

Influence de la couverture des meules dans le traitement des pailles à l'urée

M. Houmani

La paille traitée à l'urée est habituellement emballée dans un film plastique hermétiquement fermé. La couverture des meules de paille par de la terre est une pratique agricole courante dans certaines régions d'Algérie. Remplacer l'emballage plastique par une couverture en terre réduirait le coût du traitement et gagnerait davantage l'adhésion des agriculteurs. Mais l'efficacité du traitement à l'urée serait-elle suffisante ?

RÉSUMÉ

A un lot témoin non traité (PNT) ont été comparés 3 lots de 100 bottes de paille traitée à l'urée (50 g d'urée dans 400 g d'eau par kg de MS) qui étaient soit non couvert (PTnc), soit couvert avec de la terre (PTct) ou avec du plastique (PTcp). Le traitement à l'urée améliore la teneur en azote de 59 à 61 g MAT/kg MS sans effet significatif de la couverture. L'ingestion (en g MS/kg $P^{0,75}$) de la paille traitée couverte (47,9 pour PTcp et 46,3 pour PTct) est supérieure à celle de la paille traitée non couverte (42,7). Les pailles traitées couvertes ont des digestibilités comparables (respectivement pour PTcp et PTct : dMO de 57,5 et 56,2%, dCB de 66,7 et 66,2%, dMAT de 61,3 et 60,8%). Le traitement de la paille à l'urée avec couverture en terre serait envisageable pour des meules de taille moyenne, le traitement sans couverture étant à réserver aux grosses meules.

MOTS CLÉS

Algérie, composition chimique, digestibilité, ingestibilité, paille traitée, urée, valeur alimentaire, valeur azotée.

KEY-WORDS

Algeria, chemical composition, digestibility, feeding value, ingestibility, nitrogen value, treated straw, urea.

AUTEUR

Institut d'Agronomie, Université de Blida, Algérie.

La paille de céréales est considérée comme un fourrage à part entière en Algérie. Elle assure la ration de base durant la longue période sèche qui s'installe de mai à octobre. Son utilisation peut durer jusqu'à la mi-janvier lorsque les pluies d'automne sont tardives (HOUMANI, 1985). Le traitement à l'urée, pratique courante dans certains pays, améliore la valeur alimentaire de la paille. En Algérie, le traitement des pailles à l'urée peut contribuer à réduire le déficit fourrager évalué à plus de 4,4 milliards d'UFL (HOUMANI, 1996). Cependant, le traitement à l'urée nécessite une couverture en film plastique. Le film plastique produit en Algérie résiste mal aux fortes chaleurs et coûte très cher. Il représente un obstacle sérieux à la vulgarisation du traitement des pailles à l'urée. Dans les hautes plaines céréalières algériennes, les meules de paille de céréales sont traditionnellement couvertes avec de la terre pour les protéger des aléas climatiques. Ceci nous a donné l'idée de **tester, pour le traitement à l'urée en solution, l'effet d'une couverture en terre ainsi que celui de l'absence de couverture, en comparaison avec la couverture en film plastique**. Les mesures effectuées portent sur la composition chimique, l'ingestibilité et la digestibilité de la paille.

Présentation de l'expérimentation

■ Traitement des lots de paille

Quatre cents bottes de paille de blé dur, d'un poids moyen de 18 kg, ont été réparties en 4 lots de 100 bottes chacun. Pour chaque lot, **les bottes ont été disposées en meule** formée de 5 lits de 20 bottes. Les meules mesuraient 6,5 m de longueur, 2,6 m de largeur et 2,2 m de hauteur. **Trois lots ont été traités séparément avec une solution d'urée** (50 g d'urée dans 400 g d'eau par kg de matière sèche de paille) apportée sur les lits de bottes successifs à l'aide d'arrosoirs. Le premier lot a été entièrement et hermétiquement couvert avec du film plastique noir, le deuxième lot entièrement couvert avec de la terre et le troisième lot non couvert. Le quatrième lot (non traité) a servi de témoin. **Les lots ont été conservés 60 jours** sous atmosphère ammoniacale (du 16 septembre au 15 novembre). Au cours de cette période, la température moyenne a été de 29°C.

