traitée entière (T11), Paille non traitée hachée (T12), Paille traitée à l'ammoniac entière (T21), Paille traitée à l'ammoniac hachée (T22), Paille traitée à l'urée entière (T31), Paille traitée à l'urée hachée (T32)

Effet des traitements et du hachage sur les ingestions de la paille

L'ingestion volontaire de la paille non traitée est faible, elle n'est que de 370 g de MS par jour, soit 30 g de MS par kg de poids métabolique (Table 2). Le hachage

l'améliore de quelque 20%. Cette action physique est très positive en soit, car l'une des contraintes principales de l'utilisation des fourrages pauvres est leurs niveaux d'ingestion limités.

Table 2. Effet des traitements et du hachage sur les quantités volontairement ingérées de paille

Régimes	Quantités ingérées (g MS/j)	
	Par tête	Par kg P ^{0,75}
Paille non traitée entière	369	29,6
Paille non traitée hachée	448	35,4
Paille traitée à l'ammoniac entière	623	45,7
Paille traitée à l'ammoniac hachée	719	53,5
Paille traitée à l'urée entière	476	37,1
Paille traitée à l'urée hachée	665	50,6
Paille non traitée entière + urée	402	32,3
Paille non traitée hachée + urée	431	34,7

Le traitement à l'ammoniac améliore très nettement cette ingestion qui passe de 370 g à 620 g MS par jour, soit un accroissement de 68%. L'amélioration la plus importante est obtenue avec la paille traitée à l'ammoniac et hachée où l'ingestion est presque doublée.

Le traitement à l'urée améliore aussi les ingestions de paille mais en moindre proportion que le traitement à l'ammoniac (+ 30%).

Dulphy *et al.* (1984) ont rapporté un niveau d'ingestion de la paille non traitée pour les ovins de 22,6 g MS par kg P^{0,75}. Ce qui est comparable à nos résultats. Le traitement à l'ammoniac, selon ces mêmes auteurs, permet une amélioration de 30% de l'ingestion, ce qui est en dessous des résultats que nous avons obtenus (+ 60%).

Nos résultats sont comparables à ceux rapportés par Kraiem *et al.* (1991). Ces derniers obtiennent avec des agneaux, des ingestions de 42 g par kg P^{0,75} pour la paille de blé non traitée. Après traitement, les ingestions sont passées à 55 g par kg P^{0,75} et de 49 à 58 g MS par kg P^{0,75}, respectivement pour les pailles traitées à l'urée et à l'ammoniac.

L'amélioration de l'ingestion suite aux traitements a été rapportée par plusieurs auteurs (Saadullah *et al.*, 1981 ; Lawlor et O'Shea, 1979 ; Streeter et Horn, 1984 ; Zorilla-Rios *et al.*, 1985). Muñoz *et al.* (1987) rapportent une plus grande amélioration de l'ingestion suite au traitement à l'ammoniac par rapport à l'urée, ce qui est en conformité avec nos résultats.

Ces améliorations des ingestions suite aux traitements ne semblent pas être le résultat de l'enrichissement de la paille en azote. En effet, l'addition de l'urée au

moment de l'affouragement ne s'est pas traduite par une amélioration de l'ingestion de la paille. Ce dernier résultat est en conformité avec celui rapporté par Kraiem *et al.* (1991). Ceci démontre donc que c'est l'action même du traitement qui serait responsable de cette amélioration. Cette action peut être apparentée à un "ramollissement" des structures fibreuses de la paille voire même la rupture de certaines liaisons entre hydrates de carbones et lignines (Nefzaoui *et al.*, 1985). De telles actions se traduiraient par une amélioration des digestibilités et donc un accroissement de la vitesse de passage des particules dont le résultat final serait une augmentation des quantités volontairement ingérées. En effet, Zorilla-Rios *et al.* (1985) remarquent que l'amélioration de l'ingestion est explicable, du moins en partie, par l'accroissement de la dégradation et de la disparition des fibres et par l'augmentation du flux liquide ruminal et des particules en relation avec le traitement à l'ammoniac.

