

EFFET DE L'ADDITION DE L'HYDROXYDE DE CALCIUM SUR L'EFFICACITE DU TRAITEMENT DE LA PAILLE A L'UREE

M. HOUMANI

Département d'agronomie, Faculté agrovétérinaire - Université de Blida (Algérie).

RÉSUMÉ

Le traitement à 5 et 10 g d'hydroxyde de calcium en solution dans l'eau [$\text{Ca}(\text{OH})_2$] est sans incidence sur la composition chimique et la digestibilité *in vitro* de la paille ; seule la teneur en MS est diminuée. L'ajout de ces taux de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ à 25 g et 50 g d'urée par kg MS améliore le taux d'azote uréique fixé de 15,2 et 19,5 points et de 7,7 et 11,9 points respectivement. L'amélioration des quantités ingérées par des moutons est de 18,9% avec la paille traitée avec 50 g d'urée (Pt_{u_2}), de 57,3% avec la paille traitée à 25g d'urée+5g de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ($\text{Pt}_{u_1c_1}$) et de 80,5% avec 50g d'urée+5g de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ($\text{Pt}_{u_2c_1}$) par rapport à la paille non traitée ingérée à 36,5 gMS/kgP^{0.75}. Pt_{u_2} et $\text{Pt}_{u_1c_1}$ se caractérisent par des digestibilités *in vivo* comparables. $\text{Pt}_{u_2c_1}$ se distingue par des digestibilités supérieures pour les matières organique et cellulosique. Les animaux recevant la paille non traitée perdent du poids (29 g/j pour les béliers et 19 g/j pour les brebis). Par contre avec la paille traitée à l'urée ou à l'urée+ $\text{Ca}(\text{OH})_2$, les brebis maintiennent leur poids vif alors que les béliers en gagnent un peu, (14 et 26 g/j avec paille traitée à l'urée et traitée à l'urée+ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ respectivement).

Mots Clés : Paille, Urée, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, Valeur alimentaire, Ovins.

SUMMARY

Effect addition of calcium hydroxide in the efficiency of urea treatment of straw : The treatment with 5 and 10 g of $\text{Ca}(\text{OH})_2$ is without incidence on the chemical composition and the *in vitro* digestibility of the straw ; only content in DM is decreased. The addition of 5 and 10 g of $\text{Ca}(\text{OH})_2$ in 25 g and in 50 g of urea per kg of DM improves the rate of ureic nitrogen fixed with 15.2 to 19.5 points and 7.7 to 11.9 points respectively. The addition of 5 g of $\text{Ca}(\text{OH})_2$ in 25 g of urea allows an organic matter digestibility comparable to that obtained with 50 g from urea without addition of $\text{Ca}(\text{OH})_2$. The improvement of quantities ingested with sheep's is of 18.9 % with the treated straw with 50g of urea (Pt_{u_2}), 57.3 % with the treated straw with 25g urea + 5g of $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ($\text{Pt}_{u_1c_1}$) and 80.5 % with 50 g of urea + 5 g as $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ($\text{Pt}_{u_2c_1}$) with regard to the untreated straw ingested in 36.5 g MS.kg. ⁻¹P^{0.75}. *In vivo* digestibility of some organic matter and the crude fibre is comparable between Pt_{u_2} and $\text{Pt}_{u_1c_1}$ but lower than those of $\text{Pt}_{u_2c_1}$. The digestibility's of the crude nitrogen matter of Pt_{u_2} and $\text{Pt}_{u_2c_1}$ is comparable between them and superior to that of $\text{Pt}_{u_1c_1}$. Animals receiving the untreated straw lose weight (29 g.j⁻¹ for rams and 19 g.j⁻¹ for ewes). With the treated straw with the urea or in the urea + $\text{Ca}(\text{OH})_2$, ewes maintain their live weight while rams gain little of it, (14 and 26 g.j⁻¹ with treated straw with urea and urea + $\text{Ca}(\text{OH})_2$ respectively).

Key Words : Straw, Urea, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, Feeding value, Ovine races.

INTRODUCTION

Le traitement des pailles à l'urée est connu depuis une vingtaine d'années (DOLBERG *et al.*, 1981 ; WILLIAMS *et al.*, 1984 ; WANAPAT *et al.*, 1985). Les connaissances acquises depuis sur les techniques de traitement et leurs applications pratiques dans diverses régions du monde sont rendues publiques (CHENOST et KAYOULI, 1997). A l'exception de la Tunisie, les autres pays de l'Afrique du Nord n'ont pas encore adopté le traitement à l'urée malgré un déficit fourrager chronique et une grande production de paille de céréales pour deux raisons principales : le taux d'azote fixé 30 à 45% de la quantité d'azote uréique appliquée et le coût du traitement. Ces pertes d'azote élevées (55 à 70% de l'azote uréique appliqué) doivent par conséquent être réduites pour assurer aux pailles traitées à l'urée une place durable dans le calendrier fourrager des pays du sud de la Méditerranée. Jusqu'à présent, les effets de l'humidité, le temps de traitement, l'herméticité de la meule, la température ambiante extérieure, la dose d'urée et la durée de conservation ont été étudiés (HOUMANI, 1998). Dans le sud-est asiatique, les paysans réduisent la dose d'urée à 2-3% en y associant l'hydroxyde de calcium $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ et obtiendraient un produit de qualité. Le $\text{Ca}(\text{OH})_2$ favoriserait l'hydrolyse de l'urée mais surtout, le traitement alcalin (ZAMAN et OWEN, 1990 ; WANG et FENG, 1993 ; CHENOST et KAYOULI, 1997). Les études sur l'efficacité du $\text{Ca}(\text{OH})_2$ associé à l'urée sont peu nombreuses. BUI VAN CHINH *et al.*, (1994) observent une réponse des croûts au traitement de 172 g/j avec des génisses nourries avec une paille de riz traitée à 2,5 kg d'urée + 0,5kg de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ par 100 kg de paille. Les références sur la réponse des animaux sont probablement inexistantes ou rares avec la paille de blé traitées à l'urée + $\text{Ca}(\text{OH})_2$. C'est pour cela que nous étudions dans un premier essai, l'effet de la dose de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ et d'urée sur la composition chimique

