

Traitement de la paille à l'urée

II - Effets sur la croissance des taurillons et sur la digestibilité

H. Abdouli, T. Khorchani et K. Kraiem

La littérature montre que les traitements des pailles à l'ammoniac industriel ou généré par l'urée améliorent leur valeur alimentaire (BEN AHMED et DULPHY, 1985 ; AL-RABBAT et HEANEY, 1978 ; DIAS-DA-SILVA et SUNDSTOL, 1986 ; PALIEV, 1985 ; DEMARQUILLY et al., 1987). Les résultats moins optimistes que prévus peuvent être liés à l'efficacité du traitement (taux d'humidité et d'ammoniac ou d'urée) ou, si celui-ci est correctement effectué, aux conditions de rationnement et de complémentation qui peuvent ne pas toujours favoriser les conditions d'une cellulolyse optimale. Aussi avons-nous réalisé un traitement à l'urée dans les conditions décrites par ADOULI et KHORCHANI (1987) et dont les effets sur la digestibilité *in vitro* étaient optimaux. L'objectif était d'évaluer l'effet du traitement sur :

- les croûts réalisés par des taurillons en croissance,
- la digestibilité de la paille constituant 70 % de la ration d'ovins à l'entretien.

* avec la collaboration technique de M. Gadhoum

MOTS CLÉS

Bovin de boucherie, complémentation, croissance pondérale, digestibilité, traitement des pailles, urée.

KEY-WORDS

Beef cattle, complementation, digestibility, straw treatment, urea, weight gain.

AUTEURS

Ecole Supérieure d'Agriculture, Mateur, 7030 Tunisie

Matériel et méthode

Traitement de la paille

Cinq tonnes de paille de blé ont été étalées sur un sol nu (15 m x 6 m) et arrosées par couche de 450 kg avec une solution apportant 40 g d'urée et 0,45 l d'eau par kg de paille, à l'aide d'un pulvérisateur équipé d'une rampe de 6 m de long. Chaque couche a été retournée et mélangée avec la solution à l'aide de fourches puis tassée avec un tracteur pneumatique. La hauteur de la paille dans le silo a été d'environ un mètre. A la fin du traitement, la paille a été couverte par un film de plastique blanc. Le traitement a été réalisé le 15 janvier 1987 et la paille ainsi traitée a été laissée pendant 44 jours sous bâche avant son utilisation. La température ambiante moyenne durant la période de stockage a été de 10°C.

Essai d'alimentation sur taurillons en croissance

Vingt quatre taurillons de race Pie-Noire ont été répartis en trois lots de poids vif moyen égal à 249,6 kg et âgés de 286 jours. Les lots 1 et 2 ont reçu des régimes contenant de la paille non traitée (PNT) alors que le lot 3 a reçu de la paille traitée (PT).

Les trois lots ont reçu en outre un complément de concentrés à base d'orge contenant :

- 17,6 % de tourteau de soja pour le lot PNT-C₁,
- 2,8 % de tourteau de soja et 1,8 % d'urée pour le lot PNT-C₂,
- 2,8 % de tourteau de soja pour PT-C₃ (tableau 1).

Les trois complémentations, qui sont iso-énergétiques, représentaient 1,2 % du poids vif (P.V.) et ont permis aux régimes de contenir au moins 11 % de Matières Azotées Totales (MAT).

L'essai a duré 13 semaines dont 4 d'adaptation aux régimes et d'ajustement des consommations de paille. Les animaux étaient maintenus en stabulation entravée sans litière. Ils ont été alimentés individuellement en 2 repas de paille à volonté.

Les Gains Moyens Quotidiens (GMQ) ont été calculés à partir des poids vifs mesurés (double pesée) au début de la cinquième et à la fin de la treizième semaine.

