

EFFET DE LA DUREE DE STOCKAGE SUR LA VALEUR ALIMENTAIRE DE LA PAILLE TRAITEE A L'UREE

Reçu le 18/03/2001 – Accepté le 15/09/2002

Résumé

L'étude de l'effet de la durée de stockage sur la valeur alimentaire de la paille traitée à l'urée montre que:

- les teneurs en constituants pariétaux ne sont pas affectées (25.0, 24.6, 25.4 et 26.2% respectivement au premier, deuxième, quatrième et sixième mois de stockage).
- la teneur en azote diminue au cours du stockage et particulièrement à partir de la troisième période de mesure.
- L'ingestibilité de la paille chez les ovins diminue fortement à partir du sixième mois de stockage. Elle s'établit à 61.88, 70.31, 76.67 et 58.67 g/j/kg P^{0.75} respectivement au premier, deuxième, quatrième et sixième mois de stockage.
- La digestibilité de la matière organique n'est pas modifiée (en moyenne 55% pour les 4 périodes de mesure).
- La digestibilité des matières azotées est affectée à partir du sixième mois de stockage.
- Quelque soit la durée de stockage, la paille traitée à l'urée couvre largement les besoins d'entretien des ovins. Au delà de 4 mois de stockage, la valeur azotée est affectée.

Mots clés: paille, traitement, urée, stockage, ingestibilité, digestibilité, ovin.

Abstract

Study of the effect of storage on the nutritive value of treated straw shows that:

- The storage does not affect the plant cell wall (25.0, 24.6, 25.4 and 26.2 % respectively at the first, second, third and last period of storage).
- The nitrogen concentrations decreased at the third period of storage.
- The storage duration of straw affects the intake which decreases at the last period of storage. The intake varies from 61.88 at the first period of storage to 70.31, 76.23 and 58.67 L/d/Bw^{0.75} respectively at the second, third and last period of storage.
- The digestibility of organic matter is not affected by the length of storage (55% for all the period of storage).
- From the sixth month, digestibility of total nitrogen had been modified by the storage.
- Whatever the storage duration, the supply of treated straw covers all energetic needs of sheep. Beyond four months of storage, the level of nitrogen was reduced.

Key words: straw, treatment, urea, storage, ingestibility, digestibility, sheep.

H. YAKHLEF

S. TRIKI

F. EL-HANI

Institut National Agronomique

El-Harrach

16200 Alger, Algérie

ملخص

إن دراسة تأثير مدة التخزين على القيمة الغذائية للقش المعالج بالبول تبين ما يلي:
- إن محتويات المكونات الجدارية العظمية غير مؤثرة (25.0، 24.6، 26.2%)، خاصة في الشهر الأول والثاني والرابع والسادس من التخزين.
- كما أن محتوى الأزوت ينخفض خلال التخزين وخاصة ابتداء من المرحلة الثالثة من الكيل.
- إن عدم قابلية للقش عند الغنم تنخفض بقوة ابتداء من الشهر السادس للتخزين. فهي تتراوح ما بين: 61.88، 70.31، 76.23، و 58.67 غ اليوم 1 كلغ P^{0.75} خاصة عند الشهر الأول والثاني والرابع والسادس للتخزين.
- إن عملية الهضم للمادة العضوية غير معدل (بمعدل 55% للمراحل الأربعة من الكيل)
- توجه عملية الهضم للمواد الأزوتية ابتداء من الشهر السادس للتخزين
- مهما كانت مدة التخزين للقش المعالج بالبول، فإنها تغطي احتياجات صيانة الغنم. وعند الشهر الرابع للتخزين تقدم القيمة الأزوتية.
الكلمات المفتاحية: القش، المعالجة، البول، التخزين، عدم قابلية الهضم، عملية الهضم، الغنم.

Un mélange de paille et de solution d'urée, hermétiquement conservé à des températures adéquates, génère, grâce à l'uréase présente dans la paille [25] et à l'activité uréolytique des bactéries [26], de l'ammoniac qui effectuera le traitement (alcalin) en diffusant progressivement dans la masse de fourrage.

C'est ainsi que le traitement des pailles de céréales à l'urée et leur utilisation, particulièrement en périodes difficiles, ont connu un succès grandissant dans de nombreux pays au cours de ces dernières années [7]. Ceci est dû en particulier à l'augmentation de la digestibilité et surtout à celle des quantités volontairement ingérées [2, 23].