et la digestibilité *in vitro* d'une paille de blé dur, dans un second essai, l'effet du traitement à l'urée + $\text{Ca}(\text{OH})_2$ sur la valeur alimentaire de la même paille de blé et, dans un troisième essai, l'effet de la paille de blé traitée à l'urée + $\text{Ca}(\text{OH})_2$ sur les performances zootechniques de brebis taries et de béliers à l'entretien.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

1. Aliments

Essai 1

Cet essai cherche à préciser l'effet du traitement au $\text{Ca}(\text{OH})_2$ partiellement associé à l'urée sur la composition chimique et la digestibilité *in vitro* d'une paille de blé. Pour cela, des échantillons de pailles de 6 kg d'une teneur en matière sèche de 89%, sont traités à des doses de 5 et 10 g (Ptc_1 et Ptc_2) de $\text{Ca}(\text{OH})_2$, 25 et 50 g d'urée (Ptu_1 et Ptu_2), 25 g d'urée + 5 g et + 10 g de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (Ptu_1c_1 et Ptu_1c_2), 50 g d'urée + 5 g et + 10 g de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (Ptu_2c_1 et Ptu_2c_2) dans 400 g d'eau par kg de MS. Les traitements sont effectués à l'aide d'arrosoirs manuels. La paille traitée est stockée sous un film en plastique noir pendant 2 mois, à la température ambiante extérieure moyenne de 23°C. A la fin du stockage, les sacs sont ouverts et la matière sèche est déterminée à 105°C jusqu'à poids constant. Les échantillons traités destinés aux analyses sont broyés à la grille de 1mm. L'azote est déterminé sur de la paille hachée à l'aide de ciseaux manuels et non étuvée pour éviter les pertes d'azote par évaporation. La paille non traitée (Pnt) sert de témoin.

Essais 2 et 3

Trois meules de 100 bottes de paille (même paille que dans l'essai 1) sont traitées à des doses de 50g d'urée (Ptu_3), 50 g d'urée + 5 g de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (Ptu_3c_1) et 25 g d'urée + 5 g de

$\text{Ca}(\text{OH})_2$ (Pt_{1C_1}) dans 400 g d'eau par kg de MS. Ces différentes doses sont choisies sur la base des résultats de l'essai 1. Les traitements sont effectués à l'aide d'arrosoirs manuels par couches successives de bottes de paille. La paille traitée est stockée sous un film en plastique noir pendant 2 mois, à la température ambiante extérieure moyenne de 23°C. La paille non traitée (Pnt) sert de témoin.

2. Animaux

Pour la mesure de la digestibilité *in vitro* dans l'essai 1, 3 moutons de race locale Ouled Djellal âgés de 36 à 45 mois, pesant en moyenne 48 kg de poids vif et fistulés du rumen servent de donneurs de jus de rumen. Ils sont nourris à chaque fois avec la paille pour laquelle la digestibilité est mesurée. La distribution de la paille est faite à volonté (10% de refus).

Pour la mesure de digestibilité *in vivo* dans l'essai 2, 10 moutons de race locale Ouled Djellal âgés entre 3 et 4 ans, répartis en deux lots de poids vifs comparables (55,5±1,7 et 54,7±2,4 kg) sont maintenus dans des cages à métabolisme pendant deux périodes successives de 14 jours séparées par une phase de transition de 21 jours. Chaque lot de 5 moutons reçoit à volonté (10% de refus) soit la paille non traitée (Pnt) puis la paille traitée à 50 g d'urée ($\text{Pt}_{2\text{U}}$), soit la paille traitée avec 50 g d'urée + 50 g de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ($\text{Pt}_{2\text{U}\text{C}_1}$) puis la paille traitée avec 25 g d'urée + 5 g de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ($\text{Pt}_{1\text{U}\text{C}_1}$).

L'essai 3 porte sur 30 brebis taries de race locale Ouled Djellal âgée en moyenne de 38 mois et 30 béliers de même race, âgés de 36 mois en moyenne. Brebis et béliers sont identifiés à l'aide de boucles d'oreille. Les brebis sont réparties en 3 lots de même effectif (10 animaux par lot) et de poids vifs comparables (lot 1 : 43,5±0,7 kg ; lot 2 : 43,9±1,1 kg ; lot 3 : 43,7±0,9 kg). De même, les béliers sont répartis en 3 lots de même effectif et de poids

moyens vifs comparables (lot 1 : 46,5±1,2 kg ; lot 2 : 47,1±1,5 kg ; lot 3 : 46,2±1,4 kg).