	Taurillons			Ovins
	C1	C2	C3	C4
Composition centésimale (% MS)				
. Orge	78,2	91,2	93,0	96
. Tourteau de soja	17,6	2,8	2,8	0
. Urée	0	1,8	0	0
. CMV	4,2	4,2	4,2	4
Composition chimique (% MS)				
. MO (Matière Organique)	93,4	93,3	93,9	93,3
. MAT (Matières Azotées Totales)	16,9	18,1	12,1	10,3
. ADF (Acid Detergent Fiber)	6,6	6,4	6,7	7,0
. ADL (Acid Detergent Lignin)	1,76	1,66	1,74	1,63
. Cellulose	4,9	4,7	4,9	5,4
Digestibilité de la MO (%)*	84,5	84,7	84,6	84,6
* Valeurs calculées à partir de l'équation (SAUVANT, 1981) : $CUD = 89,1 - 0,266 ADF - 1,438 ADL$				

TABLEAU 1 : Constituants et composition chimique des concentrés utilisés dans les différents régimes

TABLE 1 : Constituents and chemical composition of concentrates utilized in the various diets

Détermination de la digestibilité sur ovins

Les 4 régimes suivants ont été distribués pendant 24 jours à 4 groupes de 2 béliers adultes âgés de 4 ans (66,5 kg P.V., race : Noir de Thibar) et une brebis de race Sicilo-sarde (30 kg P.V.) âgée de 3 ans :

- PNT-av : paille non traitée consommée à volonté,
- PNT-ql-C₄ : paille non traitée distribuée en quantité limitée et 200 g de concentré C₄ (tableau 1),
- PT-av-C₄ : paille traitée consommée à volonté et 200 g de concentré C₄,
- PT-ql-C₄ : paille traitée distribuée en quantité limitée et 200 g de concentré C₄.

Les animaux ont été alimentés individuellement et des échantillons de fécès ont été collectés pendant les 5 derniers jours.

La digestibilité des rations a été déterminée par la méthode des marqueurs. Les cendres insolubles dans l'acide chlorhydrique ont été utilisées comme mar-

queur interne. La digestibilité des pailles a été calculée par différence à partir de la digestibilité de la ration et de celle du concentré (calculée à partir des teneurs en NDF et lignine ; SAUVANT, 1981).

Analyses chimiques

L'urée résiduelle a été déterminée à partir d'une part de l'azote ammoniacal libéré de la paille incubée pendant 24 heures à 40 °C dans 10 ml de jus de rumen préalablement congelé et centrifugé et d'autre part de l'azote libéré de la paille incubée dans l'eau dans les mêmes conditions de température. L'activité uréolytique du jus de rumen a été mesurée sur une solution d'urée contenant la même quantité d'urée que la paille traitée avant sa mise sous bâche.

Les déterminations de la matière sèche (MS), de la matière minérale (MM) et de l'azote total ont été faites selon les méthodes officielles (AOAC, 1975). Celle des constituants membranaires selon la méthode de GOERING et VAN SOEST (1970). Les cendres insolubles dans l'acide chlorhydrique ont été déterminées selon la méthode de VAN KEULEN et YOUNG (1977) modifiée par THONNEY et al. (1980). L'azote ammoniacal a été déterminé par la méthode de CONWAY (1957). L'azote total et l'azote ammoniacal ont été dosés sur des échantillons aérés pendant 12 heures.

Résultats

L'uréolyse a été complète

	Cendres	NDF*	ADF	ADL*	Cellulose	MAT
Paille non traitée	8,7	78,2	48,6	7,0	38,5	3,9a
Paille traitée **	7,6	77,1	53,4	8,6	42,2	14,0b

* Neutral Detergent Fiber et Acid Detergent Lignin ; les valeurs correspondent aux résidus déminéralisés.

** La teneur en MS de la paille traitée a varié de 59 à 78% du début à la fin de l'essai.

a, b : Les moyennes de la même colonne n'ayant pas la même lettre sont statistiquement différentes ($P < 0,05$).

TABLEAU 2 : Composition chimique des pailles avant et après traitement à l'urée (en % de MS)
TABLE 2 : Chemical composition of straw before and after treatment with urea (% of DM)

L'urée résiduelle déterminée sur la paille traitée a été nulle. Les compositions chimiques des pailles traitées ou non sont données au tableau 2. Le traitement à l'urée a augmenté ($P < 0,05$) la teneur en Matières Azotées Totales (MAT) de 3,9 à 14 % de la MS. Il n'a pas modifié significativement ($P > 0,05$) les teneurs en constituants membranaires.