Quant à l'effet du hachage, il est généralement admis que les traitements physiques (hachage, broyage) améliorent l'ingestion des fourrages pauvres (i.e., Jouany, 1975 : Xande et Demarquilly, 1983). Cette amélioration est d'autant plus importante que le fourrage est de mauvaise qualité et que les ovins sont plus sensibles que les bovins (Greenhalgh et Wainman, 1972). L'augmentation des quantités ingérées serait due à la réduction du temps de séjour des particules dans le rumen, ce qui se traduit par un accroissement des quantités ingérées et une diminution de la digestibilité apparente (i.e., Greenhalgh et Wainman, 1972).

Effet des traitements et du hachage sur les performances de croissance

Les traitements à l'ammoniac et à l'urée augmentent très significativement le gain de poids des agneaux alors que l'effet du hachage est moins prononcé même s'il est significatif (Table 3 et Fig. 1). Ces améliorations des performances de croissance sont comparables à celles observées pour les ingestions. Le meilleur résultat est obtenu avec le traitement à l'ammoniac qui se traduit par une augmentation du GMQ de 60% environ. Le traitement à l'urée sans hachage n'augmente que très légèrement le GMQ, mais une fois hachée, cette même paille permet un accroissement du GMQ d'environ 38% conformément aux améliorations de l'ingestion.

Kraiem *et al.* (1991) rapportent des GMQ pour la paille non traitée de seulement 38 g par jour quand celle-ci est complétée avec 250 g de concentré à base d'orge. Ce GMQ est amélioré par le traitement et il passe à 61 g par jour si la paille est traitée à l'ammoniac ou à l'urée et à 53 g si elle est complétée avec de l'urée. Ce dernier résultat n'est pas en accord avec le nôtre.

En effet, comme pour les ingestions, l'addition de l'urée au moment de l'affouragement n'a aucun effet améliorateur sur les performances de croissance. Tout se passe comme si l'azote apporté par l'urée ne disposait pas suffisamment d'énergie pour être valorisé, ce qui est certainement le cas.

Nos résultats sont comparables à ceux de Cordesse et Taba Tabai (1981) et Chermiti et Khaldi (1983) qui ont trouvé des GMQ, respectivement de 92 g et 65 g par jour pour des ovins, et ce avec des régimes comportant 30 et 28% d'orge. En obtenant des GMQ de 72 et 78 g respectivement pour des régimes à base de paille traitée à l'ammoniac et à l'urée complétée avec du concentré (30% de la ration),

Rokbani (1986) a montré que le traitement à l'urée serait aussi efficace que celui à l'ammoniac.

Table 3. Effet des traitements et du hachage sur les performances de croissance des agneaux

	Poids vif (kg)		GMQ (g/j)
	Initial	Final	
Régimes			
Paille non traitée entière	26,31	31,47	50
Paille non traitée hachée	26,76	32,15	52
Paille traitée à l'ammoniac entière	28,36	36,71	80
Paille traitée à l'ammoniac hachée	27,88	36,00	78
Paille traitée à l'urée entière	27,06	32,87	56
Paille traitée à l'urée hachée	27,37	34,57	69
Paille non traitée entière + urée	26,48	31,23	46
Paille non traitée hachée + urée	26,46	31,09	45
ESM [†]	0,79	0,89	3,63
Effets et niveau de signification			
Effet traitement	NS	***	***
Effet hachage	NS	NS	*
Effet traitement × hachage	NS	NS	NS