Les animaux dans les 3 essais, sont traités contre les parasites internes et externes et reçoivent une injection intramusculaire de 5ml de vitamines AD_3E .

3. Mesure de la digestibilité et des performances zootechniques

Dans l'essai 1, les digestibilités *in vitro* de la matière organique et de la cellulose brute sont déterminées par la méthodes de TILLEY et TERRY (1963).

Dans l'essai 2, c'est la digestibilité *in vivo* qui est mesurée : les quantités de pailles Pnt, $\text{Pt}_{2\text{U}}$, $\text{Pt}_{1\text{U}\text{C}_1}$ et $\text{Pt}_{2\text{U}\text{C}_1}$ distribuées et les refus ainsi que les quantités de fèces excrétées sont pesées, séchées et conservées par mouton pendant 10 jours de mesure en cage à métabolisme après une période d'adaptation des animaux de 21 jours au sol.

Dans l'essai 3, les brebis et les béliers des lots 1, 2 et 3 reçoivent respectivement les pailles Pnt, $\text{Pt}_{2\text{U}}$ et $\text{Pt}_{1\text{U}\text{C}_1}$ offertes à volonté en deux repas par jour (9 et 16 heures). Les quantités de pailles distribuées et les quantités refusées sont pesées chaque jour. Les animaux disposent d'eau à volonté et des pierres à lécher en permanence. Les animaux sont pesés individuellement à jeun et dans le même ordre tous les 20 jours. La durée de l'essai est de 121 jours dont 21 jours d'adaptation des animaux aux régimes alimentaires.

4. Analyses chimiques

Les teneurs en matière sèche (MS), cendres (MM), cellulose brute (CB), matières azotées totales (MAT) et matières grasses sont déterminées selon les méthodes de l'AOAC (1975).

La teneur en MS des pailles traitées est réalisée à 68°C jusqu'à poids constant. L'énergie brute est obtenue par une combustion complète de l'échantillon, réalisée dans un calorimètre adiabatique de type "Adiabat 350". Toutes les analyses sont réalisées en quatre répétitions.

Calcul des valeurs énergétique et azotée

La digestibilité réelle (dr) et la dégradabilité théorique (DT) des matières azotées de la paille en l'état, traitée au $\text{Ca}(\text{OH})_2$, à l'urée ou à l'urée + $\text{Ca}(\text{OH})_2$ n'ont pu être déterminées ; nous adoptons les valeurs données pour la paille dans Inra (1988), soit 0,7 pour la dr et 0,6 pour la DT, et utilisons le système d'évaluation Inra (1988). Nous considérons que les traitements ne modifient pas les teneurs en PDIA des pailles traitées. Nous suivons la même démarche que celle rapportée par HOUMANI (1998a).

Analyse statistique

Les résultats sont soumis à l'analyse de variance selon la procédure du SAS (1982). Les critères de variation sont variables selon les essais ; la comparaison des moyennes est effectuée par le test de Duncan.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

1. Effets des traitements sur la composition chimique et la digestibilité *in vitro* de la paille

Les teneurs en MS les plus élevées sont observées avec les traitements à l'urée + $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (85,3 à 86,8%) et les plus faibles avec les traitements à l'hydroxyde de calcium (77,0 à 77,7%). Les traitements à l'urée seule permettent des teneurs intermédiaires (78,8 à 79,8%) (Tableau I). L'addition de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ permet donc de limiter les pertes de MS des pailles traitées à l'urée. Les teneurs en MAT de la

paille passent de 3,3 à 5,4% et à 10,6% avec respectivement les traitements à 25 et 50g d'urée/kg MS, soit des taux de fixation d'azote par rapport à l'azote uréique appliqué (Nf/Na) de 29,2 et 50,8%. L'introduction de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ à 5 et 10 g/kg MS augmente ces teneurs à 6,5 et 6,8% avec 25 g d'urée/kg MS (soit des taux de Nf/Na de 44,5 et 48,7%) et à 11,7 et 12,3% avec 50 g d'urée/kg MS (soit des taux de Nf/Na de 58,4 et 62,6%) Par contre, les différents traitements ne modifient pas de façon significative les teneurs en MO et en CB de la paille (Tableau I).

Les digestibilités *in vitro* de la MO (DivMO) et de la CB (DivCB) de la paille non traitée sont de 48,3% et 52,6% (Tableau I). Le traitement de la paille au $\text{Ca}(\text{OH})_2$ seul n'a aucun effet significatif sur la DivMO et la DivCB. Avec les traitements à 25 et 50g d'urée/kg MS, la DivMO est de 52,3 et 57,2% respectivement. Avec les traitements à l'urée + $\text{Ca}(\text{OH})_2$, la DivMO la plus élevée (66,9%) est observée avec Ptu_{2c_2} et la plus faible (58,4%) est notée avec Ptu_{1c_1} . L'augmentation de la quantité de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ de 5 à 10 g avec les doses d'urée utilisées, ne modifie pas ou modifie très peu la DivMO de la paille (Tableau I). Les traitements à 25 et 50 g d'urée utilisée seule améliorent la DivCB de la paille (Ptu_1 et Ptu_2) de 5,8 et 13,3 points respectivement comparée à la Pnt. Avec les traitements à l'urée + $\text{Ca}(\text{OH})_2$, la DivCB la plus élevée (68,3%) est observée avec Ptu_{2c_2} et la plus faible (64,8%) avec Ptu_{1c_1} . La DivCB de la paille Ptu_{1c_2} est comparable à celles notées avec Ptu_{2c_1} ou Ptu_{2c_2} . L'augmentation de la quantité de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ de 5 à 10 g par kg MS serait donc sans intérêt significatif sur la DivCB de la paille traitée à 25 ou 50 g d'urée par kg MS. Autrement dit, une quantité de 5 g de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ pour 25 ou 50 g d'urée serait suffisante pour maximiser la DivCB de la paille (Tableau I).