Pas de résultats significatifs avec les taurillons

Le tableau 3 regroupe les quantités de MS et de MAT ingérées par jour par les taurillons. Les consommations quotidiennes de MS totale (6,58 ; 6,72 et 6,80 kg) n'ont pas été significativement différentes ($P > 0,05$) entre les lots.

Régime	PNT-C1	PNT-C2	PT-C3
Ration (kg MS/j/taurillon)	6,58a	6,72a	6,80a
Paille (kg MS/j/taurillon)	2,97a	3,07a	3,21b
Proportion de paille dans la MS de la ration (%)	45	46	47
Matières Azotées Totales (g/j/taurillon)	726	780	884
Proportion de MAT dans la MS de la ration (%)	11,01	11,60	12,99
N-urée/N-ration (%)	0	24	37

a, b : Les moyennes de la même ligne n'ayant pas la même lettre sont statistiquement différentes ($P < 0,05$).

TABLEAU 3 : Caractéristiques des rations ingérées par les taurillons

TABLE 3 : *Characteristics of diets consumed by the young bulls*

Les apports correspondants en MAT ont été de 726, 780 et 884 g, respectivement pour les régimes PNT-C1, PNT-C2 et PT-C3. La consommation journalière de paille traitée (3,21 kg MS) a été supérieure ($P < 0,05$) à celle de la paille non traitée : 2,97 kg MS pour le régime PNT-C1 et 3,07 kg MS pour le régime PNT-C2. La matière sèche des pailles dans les rations représentait 45, 46 et 47 % de la MS totale ingérée respectivement pour les 3 lots.

Les croûts journaliers des taurillons sont présentés tableau 4. Les GMQ n'ont pas été différents ($P > 0,05$) entre les lots 861, 920 et 984 g pour, respectivement, les lots 1, 2 et 3). Il en a été de même des indices de consommation (7,6 ; 7,3 et 7,6 kg MS).

Régime	PNT-C1	PNT-C2	PT-C3
Nombre d'animaux	8	8	7*
Durée de l'essai (j)	63	63	63
Poids vif initial (kg)	284,5	282,0	277,0
Poids vif final (kg)	338,7	340,9	333,4
GMQ-observé (g/j)	861	920	894
-ajusté** (g/j)	910	919	840
Indice de consommation (kg MS/kg gain)	7,64	7,30	7,60

* Un taurillon a été éliminé pour des raisons sanitaires.
 ** Valeurs corrigées en fonction du contenu digestif estimé en MS.

TABLEAU 4 : Performances et indice de consommation des taurillons
 TABLE 4 : Performances and consumption indices of the young bulls

Avec les ovins, amélioration de la digestibilité de la paille traitée

Avec les ovins, les digestibilités de la matière organique des régimes contenant la paille traitée ont été légèrement supérieures, mais pas significativement différentes ($P > 0,05$), à celle du régime avec paille non traitée complémentée :

Régime	PNT-av	PNT-ql-C4	PT-av-C4	PT-ql-C4
Nombre d'animaux	3	3	3	3
Paille ingérée (g MS/j)	764	500	796	500
Proportion de concentré dans la MS de la ration (%)	0	26,5	18,4	26,5
Digestibilité MO de la ration (%)	45,2a	60,7b	64,5b	65,8b
Digestibilité de la paille (%)				
- MO	45,2a	51,9a	60,0b	59,0b
- ADF	44,2a	46,9a	61,0b	59,1b
- Cellulose	58,8a	65,1a	72,3b	69,3b

a, b, c : Les moyennes de la même ligne n'ayant pas la même lettre sont statistiquement différentes ($P < 0,05$)

TABLEAU 5 : Digestibilité des pailles et des rations consommées par les ovins
 TABLE 5 : Digestibility of straw and of diets consumed by the sheep

64,5 et 65,8 % face à 60,7 % (tableau 5). Les valeurs de digestibilité de la matière organique, de l'ADF et de la cellulose de la paille traitée ont été supérieures ($P < 0,05$) à celles de la paille non traitée.