En Algérie où les périodes de difficultés alimentaires apparaissent surtout en automne et en hiver, la généralisation de la technique de traitement des pailles dont la production annuelle peut atteindre 3.5 millions de tonnes [14] peut constituer une voie prometteuse pour y faire face. Sur le plan technique et économique, il serait plus intéressant de traiter la paille aussitôt après sa récolte car cette dernière, de prix intéressant, est abondante et les conditions climatiques (température) sont favorables à la transformation de l'urée en ammoniac. Il s'agit donc de constituer en été des stocks de paille traitée qui seront utilisés en période de soudure. Cependant, très peu de travaux ont été réalisés pour déterminer la durée pendant

	MS	% MS					
		MM	MO	MAT	CB	CUD MO %	CUD MAT %
78% d'orge + 20% de farine animale	89.1	42.2	95.3	20.2	6.54	83.5	67.1

Tableau 1: Composition chimique et coefficient d'utilisation digestive de la matière organique et des matières azotées du concentré.

Légende : MS : matière sèche ; MM : matières minérales ; MO : matière organique ; MAT : matières azotées totales ; CB : cellulose brute ; CUD : coefficient d'utilisation digestive.

laquelle il est possible de conserver l'amélioration acquise suite au traitement.

L'objet de cette étude réalisée au Département de Zootechnie de l'Institut National Agronomique est de rapporter les résultats d'un essai entrepris dans le but d'évaluer l'effet de la durée de stockage sur la valeur alimentaire de la paille de blé traitée à l'urée en été.

MATERIEL ET METHODES

Traitement de la paille à l'urée

Le traitement des pailles à l'urée, classiquement utilisée comme engrais (46N) et source génératrice d'ammoniac est une technique simple et facilement maîtrisable par le paysan [7].

La méthode de traitement utilisée consiste à disposer un premier lit de 14 bottes de paille sur une feuille de plastique noire. Le deuxième lit qui lui est superposé est aspergé avec une solution d'urée à l'aide d'arrosoirs manuels. Le troisième lit n'est pas aspergé ; le quatrième et dernier lit est obligatoirement aspergé. Ainsi, une rangée non aspergée est toujours située entre 2 rangées aspergées.

L'opération achevée, la meule est couverte par une feuille de plastique noire débordante et enterrée tout autour pour assurer l'étanchéité de l'enceinte.

Conditions de traitement

Le traitement à l'urée est effectué avec 7 kg d'urée dans 20 litres d'eau de robinet pour 100 kg de paille. La température ambiante moyenne durant le traitement a été de 26°C. La durée de confinement est de 2 mois, du 13 juillet au 10 octobre 1998.

A l'ouverture des meules, les bottes de paille sont aérées pendant 48 heures puis des échantillons homogènes de 15 bottes sont constitués à l'abri de la pluie, sans couverture. Avant les mesures de l'ingestibilité et de la digestibilité, les 15 bottes sont bien mélangées pour homogénéiser la paille.

Mesure de la digestibilité de la paille

La digestibilité *in vivo* a été mesurée sur 4 moutons non castrés, de race Ouled Djellal pesant 40 kg, placés dans des cages à métabolisme. Les mesures ont été effectuées successivement au premier, deuxième, quatrième et sixième mois de stockage de la paille traitée.

Les animaux ont reçu une complémentation en concentré (78% d'orge broyée et 22% de farine animale, sous-produit d'abattoir). La composition chimique et la

valeur nutritive du concentré utilisé sont consignées dans le tableau 1.

La paille a été distribuée à volonté (10 à 15% de refus) en 2 repas par jour à 9 h et 16 h alors que le concentré a été offert à raison de 200 g/j/animal en 1 seul repas.

Les quantités de paille distribuées et refusées ainsi que les quantités de fèces excrétées sont pesées, séchées et conservées par mouton pendant les 10 jours de mesure.

Analyses chimiques

Les teneurs en matière sèche, en cellulose brute, en matières azotées totales et en matières minérales ont été déterminées selon les méthodes de l'AOAC [3].

Les parois totales ont été déterminées selon les techniques de Van Soest et Wine [24].