2. Effets des traitements sur la valeur alimentaire de la paille

La teneur en MAT augmente de 3,3 % (Pnt) à 6,4 % (Ptu₁c₁), 8,5% (Ptu₂) et 10,6% (Ptu₂c₁) (Tableau II) ; ce qui correspond à des taux de Nf/Na de 36,3 , 43,2 et 50,8% respectivement. Comparés aux traitements correspondants dans l'essai 1, ces taux sont inférieurs à ceux notés avec les traitements à 25 g d'urée + 5 g de Ca(OH)₂ avec 44,5%, à 50 g d'urée utilisée seule avec 50,8% et 50 g d'urée + 5 g de Ca(OH)₂ avec 58,4%. Ces différences seraient dues au pouvoir de fixation d'azote par la paille : l'apport d'une plus grande quantité d'azote uréique nécessiterait plus de temps en atmosphère confinée qu'une quantité plus faible, la durée de stockage et la température étant identiques pour les traitements en sachets ou en meules. Dans les grandes meules, la paille est conditionnée en bottes ce qui limiterait vraisemblablement la diffusion de l'ammoniac généré par hydrolyse de l'urée contrairement à la paille présentée en vrac dans les traitements en sachets. SAHNOUNE (1990) rapporte que l'hydrolyse de l'urée peut s'arrêter ou ralentir lorsque la quantité d'ammoniac libre à l'intérieur de la masse traitée est importante. Avec un foin de vesce-avoine, HOUMANI (1998a) observe qu'au-delà de 40 g d'urée par kg MS, le taux de fixation d'azote diminue pour une même durée de stockage en atmosphère confinée. Néanmoins, l'ajout de 5 g de Ca(OH)₂ à 50g d'urée permet de porter Nf/Na de 43,3 à 50,8%, soit une augmentation de 7,6 points. De nombreux auteurs, notamment CHERMITI *et al.*, 1991 ; HOUMANI, 1998b), rapportent des taux de fixation d'azote uréique variant entre 30 et 44% pour des durées de stockage de 30 à 60 jours.

Les quantités de paille volontairement ingérées sont de 36,5g MS/kgP^{0.75} avec la Pnt et de 43,4g, 57,4g et 65,9g MS/ kgP^{0.75} respectivement avec Pt_{u2}, Pt_{u1}c₁ et Pt_{u2}c₁ (Tableau II). L'effet du traitement à l'urée s'est traduit par une

augmentation des quantités ingérées de 18,9% comparée à celle de la Pnt. Cette augmentation atteint 80,5% avec Pt_{u2}c₁ et 57,2% avec Pt_{u1}c₁. Le traitement à l'urée + Ca(OH)₂ favoriserait l'ingestion de la paille traitée. Malgré une teneur en MAT inférieure de 2,1 points, la paille Pt_{u1}c₁ est ingérée en quantité plus élevée (+ 32,2%) que la Pt_{u2}. Les ingestions de Pnt ou de Pt_{u2} sont de même ordre de grandeur que celles rapportées par de nombreux auteurs pour les pailles de blé non traitées ou traitées à l'urée, notamment CHENOST et BESLE (1992), CHERMITI *et al.*, (1996), HOUMANI *et al.*, (2001).

La digestibilité de la MO (dMO) de la Pnt est de 47,1% ; celles de Pt_{u2} et Pt_{u1}c₁ sont comparables entre elles et, inférieures d'environ 10,0 points à celle de Pt_{u2}c₁ avec 65,9% (Tableau II). Ces résultats confirment ceux observés dans l'essai 1 (digestibilité *in vitro*). L'augmentation de la dMO avec Pt_{u2} est classique (CHENOST et KAYOULI, 1997). Le résultat le plus spectaculaire, est celui enregistré avec Pt_{u1}c₁ qui montre la possibilité de traiter les pailles de céréales avec des doses d'urée inférieures à 3% en introduisant du Ca(OH)₂, d'obtenir une ingestion plus élevée et une dMO similaire qu'un traitement avec une dose d'urée plus élevée (Pt_{u2}c₁).

Les digestibilités des MAT (dMAT) de la Pnt et de la Pt_{u2} sont de 9,6 et 61,6% respectivement. Elles n'appellent pas de commentaire particulier. La dMAT de Pt_{u1} est comparable à celle de Pt_{u2} ; l'ajout de Ca(OH)₂ à l'urée ne semble pas avoir d'incidence sur la digestibilité des matières azotées totales. La dMAT de Pt_{u1}c₁ est inférieure de 6,3 points de celle de Pt_{u2} ; dans ce cas, l'addition de Ca(OH)₂ ne compense pas l'effet positif de l'apport d'azote plus élevé avec Pt_{u2} et Pt_{u2}c₁ qu'avec Pt_{u1}c₁.