Discussion

Assez bonne fixation d'azote par la paille

Le traitement de la paille à l'urée a augmenté sa teneur en équivalent MAT (N total x 6,25) de 3,9 à 14 %. La teneur en azote total a été déterminée sur la paille aérée pendant 12 heures et correspond à une fixation de 79 % de l'ammoniac résultant de l'uréolyse (qui était totale dans notre cas). ABDOULI et KHORCHANI (1987) ont trouvé un taux de fixation d'azote égal à 67,3 % sur la paille traitée avec les mêmes quantités d'urée et d'eau mais dans les conditions de laboratoire. Cet enrichissement en azote est en accord avec les résultats d'autres auteurs. En effet, PALIEV (1985) a rapporté que la teneur en MAT de la paille de blé traitée avec une solution apportant 4 g d'urée dans 100 ml d'eau par 100 g de paille et stockée pendant 6 mois est passée de 3,16 à 14,45 %. GUPTA et al. (1985) ont rapporté des teneurs en MAT égales à 3,78 et 14,05 % pour respectivement la paille non traitée et celle humidifiée jusqu'à 50 % de la MS et traitée à l'urée (4 % de la paille). Par contre, BEN AHMED et DULPHY (1985) ont rapporté un faible enrichissement en azote (2,8 à 7,6 %) après traitement à 5 % d'urée (solution concentrée à 500 g / litre) qu'ils ont attribué à la mauvaise fixation de l'urée et à la faible uréolyse. Ce résultat peut être attribué à une humidité insuffisante.

Effet de l'azote fermentescible dans la ration des taurillons

L'ingestion par les taurillons de la paille traitée a été supérieure à celle de la paille non traitée (tableau 3). Cette augmentation de l'ingestion de la paille traitée serait due, d'une part, à son taux d'humidité élevé comme l'ont vérifié MALES et GASKINS (1982) et DULPHY et al. (1984) et, d'autre part, à l'augmentation du transit liée à la stimulation de l'activité microbienne par l'azote et à la dégradation plus rapide des parois cellulaires sous l'effet du traitement.

Malgré une consommation d'azote légèrement supérieure dans le régime PT que dans les régimes PNT (tableau 3), les GMQ n'ont pas été différents entre les 3 lots (tableau 4). Sur cette base, le traitement de la paille apparaît sans effet sur sa valeur énergétique malgré la forte uréolyse et la fixation d'azote.

Ce résultat pourrait être dû à une meilleure synchronisation des disponibilités énergétiques et azotées dans le rumen tant pour le régime PNT-C2 dont l'apport

d'azote uréique (24 %) était associé au concentré que pour le régime PT-C₃ dont l'apport azoté non protéique (37 %) était fixé sur la paille et dont une fraction serait sous forme de composés non utilisables par les micro-organismes du rumen. En effet, SOLAIMAN et al. (1979) ont rapporté que 12,6 % de l'azote retenu après traitement avec l'ammoniac ont été fixés sur les constituants pariétaux (N de l'ADF, ligno-cellulose VAN SOEST). Le régime PNT-C₁ serait déficitaire en azote fermentescible puisqu'il ne contenait pas d'azote uréique. MALES et GASKINS (1982) ont rapporté des GMQ égaux à 700 g pour des taurillons recevant des régimes avec de la paille non traitée (35 %), de l'orge (54 %), du tourteau de soja (4,9 %) et de l'urée dans le concentré (0,85 % de la ration) contre 650 g pour des taurillons dont le régime contenait 42 % de paille de blé traitée avec 3,8 % d'ammoniac, du tourteau de soja (4 %), et de l'orge (49 %) mais sans urée dans le concentré.

Avec les ovins, effet du faible niveau d'ingestion de paille

La digestibilité mesurée sur ovins de la matière organique, de l'ADF et de la cellulose de la même paille est améliorée par le traitement (tableau 5). Ces résultats concordent avec ceux de la majorité des auteurs, en particulier ceux de MALES et GASKINS (1982) qui ont observé une augmentation de la digestibilité de la MS de la paille traitée (3,8 % d'ammoniac) de 49,7 à 67,9 % chez les ovins recevant des régimes contenant 43,5 et 41,5 % de paille, alors que les taurillons recevant les mêmes pailles (à raison de 35 à 42 % de la ration) n'ont pas réalisé des croissances plus élevées. L'amélioration de la digestibilité dans le cas du traitement à l'urée rejoint les observations d'autres auteurs (DIAS-DA-SILVA et SUNSTOL, 1986 ; SAADULLAH et al., 1981).