■ Mesure de la digestibilité *in vivo* de la paille

La digestibilité *in vivo* de la paille a été mesurée sur 5 moutons non castrés, de race Ouled-Djellal, pesant 47 kg environ et placés dans des cages à métabolisme, **au cours de 4 périodes successives de 21 jours** séparées par une période de transition de 7 jours. Les animaux ont reçu successivement la paille non traitée (PNT), la paille traitée non couverte (PTnc), la paille traitée couverte avec la terre (PTct) et la paille traitée couverte avec le film plastique (PTcp). Les animaux n'ont reçu aucune complémentation, mais disposaient de blocs de

minéraux à lécher et d'eau en permanence. La **quantité de paille** a été **distribuée** à raison de 48 g MS/kg P^{0,75}, répartie en deux repas par jour (9 h et 16 h). Les refus de paille et les fèces ont été ramassés, pesés, séchés et cumulés par mouton, quotidiennement durant les 10 derniers jours de chaque période, pour être analysés. Au début de la première et de la troisième période, les animaux ont reçu une injection intramusculaire de 5 ml d'une solution de vitamines A, D3, E.

■ Les analyses chimiques

Les teneurs en matière sèche (MS), matières minérales pour obtenir la matière organique (MO), cellulose brute (CB) et matières azotées totales (MAT) ont été déterminées selon les méthodes de l'AOAC (1975). Tous les dosages ont été effectués en 5 répétitions.

■ Les analyses statistiques

Les résultats ont été soumis à une analyse de la variance (test de Fischer) et à une comparaison des moyennes (test de Newman-Keuls).

Résultats et discussion

1. Effet de la couverture sur la composition chimique de la paille

■ La teneur en matière sèche des pailles traitées reste élevée

Les teneurs en matière sèche de la paille non traitée (PNT) et de la paille traitée non couverte (PTnc) sont comparables. Pour la paille traitée, les couvertures en film plastique et en terre ont entraîné des teneurs en matière sèche respectivement inférieures de seulement 3,2 et 6,1 points par rapport à la paille non traitée (tableau 1).

TABLEAU 1 : Effet du type de couverture sur la composition chimique de la paille traitée à l'urée.

Traitement*	PNT	PTnc	PTct	PTcp
Matière sèche (%)	91,1±1,3 a	90,9±1,3 a	85,0±0,8 c	87,9±0,6 b
Matière organique (% MS)	93,5±0,1 a	93,4±0,7 a	93,8±0,9 a	93,7±0,3 a
Cellulose brute (% MS)	38,9±0,3 a	37,4±0,4 c	37,8±0,1 c	38,3±0,9 b
Matières azotées (% MS)	3,5±0,1 a	9,6±0,4 b	9,5±0,1 b	9,4±0,7 b

* PNT : paille non traitée ; PTnc : paille traitée non couverte ; PTct : paille traitée couverte de terre ; PTcp : paille traitée couverte de plastique.
Les valeurs d'une même ligne suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.

TABLE 1 : Effect of type of cover on the chemical composition of urea-treated straw.

Ces teneurs sont relativement élevées : pour la PTcp, la faible épaisseur (130 microns) du film plastique fabriqué en Algérie et la température ambiante élevée (29°C) durant la période de conservation de la paille sous atmosphère ammoniacale pourraient en être responsables ; pour la PTct, la teneur élevée en matière sèche indiquerait que ce type de couverture est insuffisamment étanche dans ces conditions de température. Les écarts enregistrés pour les teneurs en matière sèche de PTcp et PTct par rapport à PNT sont nettement inférieurs à celui observé par CHERMITI *et al.* (1991) qui était de 11,9 points avec une paille de blé traitée avec 40 g d'urée, seulement 250 g d'eau par kg MS et une couverture en film plastique.

■ Des teneurs en MAT voisines pour les pailles traitées

Par rapport à la PNT, les teneurs en MAT ont été améliorées de 5,9 points pour PTcp, de 6,0 points pour PTct et de 6,1 points pour PTnc, soit des taux de fixation d'azote respectifs de 40, 41 et 42%. Ces améliorations de la teneur en MAT des pailles traitées sont supérieures à celle obtenue par BENAHMED et DULPHY (1985), qui était de 4,8 points pour une paille traitée avec 50 g d'urée par kg MS, et inférieures à celle rapportée par CHERMITI *et al.* (1991) : 8,2 points pour une paille traitée avec 50 g d'urée dans 500 g d'eau par kg MS et une couverture en film plastique.

■ La teneur en cellulose brute des pailles traitées diminue légèrement

Le traitement à l'urée a diminué de 1,5 points la teneur en cellulose brute de la paille non couverte (PTnc), de 1,1 points celle de la PTct et de 0,6 points celle de la PTcp. Une baisse de 2,2 points avait été observée par MESSAOUDI et BENDHIA (1994) pour une paille d'orge traitée avec 50 g d'urée dans 250 g d'eau par kg MS. Selon CLOETE et KRITZINGER (1985), cette baisse de teneur en cellulose brute des pailles traitées serait due à une solubilisation partielle de l'hémicellulose par le traitement à l'urée. L'analyse chimique des parois cellulaires des pailles (VAN SOEST et WINE, 1967) aurait certainement fourni une meilleure explication puisque la cellulose brute contient, en général, très peu d'hémicellulose.

2. De meilleures ingestions pour les pailles traitées et couvertes

Qu'elles aient été couvertes ou non, les pailles traitées ont été mieux ingérées que la paille non traitée. Les pailles traitées couvertes avec un film en plastique ou avec de la terre ont été ingérées en quantités comparables, et mieux ingérées que la paille traitée non couverte (tableau 2). La quantité offerte étant limitée à 48 g MS/kg de P^{0,75}, les refus ont été respectivement de 24, 11, 4 et 0% pour PNT, PTnc, PTct et PTcp.

TABLEAU 2 : Effet du type de couverture sur l'ingestibilité et la digestibilité de la paille traitée à l'urée.

TABLE 2 : Effect of type of cover on ingestibility and digestibility of urea-treated straw.

Traitement*	PNT	PTnc	PTct	PTcp
Période	1	2	3	4
Ingestibilité (g MS/kg P ^{0,75})	36,4±0,6 d	42,7±2,5 c	46,3±2,5 a	47,9±3,3 a
Digestibilité (%)				
- matière sèche	46,6±0,4 c	53,0±2,5 b	55,3±1,5 a	56,3±1,6 a
- matière organique	48,4±1,5 c	54,2±2,3 b	56,2±1,1 a	57,5±0,7 a
- cellulose brute	54,3±1,8 c	60,8±1,7 b	66,2±0,9 a	66,7±1,6 a
- CBND* (g/kg MS)	177,8	146,6	127,8	127,5
- matières azotées	9,9±1,1 b	59,1±1,9 a	60,8±1,9 a	61,3±1,7 a
- MAND* (g/kgMS)	31,5	39,3	37,2	36,4

* PNT : paille non traitée ; PTnc : paille traitée non couverte ; PTct : paille traitée couverte de terre ; PTcp : paille traitée couverte de plastique ; CBND : cellulose brute non digestible ; MAND : matières azotées non digestibles
Les valeurs d'une même ligne suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.

L'ingestion des pailles traitées couvertes auraient certainement pu être supérieure si la distribution avait été plus généreuse. Les augmentations de quantité ingérée entre PTnc, PTct et PTcp peuvent cependant résulter, en partie, de l'effet de la période. Selon XANDÉ (1978), les quantités de paille ingérées augmentent progressivement jusqu'à 20 semaines chez les moutons. ABDOULI et KRAIEM (1992) n'ont pas observé de différence d'ingestion entre la paille traitée à l'urée en meule non couverte (931 g MS/j) et la paille non traitée (936 g/j). En revanche, la paille traitée en meule couverte avec un film plastique a été légèrement moins ingérée avec 908 g MS/j. Dans l'essai de ABDOULI et KRAIEM (1992), le concentré a représenté 23 à 24% de la ration, contrairement à notre essai où la paille traitée ou non était distribuée sans complémentation. Il est vraisemblable que la quantité ingérée de paille non traitée a été limitée par suite d'une teneur en azote insuffisante pour permettre une activité cellulolytique correcte des micro-organismes du rumen. Avec une paille d'orge traitée avec une solution d'urée et 25% d'humidité, MUNOZ *et al.* (1994) n'ont pas observé de différence d'ingestion pour la paille traitée en meule, qu'elle soit couverte avec un film plastique (44,9 g MS/kg P^{0,75}) ou non couverte (45,7 g MS/kg P^{0,75}), ce qui n'est pas en accord avec nos résultats. En revanche, ils ont noté que la paille traitée en meule non couverte a été ingérée à un niveau plus élevé que la paille non traitée (41,2 g MS/kg P^{0,75}), ce qui est confirmé par notre étude.

3. L'effet de la couverture sur la digestibilité des différentes pailles

■ dMO et dCB plus élevées avec les pailles traitées et couvertes

Pour des teneurs en matière organique identiques, la digestibilité de la matière organique (dMO) varie (tableau 2). Les améliorations de la dMO ont été plus élevées pour PTcp (9,1 points) ou PTct

(7,8 points) que pour PTnc (5,8 points) par rapport à PNT. Il est vraisemblable que l'attaque alcaline sur les parois cellulaires de la paille soit plus importante dans des meules couvertes que non couvertes, ce qui favoriserait davantage l'emprisonnement de l'ammoniac dans la meule et, par là, son action sur les parois cellulaires. Ceci est appuyé par les travaux de CORDESSE (1982), qui a enregistré une diminution de la teneur en hémicellulose de 12 points pour une paille de blé traitée à l'ammoniaque en solution dans un réservoir métallique étanche, et ceux de SUMMERS et SHERROD (1975) qui ont montré que la dMS augmentait d'autant plus que le produit traité perdait plus d'hémicellulose.

Par rapport à la PNT, les augmentations de **la digestibilité de la cellulose brute** (dCB) pour la paille traitée (tableau 2) ont été comparables entre PTcp (12,4 points) et PTct (11,9 points), qui représentaient près du double de de PTnc (6,5 points). L'amélioration de la dCB des pailles traitées s'expliquerait par le gonflement des parois végétales et par leur pénétration par l'eau et les enzymes grâce à la rupture, par l'action alcaline, des liaisons covalentes et hydrogène entre lignine et hémicellulose (BACON *et al.*, 1981), des liaisons calcium entre radicaux d'acides glucoroniques et par la libération de radicaux acétyles (CORDESSE, 1987). Le traitement à l'urée réduirait ainsi l'obstacle que constitue la lignine à l'action des micro-organismes cellulolytiques du rumen. La couverture par un film plastique ou par de la terre des pailles traitées conduirait donc à une plus grande disponibilité de la cellulose à l'attaque microbienne que la paille traitée non couverte.

Les quantités de **cellulose brute non digestible** ont été de 177,8, 146,6, 127,8 et 127,5 de g/kg MS respectivement avec PNT, PTnc, PTct et PTcp. Les améliorations de la dCB, de l'ordre de 12 points, enregistrées pour les pailles traitées couvertes sont similaires à celles rapportées par CLOETE et KRITZINGER (1984, 12,1 points) et par CHERMITI *et al.* (1991, 11,7 points pour des pailles traitées à l'urée couvertes avec un film plastique).

■ Des dMAT identiques pour les pailles traitées, couvertes ou non

Par rapport à la PNT, les améliorations de **digestibilité des MAT** (dMAT) enregistrées pour les pailles traitées (tableau 2) ont été comparables entre PTct (50,9 points), PTcp (51,4 points) et PTnc (49,2 points). Ces digestibilités sont proches de celles relevées par CLOETE et KRITZINGER (1984) qui est en moyenne de 53,2 points (de -3,3 à 49,5%) et sont supérieures à celles observées par CHERMITI *et al.* (1991) avec 38,2 points (de 21,1 à 59,4%), dans les deux cas pour de la paille traitée à l'urée et couverte par un film plastique.