La digestibilité de la CB (dCB) de la Pnt est de 54,1%. Les dCB de Pt_{u2} et Pt_{u1}c₁ sont comparables entre elles et plus élevées de 10,6 à 10,9 points à celle de Pnt (Tableau II). La dCB la

plus élevée est observée avec Ptu_{2c_1} avec 68,8%, soit une augmentation par rapport à Ptu_2 , de 3,8 points.

3. Effet des traitements sur les valeurs énergétique et azotée de la paille

Le traitement à l'urée augmente la valeur énergétique de Ptu_2 de 0,11 UFV et de 0,12 UFL/kg MS. La valeur énergétique de Ptu_{1c_1} et Ptu_{2c_1} est améliorée de 0,19 UFV et 0,18 UFL/kg MS, valeurs comparables entre les deux traitements (Tableau II). Les valeurs de Ptu_2 sont proches de celles rapportées par CIHEAM (1990) avec 0,41UFV et 0,52 UFL/kg MS de paille traitée à l'urée ; celles de Ptu_{1c_1} et Ptu_{2c_1} se situent légèrement au dessus des valeurs énergétiques observées par HOUMANI (1998a) avec un foin de vesce-avoine, soit 0,55 contre 0,53 UFV et 0,65 contre 0,62 UFL/kg MS.

L'amélioration de la valeur azotée exprimée en PDIN par kg MS est de 25,2 g avec Ptu_2 , 31,2 g avec Ptu_{2c_1} et 15,3 g avec Ptu_{1c_1} (Tableau II). L'addition de 5 g de $Ca(OH)_2$ à 50 g d'urée par kg MS permet une hausse de 6,0 g PDIN par kg MS. Les valeurs en PDIE sont comparables entre Ptu_{1c_1} et Ptu_2 (56,8 et 56,2 g/kg MS) lesquelles sont légèrement inférieures à celle de Ptu_{2c_1} (59,6 g/kg MS). La valeur en PDIN de Ptu_{1c_1} avec 36,1 g/kg MS est de même ordre de grandeur que celle d'un foin de vesce-avoine avec 36,6 g/kg MS récolté en Algérie (HOUMANI, 1998a) ; Par contre, sa valeur en PDIE est inférieure de 7,6 g à celle du même foin (56,8 contre 64,4 g/kg MS). Avec Ptu_2 et Ptu_{2c_1} , les PDIN sont plus élevées respectivement de 9,6 et 15,4 g/kg MS alors que les PDIE sont moins élevées respectivement de 8,2 et 4,8 g/kg MS à celles du même foin de vesce-avoine.

4. Résultats observés avec les brebis et les béliers

Ingestion des pailles et couverture des besoins nutritifs

Pour la paille non traitée (Pnt), la quantité ingérée est de 52,2 et 51,1 g MS/kg $P0.75$ respectivement avec les brebis et les béliers (Tableau III). Cette ingestion est élevée comparée à celle notée avec les moutons (test de digestibilité in vivo) avec seulement 35,6g MS/kg $P0.75$. Cette différence serait due au fait que les brebis et les béliers utilisés étaient accoutumés à la consommation de la paille depuis de nombreux mois (XANDÉ, 1978). Son traitement à l'urée (Ptu_2) entraîne une augmentation significative de son ingestion, de 29,9% avec les béliers et 47,5% avec les brebis. Le traitement à l'urée + $Ca(OH)_2$ conduit à une ingestion plus grande avec les béliers (+ 6,8%) et plus faible avec les brebis (- 4,5%) en comparaison avec Ptu_2 .

Ingérée en quantité élevée dans notre essai, la paille Pnt ne couvre que 53,3% des besoins énergétiques et 36,8% des besoins azotés des béliers à l'entretien. Avec les brebis taries, elle assure 72,7% des besoins énergétiques et seulement 40,1% des besoins azotés : ce qui semble normal.

Les quantités ingérées de la paille Ptu_2 couvrent les besoins énergétiques et azotés des brebis avec des excédents respectifs de 30,9 et 26,2%. Avec les béliers, les besoins énergétiques et azotés sont couverts à 89,1% (déficit de 10,9%) et à 109,1 (excédent de 9,1%) respectivement.

Les quantités ingérées de Ptu_{1c_1} satisfont les besoins énergétiques des béliers (excédent de 14,3%) et largement ceux des brebis (excédent de 43,6%). Les besoins azotés ne sont satisfaits qu'à 92,6% avec les béliers et pratiquement satisfaits avec les brebis 99,3%.

Variation de poids vif

Les animaux recevant la paille Pnt perdent du poids, davantage avec les béliers (29 g/j) qu'avec les brebis (19 g/j) en raisons des apports nutritifs insuffisants (Tableau IV). Le gain de

poids vif le plus élevé est observé chez les béliers recevant la paille $P_{Tu_1c_1}$ (26 g/j) et le plus faible chez ceux recevant la paille P_{Tu_2} (14 g/j). Les brebis recevant la paille P_{Tu_2} gagnent un peu de poids (5 g/j) ; ce gain est faible comparé aux excédents nutritifs ingérés. Celles recevant la paille $P_{Tu_1c_1}$ ne changent pas de poids malgré un excédent énergétique de près de 44% et un faible déficit azoté (0,7%). Les béliers semblent transformer les pailles P_{Tu_2} et $P_{Tu_1c_1}$ beaucoup plus efficacement que les brebis. En effet, une ingestion de P_{Tu_2} plus élevée chez les brebis permet un gain moyen quotidien plus faible que celui observé chez les béliers avec une ingestion inférieure (75,8 g MS/kg $P^{0.75}$ pour un GMQ de 5 g contre 67,8 g MS/kg $P^{0.75}$ pour un GMQ de 14 g). De même, une ingestion de $P_{Tu_1c_1}$ comparable permet aux brebis de maintenir leur poids vif alors que les béliers réalisent un GMQ de 26 g. La mesure du bilan azoté (non effectué) aurait permis d'expliquer le devenir de l'azote ingéré, particulièrement avec la paille traitée à l'urée + $Ca(OH)_2$.