Si la distribution ad libitum de la paille n'a pas diminué sa digestibilité sur moutons c'est sans doute parce que le niveau d'ingestion était bas et n'a pas affecté le transit dans le tube digestif. En effet, STREETER et HORN (1984) ont également observé des valeurs de digestibilité de MS des pailles traitées à l'ammoniac égales à 58,4 et 58,7 % aussi bien pour des distributions ad libitum (750 g MS ingérée / j) qu'en quantité limitée (450 g MS / j avec 200 g de concentré à des ovins de 37,6 kg de poids vif).

Conclusion

L'uréolyse de l'urée utilisée dans le traitement de la paille a été complète. L'incorporation de la paille ainsi traitée dans un régime composé de plus de 50 % de concentré à base d'orge n'a pas amélioré les croûts journaliers des taurillons. Le traitement n'a donc pas permis de réduire l'apport de concentré mais il a permis

de réduire le pourcentage de tourteau de soja dans ce concentré de 17,6 à 2,8. Cette économie de tourteau de soja a également pu être réalisée grâce à l'incorporation d'urée dans le complément de la paille non traitée.

En définitive, la paille traitée n'a une meilleure valeur nutritive que la paille non traitée que si elle est complétée par de faibles quantités de concentré dans des régimes pour animaux à faibles besoins.

Accepté pour publication le 1^{er} juin 1988.

Remerciements

Les auteurs remercient le Professeur R. BERGAOUI (Directeur de l'Ecole Supérieure d'Agriculture), M. JEBABRA, Directeur de la Ferme Frétissa, L. TAYACHI, Technicien de Laboratoire, M. BEJAOUI et J. ZAIEM pour leur aide dans la réalisation de ce travail.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ABDOULI H. et KHORCHANI T. (1987) : « Traitement des pailles à l'urée. I - Conditions d'utilisation de l'urée, source d'ammoniac, dans le traitement de la paille », *Fourrages* 110.
- AL-RABBAT M.F. et HEANEY D.P. (1978) : « The effects of anhydrous ammonia treatment of wheat straw and steam cooking of aspen wood on their feeding value and on ruminal microbial activity. I. Feeding value assessments using sheep », *Can. J. Anim. Sci.*, 58, 443.
- AOAC (1975) : *Official methods of analysis* (12 th Ed.), Association of official analytical chemists, Whashington, DC.
- BEN AHMED H. et DULPHY J.P. (1985) : « Note sur la valeur azotée de fourrages pauvres traités par l'urée ou l'ammoniac », *Ann. Zoot.*, 34 (3) 335.
- CONWAY E.J. (1957) : *In Microdiffusions analysis and volumetric error*, Crosby, Lockwood, London.
- DIAS-DA-SILVA A.A. et SUNDSTOL F. (1986) : « Urea as a source of ammonia for improving the nutritive value of wheat Straw », *Anim. Feed. Sci. Tech.*, 14, 67.
- DEMARQUILLY C., CHENOST M. et RAMIHONE B. (1987) : *Intérêt zootechnique du traitement des pailles à l'ammoniac*, Symposium international sur l'alimentation des ruminants en milieu tropical humide, Guadeloupe (2-6 juin 1987), sous presse (INRA publications).
- DULPHY J.P., BOISSAN J.M., et LEBLANC F. (1984) : « Influence du traitement à l'ammoniac sur la valeur alimentaire des pailles distribuées à des génisses. I. Résultats d'essais », *Bull. Tech. CRZV Theix*, INRA, 55, 25-32.
- GOERING H.K. et VAN SOEST P.J. (1970) : Forage fiber analyses (apparatus, reagents, procedures and some applications), *Agr. Handbook* N° 279. ARS-USDA, Washington, DC.
- GUPTA R., SINHA A.P., GUPTA B.S., STRIVASTAVA J.P., et MAHESHWARI P.K. (1985) : « Effect of ammonia (generated from urea) on proximate constituents of paddy straw », *Indian Journal of animal Health*, 24, 101.
- MALES J.R. et GASKINS C.T. (1982) : « Growth nitrogen retention, dry matter digestibility and ruminal characteristics associated with ammoniated straw diets », *J. Anim. Sc.* 55,505.
- PALIEV K.H. (1986) : « An effective method of increasing the nutritive value of roughage. I. experiments with wheat and bar ley straw », *Nut. Abst. Rev. (Series B)*, vol. 56 6.
- SAADULLAH M., HAQUET M., et DOLBERG F. (1981) : « Effectiveness of ammonification through urea in improving the feeding value of rice straw to growing cattle », *Trop. Anim. Prod.*, 7, 187.
- SAUVANT D. (1981) : *Prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants*, Ed. INRA publications, Route de St-Cyr, 78000 Versailles.