L'amélioration de la digestibilité de la MAT de la paille a été du même niveau pour les 3 traitements à l'urée. La dMAT dépend essentiellement de la teneur en MAT. Les teneurs en MAT des 3 pailles traitées étant identiques, il est normal que les dMAT le soient aussi.

Les **teneurs en matières azotées non digestibles** (MAND) ont été très faibles pour des pailles traitées à l'urée génératrice d'ammo-

niac. On peut se demander si toute l'urée a été transformée en ammoniac. Ceci est sans doute en rapport avec des taux de fixation d'azote uréique élevés, des augmentations assez faibles des quantités ingérées (bien que la limitation de l'offre à 48 g MS/kg P^{0.75} ne permette pas de juger) et une augmentation modérée de la dMO pour des pailles restées, théoriquement, 60 jours sous atmosphère d'ammoniac à une température moyenne de 29°C.

Conclusion

Le traitement de meules de paille à l'urée avec ou sans couverture en terre améliore la teneur en MAT de la paille de blé dur dans les mêmes proportions qu'avec une couverture en film plastique. Le traitement de la paille à l'urée améliore dans tous les cas (avec ou sans couverture) son ingestion. Mais la couverture (qu'elle soit en terre ou en film plastique) améliore significativement l'ingestion. Il serait, toutefois, imprudent de généraliser ces résultats en raison du possible effet de la période sur les quantités de paille ingérée.

La digestibilité de la paille est plus élevée après traitement à l'urée. Les pailles traitées couvertes avec un film plastique ou avec de la terre ont des digestibilités (dMS, dMO, dCB et dMAT) respectives comparables, elles mêmes plus élevées (dMS, dMO et dCB) ou du même ordre (dMAT) que celles de la paille traitée non couverte.

Ces résultats montrent que **le traitement de la paille à l'urée avec une couverture en terre ou sans couverture est une technique intéressante et réalisable**. La couverture en terre est plus pratique avec les meules de petite taille alors que le traitement sans couverture serait plus rentable avec les meules de grande taille. La nature de la terre et l'épaisseur de la couche de terre couvrant la meule sont des paramètres qui mériteraient d'être précisés en fonction de la température ou des saisons. Compte tenu des quantités d'eau utilisées (400 g/kg MS de paille), il est sans doute souhaitable de ne pas arroser la première ou les deux premières couches de bottes de paille avec la solution d'urée pour limiter les pertes par lessivage, sauf si un film plastique est mis sur le sol avant de confectionner la meule.