CONCLUSION

L'ajout de 5 à 10 g de $Ca(OH)_2$ améliore le taux d'azote uréique fixé par la paille, davantage avec la dose de 25 qu'avec 50 g d'urée par kg MS. La digestibilité de la matière organique de la paille traitée à 25 g d'urée + 5 g de $Ca(OH)_2$ est comparable à celle de la paille traitée à 50 g d'urée mais inférieure à celle de la paille traitée à 50 g d'urée + 5 g de $Ca(OH)_2$. La paille traitée à l'urée + $Ca(OH)_2$ est mieux ingérée (+80,5%) que la paille traitée à la même dose d'urée (+18,9%) comparées à la paille non traitée. La paille traitée à l'urée + $Ca(OH)_2$ permet à des brebis taries d'environ 44 kg de maintenir leur poids vif et à des béliers de 46 à 47 kg de gagner un peu de poids vif. Nourris avec la paille non traitée, les brebis et les béliers perdent du poids. Pour des rations d'entretien destinées à des brebis taries ou à des béliers, il est

donc possible de traiter la paille avec 25 g d'urée + 5 g de $Ca(OH)_2$ par kg MS.

La réduction de la dose d'urée dans le traitement des pailles grâce à l'ajout partiel de $Ca(OH)_2$ pourrait constituer un facteur encourageant l'adoption du traitement par les éleveurs des pays importateurs d'urée. Ils peuvent ainsi, traiter des quantités de paille plus élevées et limiter les abattages ou les mortalités lors des périodes de sécheresse. En cas de disponibilité d'urée et peu coûteuse localement, l'addition de $Ca(OH)_2$ augmenterait les quantités de paille traitée limitant ainsi la participation des aliments concentrés lesquels serviraient alors à améliorer la ration des animaux en production.

Références bibliographiques

- AOAC. 1975. Official Methods of Analysis, 12th ed. Washington.
- BUI VAN CHINH, LE VIET LY, NGUYEN HUU TAO, PHAM VAN THIN, 1994. Ammoniated rice straw or untreated straw supplemented with a molasses-urea block for growing cattle in Vietnam. In: proceedings of a National Seminar-Workshop on "Sustainable livestock production on local feed resources", held in Hanoi/Ho Chi Minh City, Vietnam, 22-27 Nov. 1993. Publishing House, University of Agriculture and Forestry, Ho chi Minh City, Vietnam, pp. 67-70.
- CHENOST M., BESLE JM., 1992. Les pailles traitées à l'ammoniac provenant de l'hydrolyse de l'urée dans l'alimentation des génisses de race laitière en croissance hivernale. Ann. Zootech., n° 41, pp. 153-167.
- CHENOST M., KAYOULI C., 1997. Utilisation des fourrages grossiers en régions chaudes. Etude FAO. Production et santé animales, Rome. N° 135, 226 p.

- CHERMITI A., NEFZAOUI A., TELLER E., VANBELLE M., 1991. Optimisation du traitement des pailles à l'ammoniac et à l'urée. I. Evaluation de l'efficacité du traitement à partir des pertes de produits volatils. Rev. De l'Agriculture Landbouwtijdschrift n° 44, pp. 973-982.
- CIHEAM, 1990. Tableaux de la valeur alimentaire pour les ruminants des fourrages et sous-produits d'origine méditerranéenne. Options méditerranéennes Série B : Etudes et Recherches, n° 4.
- DOLBERG F., SAADLLAH M., HAQUE M., AHMED R., 1981. Storage of urea - treated straw using indigenous materiel. World Anim. Rev., n° 38, pp. 7-41.
- HOUMANI M., 1997. Influence de la couverture des meules dans le traitement des pailles à l'urée. Fourrages n° 150, pp. 235-243.
- HOUMANI M., 1998a. Amélioration de la valeur alimentaire du foin de vesce - avoine par le traitement à l'urée. Fourrages n° 154, pp. 239-248.
- HOUMANI M., 1998b. Effets comparés de l'aspersion mécanique de l'urée en solution sur andain au champ et manuelle sur bottes pour le traitement de la paille de blé sur sa digestibilité et sur la croissance d'agneaux. Ann. Zootech. n°47, pp. 197-205.
- HOUMANI M., 1998c. Valorisation des pailles algériennes par traitement technologique dans l'alimentation du cheptel. Thèse de doctorat d'Etat en sciences agronomiques - I.N.A d'Alger, 1998. 175p.
- INRA, 1988. Alimentation des bovins, ovins et caprins. Ouvrage collectif dirigé par R. Jarrige. Ed. Inra, Paris, France. 476p.
- SAHNOUNE S., 1990. Le traitement des pailles à l'ammoniac produits par l'hydrolyse de l'urée. Thèse de de Doctorat. Université Blaise Pascal, UER Sciences Clermont II, 117p.
- SAS, 1982. SAS User's Guide : Statistics. SAS Inst., Inc., Carry, NC.
- TILLEY J.M.A., TERRY R.A., 1963 - A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. J.Br. Grassl. Soc. n° 18, pp. 104 -111.
- WANAPAT M., SRIWATTANASOMBAT S., CHANTHAL S., 1985. The utilizaation of diets containing untreated rice straw, urea-ammonia treated rice straw and water hyacinth (*Eichhornia crassipes*, Mart). Tropical Animal Production, 10, (1), 50-57.
- WANG S., FENG Y., 1993. Effect of the treatment with urea and calcium hydroxide on the nutritive value of straws. In procceding of the Internat. Conference on Increasing Livestock Production through Utilization of Local resources. Pp, 202-209. Beijing, China. October 18-22-1993.
- WILLIAMS P.E.V., INNES G.M., BREWERA A., 1984. Ammonia treatment of straw via hydrolysis of urea. I. Effect of dry matter and urea concentration on the rate of hydrolysis of urea. Anim. Feed Sci. Technol. n° 11, pp. 103-113.
- XANDÉ 1978. Valeur alimentaire des pailles de céréales chez le mouton. I - Influence de la complémentation azotée et énergétique sur l'ingestion et l'utilisation digestive d'une paille d'orge. Ann. Zootech., n° 27, pp. 583-599.
- ZAMAN M.S., OWEN E., 1990. Effect of calcium hydroxide or urea treatment of barley straw on intake and digestibility in cheep. Small Ruminant Research, n° 3 (3), pp. 237-248.

Tableau I : Effet de l'addition d'hydroxyde de calcium à l'urée sur la composition chimique et la digestibilité *in vitro* de la paille.

Paille	g / kg de MS		DivMO (%)	DivCB (%)	MS (%)	Teneur en % de MS			Nf/Na (%)
	Urée (U)	Ca(OH) ₂ (C)				MO	MAT	CB	
Pnt	0,0	0,0	48,3 ^f	52,6 ^e	91,5 ^a	94,3	3,3 ^e	39,1	
Ptc ₁	0,0	5,0	48,3 ^f	52,5 ^e	77,0 ^d	92,4	3,4 ^e	39,3	
Ptc ₂		10,0	48,9 ^f	52,6 ^e	77,7 ^d	92,3	3,4 ^e	39,2	
Ptu ₁	25	0,0	52,3 ^e	58,4 ^d	78,8 ^{cd}	93,6	5,4 ^d	38,6	29,2
Ptu ₂	50	0,0	57,2 ^d	65,9 ^{bc}	79,8 ^c	92,5	10,6 ^b	38,1	50,7
Ptu _{1c1}	25	5,0	58,4 ^{cd}	64,8 ^c	85,3 ^b	92,5	6,5 ^c	38,7	44,7
Ptu _{1c2}		10,0	59,2 ^c	66,8 ^{abc}	85,7 ^b	92,5	6,8 ^c	37,9	48,7
Ptu _{2c1}	50	5,0	65,2 ^b	67,6 ^{ab}	85,6 ^b	93,8	11,7 ^a	38,7	58,4
Ptu _{2c2}		10,0	66,9 ^a	68,3 ^a	86,8 ^b	93,1	12,3 ^a	38,9	62,6
E.S.M			1,1	1,1	0,8	0,2	0,6	0,2	
Effets de signification									
C			NS	NS	S	NS	NS	NS	
U			S	S	S	NS	S	NS	
C x U			S	S	S	NS	S	NS	

Pnt. Paille non traitée ; Ptc₁ et Ptc₂, Paille traitée avec 5 g et 10 g de Ca(OH)₂ ; Ptu₁ et Ptu₂, paille traitée avec 25 et 50 g d'urée ; Ptu_{1c1} et Ptu_{1c2}, paille traitée avec 25 g d'urée + 5 et 10 g de Ca(OH)₂ ; Ptu_{2c1} et Ptu_{2c2}, paille traitée avec 50 g d'urée + 5 et 10 g de Ca(OH)₂ ; MS, matière sèche ; MO, matière organique ; MAT, matières azotées totales ; CB, cellulose brute ; DivMO, digestibilité *in vitro* de la MO ; DivCB, digestibilité *in vitro* de la CB ; Nf, azote fixé ; Na, azote uréique appliqué ; ESM, erreur standard de la moyenne. Sur la même colonne, les valeurs portant un même indice sont comparables au seuil de 5%.

Tableau II : Effet de l'addition d'hydroxyde de calcium à l'urée sur la valeur alimentaire de la paille.