L'azote résiduel de chaque constituant pariétal (NDF, ADF et lignine) est estimé selon la méthode de Kjeldhal puis rapporté en pour cent de l'azote de l'échantillon.

Les calculs

L'ingestibilité est calculée selon la formule suivante : Quantité de matière sèche ingérée (QMSI) (g) = quantité de matière sèche distribuée (QMSD) (g) – quantité de matière sèche refusée (QMSR) (g). Elle est exprimée par gramme de matière sèche par jour par animal et par gramme de matière sèche par jour par kilogramme de poids métabolique.

Le coefficient d'utilisation digestive (CUD) apparent de la matière organique de la ration totale est déterminé selon l'expression :

$$CUD \text{ apparent (\%)} = \frac{\text{quantité ingérée (g)} - \text{quantité excrétée (g)}}{\text{quantité ingérée (g)}} \times 100$$

Le coefficient d'utilisation digestive apparent de la matière organique et des matières azotées de la paille seule est calculé par différence selon l'expression :

$$CUD \text{ apparent (\%)} = \frac{\text{ingéré paille (g)} - (\text{excrété total (g)} + \text{non digéré concentré (g)})}{\text{ingéré paille (g)}} \times 100$$

Le niveau alimentaire énergétique (Nae) est calculé en considérant les besoins d'entretien équivalents à 23 g de matières organiques digestibles ingérées (MODI) (g/j/kg. P^{0,75}) [16].

$$Nae = \frac{\text{quantité de MODI (g/j/kg P}^{0,75}\text{)}}{23}$$

Le niveau alimentaire azoté (NaN) est calculé en considérant les besoins d'entretien équivalents à 2,52 g de matières azotées digestibles ingérées (MADI) (g/j/kg P^{0,75}) [16].

$$NaN = \frac{\text{quantité de MADI (g/j/kg P}^{0,75}\text{)}}{2,52}$$

Les résultats obtenus ont été testés par la méthode de comparaison des moyennes (test de Student) en considérant les variations égales.

	PNT	PTUE			
		I (0 mois)	II (2 mois)	III (4 mois)	IV (6 mois)
Matière sèche	90.23 ± 0.05	80.90 ± 0.12	81.51 ± 0.25	84.09 ± 0.13	82.78 ± 0.05
Matière organique	80.94 ± 0.09	83.88 ± 0.09	83.88 ± 0.1	84.39 ± 0.08	85.42 ± 0.23
Matières minérales	8.92 ± 0.14	7.67 ± 0.10	7.08 ± 0.80	7.14 ± 0.15	7.74 ± 0.03
Cellulose brute	41.35 ± 0.13	41.01 ± 0.25	41.08 ± 0.18	39.69 ± 0.11	39.11 ± 0.20
Matières azotées totales	5.19 ± 0.16 a	15.94 ± 0.18 ab	15.63 ± 0.16 ab	13.63 ± 0.60 abc	9.38 ± 0.09 abcd
NDF	85.46 ± 0.60 a	80.03 ± 1.04 ab	78.85 ± 1.25 a	79.56 ± 1.11 a	80.53 ± 1.06 a
ADF	52.75 ± 0.80 a	54.31 ± 0.92 ab	54.42 ± 1.02 ab	54.86 ± 1.14 ab	56.53 ± 0.96 ab
Hémicellulose	32.80 ± 0.30 a	25.00 ± 1.82 ab	24.68 ± 0.98 ab	25.53 ± 1.44 ab	26.23 ± 1.07 ab
Cellulose	44.59 ± 0.60 a	44.57 ± 1.02 a	46.68 ± 1.01 ab	44.50 ± 0.96 a	51.2 ± 1.14 abc
Lignine	7.83 ± 0.18 a	8.63 ± 0.01 a	7.91 ± 0.07 a	8.34 ± 0.47 a	9.22 ± 0.52 a
Nf/ Na (%)		53.75			

Tableau 2 : Composition chimique des pailles (en %).

Légende : Sur une même ligne, les valeurs qui diffèrent entre elles par au moins une lettre sont statistiquement significatives (test de Student P < 0.05); PNT : paille non traitée; PTUE : paille traitée en été; NDF : neutral detergent fiber; ADF : acid detergent fiber; