

## EFFET DE L'ADDITION DE L'HYDROXYDE DE CALCIUM SUR L'EFFICACITÉ DU TRAITEMENT DE LA PAILLE À L'URÉE

M. HOUMANI

Laboratoire de Recherche des Plantes Médicinales et Aromatiques.  
Université Saad Dahlab de Blida, Algérie.

### RÉSUMÉ

Le traitement à 5 et 10 g d'hydroxyde de calcium en solution dans l'eau  $[Ca(OH)_2]$  est sans incidence sur la composition chimique et la digestibilité *in vitro* de la paille ; seule la teneur en matière sèche est diminuée. L'ajout de 5 et 10 g de  $[Ca(OH)_2]$  à 25 et 50 g d'urée par kg de MS améliore le taux d'azote uréique fixé de 15,5 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<sub>u2</sub>), de 57,3% avec la paille traitée à 25 g d'urée + 5 g de  $[Ca(OH)_2]$  (Pt<sub>u1</sub>C<sub>1</sub>) et de 80,5% avec 50 g d'urée + 5 g de  $[Ca(OH)_2]$  (Pt<sub>u2</sub>c<sub>1</sub>) par rapport à la paille non traitée ingérée à 36,5 g MS/kg de P<sup>0,75</sup>. Les digestibilités de la matière organique ainsi que de la cellulose brute de Pt<sub>u2</sub> et de Pt<sub>u1</sub>C<sub>1</sub> sont comparables entre elles et inférieures à celles de Pt<sub>u2</sub>c<sub>1</sub>. Les animaux recevant de la paille non traitée perdent du poids (29 g/j avec les béliers et 19 g/j avec les brebis). Par contre avec la paille traitée à l'urée, les brebis perdent du poids (5 g/j) alors que les béliers en gagnent un peu (14 g/j.). Avec la paille traitée à l'urée +  $Ca(OH)_2$ , les brebis maintiennent leurs poids vif alors que les béliers en gagnent un peu (26 g/j).

*Mots Clés* : paille, urée,  $Ca(OH)_2$ , digestibilités, quantités ingérées, béliers, brebis.

### SUMMARY

The treatment of 5 and 10 g of calcium hydroxide  $[Ca(OH)_2]$  in an aqueous solution is without effect on the chemical composition and the *in vitro* digestibility of the straw ; only the dry matter content is decreased. The addition of 5 and 10 g of  $[Ca(OH)_2]$  to 25 and 50 g of urea per kg of DM improves the rate of urea's nitrogen fixed at 15,5 and 19,5 points and at 7,7 and 11,9 points respectively. The improvement of the quantities ingested by sheep is 18,9% with the straw treated by 50 g of urea (Pt<sub>u2</sub>), 57,3% with the straw treated by 25 g of urea + 5 g of  $[Ca(OH)_2]$  (Pt<sub>u1</sub>c<sub>1</sub>) and 80,5% with the straw by 50 g of urea + 5 g of  $[Ca(OH)_2]$  (Pt<sub>u2</sub>c<sub>1</sub>) compared to the untreated straw ingested at 36.5 g DM/kg Wt<sup>0.75</sup>. The digestibility of the organic matter and the crude fiber of Pt<sub>u2</sub> and Pt<sub>u1</sub>c<sub>1</sub> are comparable with each other and lower than those of Pt<sub>u2</sub>c<sub>1</sub>. Animals receiving untreated straw lose weight (29 g per day for rams and 19 g per day for ewes). On the other side, with the straw treated with the urea ewes lose weight (5 g per day) while rams earn little (14 g per day). With the straw treated with the urea +  $[Ca(OH)_2]$ , ewes maintain their live weight while rams earn little (26 g per day).

*Key Words* : straw, urea,  $Ca(OH)_2$ , digestibility, ingested quantities, rams, ewes.

## 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 pailles 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. Dans le Sud - Est asiatique, les paysans réduisent la dose d'urée à 2-3% en y associant l'hydroxyde de calcium [Ca(OH)<sub>2</sub>] et obtiendraient un produit de qualité (Chenost et Kayouli, 1997). Le Ca(OH)<sub>2</sub> 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 Ca(OH)<sub>2</sub> 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 + 0,5 kg de Ca(OH)<sub>2</sub> par 100 kg de paille. Les références sur la réponse des animaux sont probablement inexistantes ou rares avec la paille de blé traitée à l'urée + Ca(OH)<sub>2</sub>. C'est pour cela que nous étudions dans un premier essai, l'effet de la dose de Ca(OH)<sub>2</sub> et d'urée sur la composition chimique et la digestibilité *in vitro* d'une paille de blé dur, dans un second blé et, dans un troisième essai, l'effet de la paille de blé traitée à l'urée + Ca(OH)<sub>2</sub> sur les performances zootechniques des brebis tarées et des béliers à l'entretien.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

### 1.1. Aliments

**Essai 1** : Cet essai cherche à préciser l'effet du traitement au Ca(OH)<sub>2</sub> partiellement associé à l'urée sur la composition chimique et la digestibilité *in vitro* d'une paille de blé. Pour cela, des échantillons de paille de 6 kg d'une teneur en matière sèche de 89%, sont traités à des doses de 5 et 10 g de Ca(OH)<sub>2</sub> (Ptc<sub>1</sub> et Ptc<sub>2</sub>), de 25 et 50 g d'urée (Ptu<sub>1</sub> et Pt<sub>u2</sub>), de 25 g d'urée + 5 g et + 10 g de Ca(OH)<sub>2</sub> (Ptu<sub>1c1</sub> et Pt<sub>u1c2</sub>), de 50 g d'urée + 5 g et + 10 g de Ca(OH)<sub>2</sub> (Ptu<sub>2c1</sub> et Pt<sub>u2c2</sub>) dans 400 g d'eau par kg de MS. Les traitements sont effectués à l'aide d'arroseurs 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 un poids constant. Les échantillons traités destinés aux analyses sont broyés à la grille de 1 mm. 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 50 g d'urée (Ptu<sub>2</sub>), 50 g d'urée + 5 g de Ca(OH)<sub>2</sub> (Ptu<sub>2</sub>C<sub>1</sub>) et 25 g d'urée + 5 g de Ca(OH)<sub>2</sub> (Ptu<sub>1</sub>C<sub>1</sub>) dans 400 g d'eau par kg de matière sèche. 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.

## 1.2. 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 au sol 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 (Ptu<sub>2</sub>), soit la paille traitée avec 50 g d'urée + 5 g de Ca(OH)<sub>2</sub> (Ptu<sub>2</sub>C<sub>2</sub>) puis la paille traitée avec 25 g d'urée + 5 g de Ca(OH)<sub>2</sub> (Ptu<sub>1</sub>C<sub>1</sub>).

L'essai 3 porte sur 30 brebis taries de race locale Ouled Djellal âgées 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 vifs moyens 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 5 ml de vitamines AD<sub>3</sub>E.

## 1.3. 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 méthode de Tilley et Terry (1963).

Dans l'essai 2, c'est la digestibilité *in vivo* qui est mesurée : les quantités de paille Pnt, Ptu<sub>2</sub>, Ptu<sub>1</sub>C<sub>1</sub> et Ptu<sub>2</sub>C<sub>1</sub> 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, Ptu<sub>2</sub> et Ptu<sub>1</sub>C<sub>1</sub> 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.

#### 1.4. Analyses chimiques

Les teneurs en matière sèche (MS), cendres (MM), cellulose brute (CB), matières azotées totales (MAT) et matières grasses ont été 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 « Adiatat 350 ». Toutes les analyses sont réalisées en triple.

#### 1.5. 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 à l'urée ou à l'urée + Ca(OH)<sub>2</sub> n'ont pu être déterminées ; nous avons adopté les valeurs données pour la paille dans INRA (1988), soit 0,7 pour la dr et 0,6 pour la DT, et utilisé 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).

#### 1.5. Analyse statistique

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

### RÉSULTATS ET DISCUSSION

#### 2.1. 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 + Ca(OH)<sub>2</sub> (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 1). L'addition de Ca(OH)<sub>2</sub> 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 par kg de MS, soit des taux de fixation d'azote par rapport à l'azote uréique appliqué (Nf/Na) de 29,2 et 50,7%. L'introduction de Ca(OH)<sub>2</sub> à 5 et 10 g par kg de MS augmente ces teneurs à 6,5 et 6,8% avec 25 g d'urée/kg de MS (soit des taux de Nf/Na de 44,7 et 48,7%) et à 11,7 et 12,3% avec 50 g d'urée par kg de 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 1).

Tableau 1. Effet de l'addition de l'hydroxyde de calcium à de 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) <sub>2</sub> (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 <sub>1</sub>	0.0	5,0	48,3 f	52,5 e	77,0 d	92,4	3,4 e	39,3	
Ptc <sub>2</sub>	0.0	10,0	48,9 f	52,6 e	77,7 d	92,3	3,4 e	39,2	
Ptu <sub>1</sub>	25	0,0	52,3 e	58,4 d	78,8 cd	93,6	5,4 d	38,6	29,2
Ptu <sub>2</sub>	50	0,0	57,2 d	65,9 bc	79,8 c	92,5	10,6 b	38,1	50,7
Ptu <sub>1</sub> c <sub>1</sub>	25	5,0	58,4 cd	64,8 c	85,3 b	92,5	6,5 c	38,7	44,7
Ptu <sub>1</sub> c <sub>2</sub>	25	10,0	59,2 c	66,8 abc	85,7 b	92,5	6,8 c	37,9	48,7
Ptu <sub>2</sub> c <sub>1</sub>	50	5,0	65,2 b	67,6 ab	85,6 b	93,8	11,7 a	38,7	58,4
Ptu <sub>2</sub> c <sub>2</sub>	50	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	
Effet 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 ; Ptc<sub>1</sub> et Ptc<sub>2</sub> : Paille traitée avec 5 g et 10 g d'hydroxyde de calcium ; Ptu<sub>1</sub> et Ptu<sub>2</sub> / Paille traitée avec 25g et 50g d'urée ; Ptu<sub>1</sub>c<sub>1</sub> et Ptu<sub>2</sub>c<sub>2</sub> : Paille traitée avec 50g d'urée + 5 et 10g d'hydroxyde de calcium ; 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 appliqué ; E.S.M : erreur standard de la moyenne. Sur une même colonne, les valeurs portant un même indice, sont comparables au seuil de 5%.

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 1). Le traitement de la paille au Ca(OH)<sub>2</sub> seul n'a aucun effet significatif sur la DivMO et la DivCB. Avec les traitements à 25 et 50 g d'urée par kg de MS, la DivMO est de 52,3 et 57,2% respectivement. Avec

les traitements à l'urée + Ca(OH)<sub>2</sub>, la DivMO la plus élevée (66,9%) est observée avec Ptu<sub>2</sub>c<sub>2</sub> et la plus faible (58,4%) est notée avec Ptu<sub>1</sub>c<sub>1</sub>. L'augmentation de la dose de Ca(OH)<sub>2</sub> de 5 à 10 g avec les doses d'urée utilisées, ne modifie pas ou modifie très peu la DivMO de la paille (tableau 1). Les traitements à 25 et 50 g d'urée utilisée

seule améliorent la DivMO de la paille (Pt<sub>u1</sub> et Pt<sub>u2</sub>) de 5,8 et 13,3 points respectivement comparée à la Pnt. Avec les traitements à l'urée + Ca(OH)<sub>2</sub>, la DivCB la plus élevée (68,3%) est notée avec Pt<sub>u2c2</sub> et la plus faible (64,8%) avec Pt<sub>u1c1</sub>. La DivCB de la paille Pt<sub>u1c2</sub> est comparable à celle notée avec Pt<sub>u2c1</sub> ou Pt<sub>u2c2</sub>. L'augmentation de la quantité de Ca(OH)<sub>2</sub> de 5 à 10 g par kg de MS serait donc sans intérêt significatif sur la DivCB de la paille traitée à 25 ou 50 g d'urée par kg de MS. Autrement dit, une quantité de 5 g de Ca(OH)<sub>2</sub> pour 25 ou 50 g d'urée serait suffisante pour maximiser la DivCB de la paille (tableau 1).

## 2.2. Effets des traitements sur la valeur alimentaire de la paille

La teneur en MAT augmente de 3,3% (Pnt) à 6,4% (Pt<sub>u1c1</sub>), 8,5% (Pt<sub>u2</sub>) et à 10,6% (Pt<sub>u2c1</sub>) (tableau 2) ; 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)<sub>2</sub> avec 44,7%, à 50 g d'urée utilisée seule avec 50,7% et 50 g d'urée + 5 g de Ca(OH)<sub>2</sub> 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 de MS, le taux de fixation d'azote uréique diminue pour une même durée de stockage en atmosphère confinée. Néanmoins, l'ajout de 5 g de Ca(OH)<sub>2</sub> à 50 g d'urée permet de porter Nf/Na de 43,2 à 50,8%, soit une augmentation de 7,3 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 36,5 g MS/kg P<sup>0,75</sup> avec la Pnt et de 43,4 g, 57,4 g et 65,9 g MS/kg P<sup>0,75</sup> respectivement avec Pt<sub>u2</sub>, Pt<sub>u1c1</sub> et Pt<sub>u2c1</sub> (tableau 2). L'effet du traitement 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<sub>u2c1</sub> et 57,2% avec Pt<sub>u2c1</sub>. Le traitement à l'urée + Ca(OH)<sub>2</sub> favoriserait l'ingestion de la paille traitée. En effet, la paille Pt<sub>u1c1</sub> est ingérée en quantité plus élevée (+ 32,2%) que la paille Pt<sub>u2</sub> dont la teneur en MAT est supérieure de 2,1 points que celle de Pt<sub>u1c1</sub>. Les ingestions de Pnt ou de Pt<sub>u2</sub> sont de même ordre de grandeur que celle 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).

Tableau 2. Effet de l'addition de l'hydroxyde de calcium à de l'urée sur la valeur alimentaire de la paille.

Paille	MS (%)	Teneurs en % de MS				Nf/Na (%)	Kcal /kg de MS	Ingestibilité (g MS/kg P <sup>0,75</sup> )	Digestibilité <i>in vivo</i> (%)			Valeurs énergétiques (/kg de MS)		Valeurs azotées (g/kg de 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 <sub>2</sub>	85,2 b	93,8 a	8,5 b	43,2	1,5	36,3	4368	43,4 c	55,4 c	61,6 a	65,0 b	0,59	0,47	46,0	56,2
Ptu <sub>1c1</sub>	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 <sub>2c1</sub>	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	-	-	-	-

Pnt : Paille non traitée ; Ptu<sub>2</sub> : Paille traitée avec 50g d'urée ; Ptu<sub>1c1</sub> : paille traitée avec 25g d'urée + 5g d'hydroxyde de calcium ; Ptu<sub>2c1</sub> : Paille traitée avec 50g d'urée + 10g d'hydroxyde de calcium ; MS : matière sèche ; MO : matière organique ; MAT : matières azotées totales ; CB : cellulose brute ; MG : matières grasses ; EB : énergie brute ; dMO : digestibilité *in vivo* de la MO ; dMAT : digestibilité *in vivo* des MAT ; dCB : digestibilité *in vivo* de la CB ; Nf : azote fixé ; Na : azote appliqué ; UFL : unité fourragère lait ; Unité fourragère viande ; PDIN : protéines digestibles dans l'intestin grâce à l'azote disponible ; PDIE : protéines digestible dans l'intestin grâce à l'énergie disponible ; E.S.M : erreur standard de la moyenne. Sur une même colonne, les valeurs portant un même indice, sont comparables au seuil de 5 %.

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

Les digestibilités des MAT (dMAT) de la Pnt et de la Ptu<sub>2</sub> sont de 9,6 et 61,6%. La dMAT de Ptu<sub>2c1</sub> est comparable à celle de Ptu<sub>2</sub> ; l'ajout de Ca(OH)<sub>2</sub> à l'urée ne semble pas avoir d'incidence sur la digestibilité des matières azotées totales. La dMAT de Ptu<sub>1c1</sub> est inférieure de 6,3 points de celle de Ptu<sub>2</sub> ; dans ce cas l'addition de Ca(OH)<sub>2</sub> ne compense pas l'effet positif de

l'apport d'azote plus élevé avec Ptu<sub>2</sub> et Ptu<sub>2c1</sub> qu'avec Ptu<sub>1c1</sub>.

La digestibilité de la CB (dCB) de la Pnt est de 54,1%. Les dCB de Ptu<sub>2</sub> et Ptu<sub>1c1</sub> sont comparables entre elles et plus élevées de 10,6 à 10,9 points à celle de Pnt (tableau 2). La dCB la plus élevée est observée avec Ptu<sub>2c1</sub> avec 68,8%, soit une augmentation par rapport à Ptu<sub>2</sub>, de 3,8 points.

### 2.3. Effets des traitements sur les valeurs énergétique et azotée de la paille

Le traitement à l'urée augmente la valeur énergétique de Ptu<sub>2</sub> de 0,11 UFV et de 0,12 UFL par kg de MS. La valeur énergétique de Ptu<sub>1c1</sub> et Ptu<sub>2c1</sub> est améliorée de 0,19 UFV et 0,18 UFL par kg de MS, valeurs comparables entre les deux traitements (tableau 2). Les valeurs de Ptu<sub>2</sub> sont proches de celles rapportées par CIHEAM (1990) avec 0,41 UFV et 0,52 UFL par kg de MS de paille traitée à l'urée ; celles de Ptu<sub>1c1</sub> et Ptu<sub>2c1</sub> se situent légèrement au-dessus des valeurs énergétiques d'un foin de

vesce-avoine observées par Houmani (1998a), soit 0,55 contre 0,53 UFV et 0,65 contre 0,62 UFL par kg de MS.

L'amélioration de la valeur azotée exprimée en PDIN par kg de 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 2). 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  $Ptu_{2c_1}$  avec 36,1 g/kg MS est du 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 récolté en Algérie (Houmani, 1998a).

## 2.4. Résultats observés avec les béliers et les brebis

### 2.4.1. 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  $P^{0,75}$  respectivement avec les brebis et les béliers (tableau 3). Cette ingestion est élevée comparée celle notée avec les moutons (test de digestibilité *in vivo*) avec seulement 36,5 g MS/kg  $P^{0,75}$ . 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 de 47,5% avec les brebis. Le traitement de la paille 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 36,9% 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.

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 (tableau 4).

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 99,6% (tableau 4).

### 2.4.2. 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 raison des apports nutritifs insuffisants

Tableau 3. Caractéristiques des rations ingérées par les béliers et les brebis.

Catégories animales	Béliers à l'entretien			Brebis taries		
	Pnt	Ptu <sub>2</sub>	Ptu <sub>1c1</sub>	Pnt	Ptu <sub>2</sub>	Ptu <sub>1c1</sub>
Lots	1	2	3	1	2	3
Ingestibilité des pailles						
g MS/j/tête	905,8 ± 6,8 c	1233,5 ± 9,7 b	1311,2 ± 10,2 a	860,7 ± 5,0 c	1287,1 ± 3,1 a	1230,0 ± 6,8 b
g MS par kg P <sup>0,75</sup>	51,1 ± 1,7 c	66,4 ± 1,5 b	70,9 ± 1,3 a	52,2 ± 1,6 c	76,9 ± 1,4 a	73,3 ± 1,9 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	44,10	69,30	74,40	41,92	68,90	69,86

Pnt : Paille non traitée ; Ptu<sub>2</sub>: Paille traitée avec 50g d'urée ; Ptu<sub>1c1</sub>: paille traitée avec 25 g d'urée + 5 g d'hydroxyde de calcium ; PV : poids vif ; UFL : unité fourragère lait ; UFV : unité fourragère viande ; PDIN : protéines digestibles dans l'intestin grâce à l'azote disponible ; PDIE : protéines digestible dans l'intestin grâce à l'énergie disponible ; Sur une même ligne, les valeurs portant un même indice, sont comparables au seuil de 5 %.

(tableau 4). Le gain de poids vif le plus élevé est observé chez les béliers recevant la paille Ptu<sub>1c1</sub> (26 g/j) et le plus faible chez ceux recevant la paille Ptu<sub>2</sub> (14 g/j). Les brebis recevant la paille Ptu<sub>2</sub> perdent un peu de poids vif (5 g/j) ; cette perte de poids vif ne peut être justifiée que par une mauvaise utilisation des éléments nutritifs apportés en excès par rapport aux besoins. Celles recevant la paille Ptu<sub>1c1</sub> ne changent pas de poids malgré un excédent énergétique de près de 44% et un faible déficit azoté (0,4%). Ainsi, l'on peut dire que les béliers semblent transformer les pailles

Ptu<sub>2</sub> et Ptu<sub>1c1</sub> beaucoup plus efficacement que les brebis. En effet, une ingestion de paille Ptu<sub>2</sub> plus élevée chez les brebis entraîne une perte de poids vif alors que chez les béliers une ingestion de paille inférieure entraîne un peu de gain de poids vif (avec la Ptu<sub>2</sub>, 76,9 g MS ingérée/kg P<sup>0,75</sup> entraîne une perte de poids vif de 5 g/j avec les brebis alors qu'une ingestion de 66,4 g MS/kg P<sup>0,75</sup> de la même paille entraîne un GMQ de 14 g avec les béliers). De même, une ingestion de Ptu<sub>1c1</sub> comparable permet aux brebis de maintenir leur poids vif alors que les béliers réalisent un GMQ de 26 g

Tableau 4. Résultats observés avec les béliers et les brebis.

Catégorie animales	Béliers à l'entretien			Brebis taries		
	Pnt	Ptu <sub>2</sub>	Ptu <sub>1c1</sub>	Pnt	Ptu <sub>2</sub>	Ptu <sub>1c1</sub>
Lots	1	2	3	1	2	3
Poids vif initial (kg)	46,5±1,2 a	47,1±1,5 a	46,2±1,4 a	43,8±0,7 a	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±1,3 b	41,9±0,9 b	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
Pertes et gains de poids vif (g/j)	29	14	26	- 19	- 5	0,0
Besoins nutritifs des animaux						
UFV	0,60	0,64	0,63			
UFL				0,55	0,55	0,55
PDI (g)	51,1	51,6	51,1	44,7	44,7	44,6
Apports nutritifs de la ration						
UFV	0,32	0,57	0,72			
UFL				0,40	0,72	0,79
PDI (g)	18,84	56,80	47,30	17,90	56,40	44,40
Différences apports / besoins nutritifs (%)						
UFV	- 46,7	- 10,9	+ 14,3			
UFL				- 27,3	+ 30,9	+ 43,6
PDI	- 63,1	+ 9,1	- 7,4	- 59,9	+ 26,2	- 0,4

Pnt : paille non traitée ; Ptu<sub>2</sub> : paille traitée avec 50g d'urée ; Ptu<sub>1c1</sub> : paille traitée avec 25g d'urée + 5g d'hydroxyde de calcium ; UFL : unité fourragère lait ; UFV : unité fourragère viande ; PDIN : protéines digestibles dans l'intestin grâce à l'azote disponible ; PDIE : protéines digestible dans l'intestin grâce à l'énergie disponible ; Sur une même ligne, les valeurs portant un même indice, sont comparables au seuil de 5%.

(tableau 4). La mesure du bilan azoté (non effectuée) aurait permis d'expliquer le devenir de l'azote ingéré, particulièrement avec la paille traitée à l'urée + Ca(OH)<sub>2</sub>.

## CONCLUSION

L'ajout de 5 à 10 g de Ca(OH)<sub>2</sub> améliore le taux d'azote uréique fixé par la paille, davantage avec la dose de 25 g qu'avec 50 g d'urée par kg de MS. La digestibilité de la matière organique de la paille traitée à 25 g d'urée + 5 g de Ca(OH)<sub>2</sub> 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)<sub>2</sub>. La paille traitée à l'urée + Ca(OH)<sub>2</sub> est mieux ingérée (+ 80,5%) que la paille traitée à la même dose d'urée (+ 18,8%) comparée à la paille non traitée. La paille traitée à l'urée + Ca(OH)<sub>2</sub>

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)<sub>2</sub> par kg de MS.

La réduction de la dose d'urée dans le traitement des pailles grâce à l'ajout partiel de Ca(OH)<sub>2</sub> pourrait constituer un facteur encourageant l'adoption du traitement par les éleveurs des pays importateur 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)<sub>2</sub> 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 (Association of official Analytical Chemists), 1975. Official Methods of Analysis, 12th edition. Washington D.C., USA.

Bui van chinh, Le Viet Ly, Nguyen Huu Tao, and Pham Van Thin, 1994. Ammoniated rice straw or untreated straw supplemented with a molasses-urea block for growing eatle 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 J.M., 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., 41,153-167.

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 per-

tes de produits volatils. Rev. De l'Agriculture Landbouwtijdsschrift 44, 973-982.

Chermiti A., Nefzaoui A., Teller E., Vanbelle M., Ferchichi H., Rokbani N., 1996. Prediction of the voluntary intake of low-quality roughages by sheep from chemical composition and ruminal degradation characteristics. Anim. Sci. 62, 57-61.

CIHEAM-IAMZ, 1990. Tableaux de la valeur alimentaire pour les ruminants des fourrages et sous-produits d'origine méditerranéenne. (Alibes X. et Tisserand J.L ed.) Options méditerranéennes, Série B. Etudes et Recherches, n° 4, 137p.

Dolberg F., Saadullah M., Haque M., Ahmed R., 1981. Storage of urea - treated straw using indigenous materiel. World Anim. Rev., 38, 37-41.

Houmani M., 1997. Influence de la couverture des meules dans le traitement des pailles à l'urée. Fourrages 150, 235-243.

Houmani M., 1998a. Amélioration de la valeur alimentaire du foin de vesce-avoine par le traitement à l'urée. Fourrages 154, 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 du blé sur sa digestibilité et sur la croissance d'agneaux. Ann. Zootech. 47, 197-205.

Houmani M., Bellal M. Tisserand J.L., 2001. Effets des saisons d'été et d'hiver sur l'efficacité de la paille de blé dur traitée à

- l'urée. Recherche Agronomique (Inra Algérie), juin 2001 p. 59-68.
- 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 Doctorat. Université Blaise Pascal, UER Sciences Clermont II, 117p.
- SAS User's Guide: Statistics - Statistical Analysis System Institut, Cary, NC. 584p.
- Tilley J.M.A., Terry R.A., 1963. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. J.Br. Grassl. Soc. 18, 104 - 111.
- Wanapat M., Sriwattanasombat S., Chanthai S., 1985. The utilization 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 : proceeding of the Internal. 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., Brewer 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. 11, 103-113.
- Xandé A., 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., 27, 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, 3 (3), 237-248.