Pailles	MS (%)	Teneurs (% de MS)				Nf/Na (%)	Kcal/ kgMS	Ingestibilité gMS/ kgP ^{0,75}	Digestibilité <i>in vivo</i> (%)			/Kg MS		g/Kg MS	
		MO	MAT	CB	MG				EB	dMO	dMAT	dCB	UFL	UFV	PDIN
Pnt	89,2 ^a	93,3 ^a	3,3 ^d	43,3	1,5	4342	36,5 ^d	47,1 ^c	9,6 ^c	54,1 ^c	0,47	0,36	20,8	48,7	
Ptu ₂	85,2 ^b	93,8 ^a	8,5 ^b	43,2	1,5	36,3	4368	43,4 ^c	55,4 ^b	61,6 ^a	65,0 ^b	0,59	0,47	46,0	56,2
Ptu _{1c1}	85,5 ^b	92,9 ^b	6,4 ^c	42,8	1,5	43,2	4368	57,4 ^b	56,5 ^b	55,3 ^b	64,7 ^b	0,65	0,55	36,1	56,8
Ptu _{2c1}	85,2 ^b	93,1 ^b	10,6 ^a	43,2	1,5	50,8	4368	65,9 ^a	65,9 ^a	60,5 ^a	68,8 ^a	0,65	0,55	52,0	59,6
E.S.M	0,4	0,2	0,7	0,1	0,1	4,3	3,0	1,7	5,5	1,4					

MS, matière sèche ; MO, matière organique ; MAT, matières azotées totales ; CB, cellulose brute ; MG, matière grasse ; EB, énergie brute ; dMO, digestibilité de la MO ; dMAT, digestibilité des MAT ; dCB, digestibilité de la CB ; UFL, unité fourragère lait ; UFV, unité fourragère viande ; PDIN, protéines digestibles dans l'intestin grâce à l'azote disponible ; PDIE, protéines digestibles dans l'intestin grâce à l'énergie disponible ; Pnt, paille non traitée ; Ptu₂, paille traitée à l'urée ; Ptu_{1c1}, paille traitée à 25g d'urée + 5g de Ca(OH)₂ ; Ptu_{2c1}, paille traitée à 50g d'urée + 5g de Ca(OH)₂ ; ESM, erreur standard de la moyenne. Sur la même colonne, les valeurs portant un même indice sont comparables au seuil de 5%.

Tableau III : Caractéristiques des rations ingérées par les brebis et les béliers.

Catégories animales Rations	Béliers			Brebis		
	Pnt	Ptu ₂	Ptu _{1,c₁}	Pnt	Ptu ₂	Ptu _{1,c₁}
Lots	1	1	1	1	1	1
Ingestibilité des pailles	905,8			860,7		
- g MS/kg P ^{0.75}	± 6,8 ^c	1233,5 ± 9,5 ^b	1311,2 ± 10,2 ^a	± 5,0 ^c	1287,1 ± 3,1 ^a	1230,0 ± 6,8 ^b
- g MS/kg PV	20,1 ± 0,1 ^c	25,8 ± 0,2 ^b	27,6 ± 0,2 ^a	20,1 ± 0,1 ^c	29,5 ± 0,1 ^a	28,1 ± 0,2 ^b
Apports nutritifs par la ration ingérée						
UFL	0,42	0,72	0,85	0,40	0,72	0,79
UFV	0,32	0,57	0,72	0,31	0,58	0,68
PDIN	18,84	56,80	47,30	17,90	56,40	44,40
PDIE	44,1	69,3	74,4	41,92	68,90	69,86

Pnt, paille non traitée ; Ptu₂, paille traitée à 50g d'urée ; Ptu_{1,c₁}, paille traitée à 25g d'urée + 5g de Ca(OH)₂ ; PV, poids vif ; UFL ou UFV, unité fourragère lait ou viande ; PDIN, protéines digestibles dans l'intestin grâce à l'azote disponible ; PDIE, protéines digestibles dans l'intestin grâce à l'énergie disponible. Sur une même ligne, par catégorie d'animaux, les valeurs marquées d'un même indice sont comparables au seuil de 5%.

Tableau IV : Résultats observés avec les béliers et les brebis.

Catégories animales Rations	Béliers			Brebis		
	Pnt	Ptu ₂	Ptu _{1,c₁}	Pnt	Ptu ₂	Ptu _{1,c₁}
Lots	1	1	1	1	1	1
Poids vif initial (kg)	46,5 ± 1,2 ^a	47,1 ± 1,5 ^a	46,2 ± 1,4 ^a	43,8 ± 0,7 ^b	43,9 ± 1,1 ^b	43,7 ± 0,9 ^b
Poids vif final (kg)	43,6 ± 1,6 ^a	48,5 ± 1,3 ^b	48,8 ± 1,5 ^b	41,9 ± 0,9 ^a	43,4 ± 0,7 ^b	43,7 ± 0,9 ^b
Variation de poids vif (kg)	- 2,9	1,4	2,6	- 1,9	0,5	0,0
Gain moyen quotidien (g)	- 29	14	26			
Besoins nutritifs des animaux						
UFV ou UFL	0,60	0,64	0,63	0,55	0,55	0,55
PDI (g)	51,1	51,6	51,1	44,7	44,70	44,6
Apports nutritifs par ration ingérée						
UFL ou UFV	0,32	0,57	0,72	0,40	0,72	0,79
PDI (g)	18,84	56,80	47,30	17,90	56,40	44,4
Différence apports / besoins (%)						
UFL ou UFV	- 46,7	- 10,9	+ 14,3	- 27,3	+ 30,9	+ 43,6
PDI	- 63,1	+ 9,1	- 7,4	- 59,9	+ 26,2	- 0,7

Pnt, paille non traitée ; Ptu₂, paille traitée à 50g d'urée ; Ptu_{1,c₁}, paille traitée à 25g d'urée + 5g de Ca(OH)₂ ; UFL ou UFV, unité fourragère lait ou viande ; PDI, protéines digestibles dans l'intestin ; Sur une même ligne, par catégorie d'animaux, les valeurs marquées d'un même indice sont comparables au seuil de 5%.