Accepté pour publication, le 30 février 1997.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ABDOULI H., KHORCHANI K., KRAIEM K. (1988) : "Traitement de la paille à l'urée. II- effets sur la croissance des taurillons et sur la digestibilité", *Fourrages*, 114, 167-176.
- ABDOULI H., KRAIEM K. (1992) : "Traitement des pailles à l'urée. VI- Tentative de traitement sans eau et/ou sans couverture de la meule", *Revue de l'I.N.A.T.*, Tunisie.
- AOAC (1975) : *Official methods of Analysis*, 12th ed. Washington, DC.
- BACON S.J.D., CHESSON A., GORDON A.H. (1981) : "Deacetylation and enhancement of digestibility", *Agric. Environm.*, 6, 115-125.
- BENAHMED H., DULPHY J.P. (1985) : "Note sur la valeur azotée des fourrages pauvres traités à l'urée ou en ammoniac", *Ann. Zootech.*, 30, 335-346.
- CHERMITI A., NEFZAQUI A., VANBELLE M. (1991) : "Optimisation des pailles de céréales à l'ammoniac et à l'urée. Evaluation de l'efficacité des traitements à partir des pertes des produits volatils", *Revue de l'agriculture*, 44 (6), 1189-1190.
- CLOETE S.W.P., KRITZINGER N.M. (1984) : "Urea ammoniation compared to urea supplementation as method of improving the nutritive value of wheat straw for sheep", *S. Afr. J. Anim. Sci.*, 4, 59-63.
- CLOETE S.W.P., KRITZINGER N.M. (1985) : "A laboratory assessment at various treatment conditions affecting the ammoniation at wheat by urea. 2 : The effect of physical form, moisture level, and prolonged treatment period", *S. Afr. J. Anim. Sci.*, 14, 55-58.
- CORDESSE R. (1982) : *Amélioration de la valeur nutritive de la paille par les traitements chimiques. Revue bibliographique. Traitement de la paille de blé dur avec l'ammoniac anhydre*, thèse de Docteur-Ingénieur, ENSA de Montpellier, 79 p.
- CORDESSE R. (1987) : "Technologie de traitement des pailles à l'ammoniac", *Les fourrages secs, récolte, traitement, utilisation*, Ed. I.N.R.A., 231-235.
- HOUMANI M. (1985) : *Utilisation d'une source d'azote non conventionnelle dans l'alimentation des bovins : aspects techniques et possibilités de vulgarisation*, thèse de magister, I.N.A. d'Alger, 152 p.
- HOUMANI M. (1996) : "Evaluation du bilan fourrager en Algérie", Communication aux 2^e Journées d'études sur la production et la technologie du lait, INFSA, Mostaganem du 13 au 14 mars 1996.
- MESSAOUDI L., BENDHIA M. (1994) : "La paille traitée à l'urée couverte avec de la terre comparée à celle traitée à l'urée et à l'ammoniac couverte avec des feuilles en plastique", *Rapport d'activité 1994*, Réseau régional de vulgarisation pour l'amélioration de l'utilisation des résidus de cultures lignifiées dans l'alimentation animale. GCP/INT/ /FRA, Alexandrie, 12-16 Nov. 1994.
- MUNOZ F., JOY M., ANDUEZA J., ALIBES X. (1994) : "Evaluation of cereal straw treatments comparing anhydrous ammonia vs urea solution", *Options méditerranéennes*, Série B : Etudes et Recherche, 6, 27-38.
- NEFZAQUI A. (1994) : "Adaptation de l'utilisation et du traitement des pailles aux conditions de l'Afrique du Nord", *Options méditerranéennes*, Série B : Etudes et Recherches, 6, 61-78.
- SUMMERS C.B., SHERROD L.B. (1975) : "Sodium hydroxide treatment of different roughages", *J. Anim. Sci.*, 41, 420 (Abstract).

- VAN SOEST P.J., WINE R.H. (1967) : "Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV. Determination of plant cell wall constituents", *J. Assoc. Off. Agric. Chem.*, 50 (1), 50-55.
- XANDÉ A. (1978) : "Valeur alimentaire des pailles de céréales chez le mouton. Influence de la complémentation azotée, énergétique sur l'ingestion et l'utilisation digestive d'une paille d'orge", *Ann. Zootech.*, 27, 583-589.

SUMMARY

Effects of covering the stacks when treating straw with urea

Three lots of 100 sheaves, 18 kg each, of urea-treated durum wheat straw, either non-covered (PTnc) or covered with earth (PTct) or with plastic (PTcp), were compared with an untreated control (PNT). The treatment was carried out by applying by hand 50 g urea in 400 g water per kg DM to successive layers of sheaves. The length of conservation time was 60 days at a mean temperature of 29°C. The treatment with urea increased the crude protein content from 59 to 61 g per kg DM, with no significant effect of the covering. Voluntary intake (g DM per kg LW^{0.75}) was greater with covered treated straw (47.9 for PTcp and 46.3 for PTct) than with non-covered treated straw (42.7). The digestibilities of covered treated straw were comparable (respectively for PTcp and PTct, they were 57.5 and 56.2% for organic matter, 66.7 and 66.2% for crude fibre, 61.3 and 60.8% for crude protein). The covering of urea-treated hay stacks with earth could be convenient for medium-sized stacks, while only large stacks should be fit for a treatment without covering.