- SOLAIMAN S.G., HORN G.W. et OWENS F.N. (1979) : « Ammonium Hydroxide treatment on wheat straw », *J. Anim. Sci.*, 49, 802.
- 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.
- THONNEY M.L., RALHOF B.A., SUSKO J.L. et HEFFRONC. (1980) : « Effect of daily variation in cattle feces acid insoluble ash on determination of diet digestibility by the AIA method », *J. Anim. Sci.*, 51 (Supp 1), 402.
- VAN KEULEN J. et YOUNG B.A. (1977) : « Evaluation of acid-insoluble ash as a natural marker in ruminant digestibility studies », *J. Anim. Sci.*, 44, 282.

RÉSUMÉ

L'effet du traitement des pailles à l'urée génératrice d'ammoniac (40 g d'urée dans 0,45 l d'eau par kg de paille) a été évalué à travers un essai de digestibilité sur moutons et un autre de croissance sur taurillons.

Dans l'essai sur taurillons, la paille traitée associée à un concentré à base d'orge et contenant 2,8 % de tourteau de soja a été comparée à la paille non traitée associée au concentré contenant soit 17,6 % de tourteau de soja, soit 2,8 % de tourteau et 1,8 % d'urée. La consommation quotidienne de paille traitée (3,2 kg MS) a été significativement supérieure à celle de la paille non traitée (3,0 et 3,1 kg MS). Les gains moyens quotidiens et les indices de consommation n'ont pas été statistiquement différents, mais les résultats permettent d'envisager une économie de tourteau.

Dans l'essai sur ovins, la paille traitée associée à 200 g de concentré a été distribuée en quantité limitée ou à volonté. La paille non traitée a été distribuée à volonté sans concentré ou en quantité limitée avec 200 g de concentré. La digestibilité de la paille traitée a été statistiquement supérieure à celle de la paille non traitée (respectivement 59,0 % et 51,9 % avec la même complémentation). La digestibilité des régimes avec paille traitée (64,5 et 65,8 %) était légèrement supérieure à celle du régime de paille non traitée complétement (60,7 %).

SUMMARY

Urea Treatment of Straw

II - Effects on the growth of young bulls and on digestibility

The effect of the treatment of straw with ammonia-generating urea (40 g urea in 0.45 l water per kg straw) was assessed by means of a digestibility trial on sheep and a growth trial on young bulls.

In the bull trial, a comparison was made between treated straw to which was added a concentrate based on barley containing 2.8 % soybean cake, and untreated straw to which was added a concentrate containing either 17.6 % soybean cake or 2.8 % soybean cake and 1.8 % urea. The daily intake of treated straw (3.2 kg DM) was significantly larger than that of untreated straw (3.0 and 3.1 kg DM). The mean daily weight gains and the consumption indices were not significantly different, but the results give reason to think that it is possible to save some oil-cake.

In the sheep trial, the treated straw, to which was added 200 g of concentrate, was distributed ad lib. or in limited amount. The untreated straw was distributed ad lib. without concentrate, or in limited amount with 200 g concentrate. The digestibility of the treated straw was statistically higher than that of the untreated straw (respectively 59.0 % and 51.9 % with the same complementation). The digestibility of the diets with treated straw was slightly higher than that of the diet with complemented untreated straw (64.5 and 65.8 % versus 60.7 %)