[†]ESM : erreur standard moyenne

*Significatif à 5% de probabilité

***Significatif à 0,1% de probabilité

NS : effet non significatif

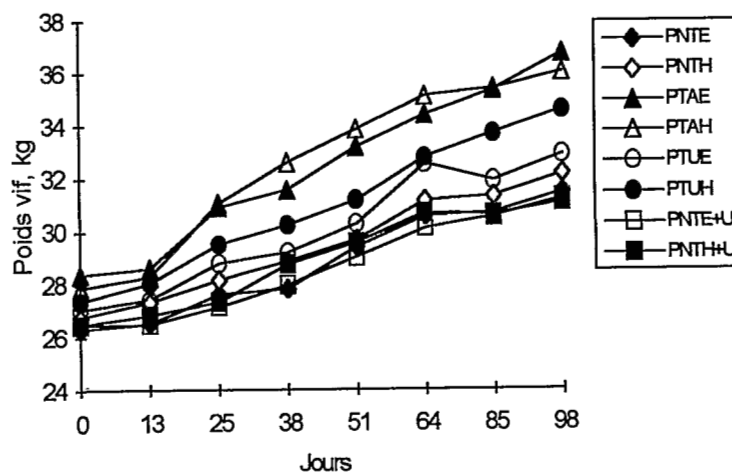


Fig.1. Evolution de poids vif des agneaux.

L'autre constat important est le faible niveau de performance enregistré par les animaux, indiquant clairement que la paille traitée ou non ne peut garantir avec de tels niveaux de concentré que de faibles performances. De tels régimes alimentaires ne sont donc à conseiller que pour des animaux à faible production ou à l'entretien. Il serait vain de traiter la paille si on souhaite augmenter la part de concentré dans la ration pour avoir des performances plus élevées. En effet, il a été démontré sans équivoque, que si la part de concentré dans un régime à base de paille dépasse 40%, l'effet du traitement n'est plus visible (Dulphy, 1984).

Conclusions

Le traitement à l'ammoniac à la dose de 3% est plus efficace que le traitement à l'urée à 4%, car il s'accompagne d'une amélioration d'environ 60% de l'ingestion de la paille et des performances de croissance.

Le hachage n'améliore presque pas les performances de croissance malgré son effet positif sur les quantités ingérées de paille.

Les effets positifs des traitements à l'ammoniac et à l'urée ne sont pas dus au simple apport d'azote non protéique supplémentaire, car l'addition d'une quantité équivalente d'azote non protéique (urée) dans la ration (concentré) n'a eu aucun effet bénéfique. Ces traitements agissent en améliorant la digestibilité et surtout les quantités de pailles volontairement ingérées.

La paille sans traitement est peu ingérée par les agneaux et ne permet que des croissances très modestes. Les GMQ oscillent alors autour de 50 g avec un supplément limité à 400 g d'orge. Pour avoir des croissances plus élevées, il serait nécessaire d'augmenter la part de concentré dans le régime et il serait alors inutile de procéder au traitement de la paille. En effet, il est établi que si la part de concentré dans le régime est importante, l'effet du traitement devient non significatif.

Ce type de régime serait donc à réserver à des animaux à l'entretien ou à faible niveau de production.

Références

Abdoui, H., Khorchani, T. et Kraiem, K. (1988). Traitement de la paille à l'urée. II - Effet sur la croissance des taurillons et sur la digestibilité. *Fourrages*, 114 : 167-176

AOAC (1975). Association of Official Analytical Chemists, Washington DC.

Chenost, M. (1989). Intérêt comparé du traitement à l'ammoniac et d'une complémentation appropriée de pailles de blé (niveau et nature des compléments énergétiques et azotés) pour l'alimentation de génisses de race laitière de deux ans en croissance hivernale modérée. *Ann. Zootech.*, 38 : 29-47.

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

- traitements. Dans : *Les fourrages secs : récolte, traitements, utilisations*. Demarquilly, C. (ed.), INRA, Paris, pp.199-230.
- Chermiti, A. et Khaldi, G. (1983). Amélioration de la valeur alimentaire des pailles par le traitement à l'ammoniac. *Annales de l'INRAT*, Vol. 56 , Fac. 1.
- Chermiti, A., Nefzaoui, A. et Cordesse, R. (1989). Paramètres d'uréolyse et digestibilité de la paille traitée à l'urée. *Ann. Zootech.*, 38 : 63-72.
- Cordesse, R. et Taba Tabai, M. (1981). Alimentation d'agneaux à partir d'une paille traitée à l'ammoniac. I. Valeur nutritive, croissance et qualité des carcasses des animaux. *Ann. Zootech.*, 30(2) : 137-149.
- Demarquilly, C., Chenost, M. et Ramihone, B. (1989). Intérêt zootechnique du traitement des pailles à l'ammoniac. Dans : *Symposium International sur l'Alimentation des Ruminants en Milieu Tropical Humide*, Guadeloupe, 2-6 Juin 1987, INRA , Paris, pp. 441-455.
- Dulphy, J.P., Komar, A. et Zwanepoel, P. (1984). Effets comparés des traitements à l'ammoniac et à la soude sur la valeur alimentaire des fourrages pauvres. *Ann. Zootech.*, 33 : 321-342.
- Goering, H.K. et Van Soest, P.J. (1970). *Forage fiber analyses*. Agric. Handbook, 379. ARS USDA, Washington D.C.
- Greenhalgh, J.F.D. et Wainman, F.W. (1972). The nutritive value of processed roughage for fattening cattle and sheep. *Proc. Br. Soc. Anim. Prod.*, 1 : 61-72.
- Horton, G.M.J., Nicholson, H.M. et Christensen, D.A. (1982). Ammonia and sodium hydroxyde treatment of wheat straw in diets for fattening steers. *Anim. Feed. Sci. Technol.*, 7 : 1-10.
- Jackson, M.G. (1977). Review article : The alkali treatment of straws. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 2 : 105-130.
- Jouany, J.P. (1975). Etude des traitements permettant d'améliorer la valeur alimentaire des fourrages "pauvres" (pailles). *Bull. Tech. Cent. Rech. Zootech. Vét. Theix* , 21: 5-15.
- Kraiem, K., Abdouli, H. et Goodrich, R.D. (1991). Comparison of the effects of urea and ammonia treatments of wheat straw on intake, digestibility and performance of sheep. *Livest. Prod. Sci.*, 29 : 311-321.
- Lawlor, M.J. et O'Shea, J. (1979). The effects of ammoniation on the intake and nutritive value of straws. *Anim. Feed. Sci. Technol.*, 4 : 169-175.
- Muñoz, F., Faci, R. et Alibès, X. (1987). *Digestibility, nitrogen retention and intake associated with the treatment of barley straw with anhydrous ammonia or urea*. Cité par Kraiem *et al.* (1991).

- Nefzaoui, A., Wattiaux, M. et Vanbelle, M. (1985). *Les lignocelluloses dans l'alimentation des ruminants*. Université Catholique de Louvain, Laboratoire de Biochimie de la Nutrition, publication No. 42.
- Rokbani, N. (1986). *Amélioration de la valeur alimentaire de la paille par le traitement à l'ammoniac et à l'urée*. Mémoire de fin d'étude du cycle de spécialisation à l'Institut National Agronomique de Tunis, 162 pp.
- Saadullah, M., Haque, M. et Dolberg, F. (1981). Effectiveness of ammonification through urea in improving the feeding value of rice straw in ruminants. *Trop. Anim. Prod.*, 6 : 30-36.
- Streeter, C.L. et Horn, G.W. (1984). Effect of high moisture and dry ammoniation of wheat straw on its feeding value for lambs. *J. Anim. Sci.*, 59 : 559-566.
- Sundstol, F., Coxworth, E. et Mowat, D.N. (1978). Improving the nutritive value of straw and other low quality roughages by treatment with ammonia. *World Anim. Rev.*, 26 : 13-21.
- Vervack, W. (1979). *Méthodes analytiques*. Université Catholique de Louvain, Laboratoire de Biochimie de la Nutrition.
- Xande, A. et Demarquilly, C. (1983). Influence du traitement mécanique et chimique à la soude sur la valeur alimentaire des pailles de céréales mesurée sur moutons. *Ann. Zootech.*, 32(3) : 341-356.
- Zorilla-Rios, J., Owens, F.N., Horn, G.W. et McNew, R.W. (1985). Effect of ammoniation of wheat straw on performance and digestion kinetics in cattle. *J. Anim. Sci.*, 60 : 814-821.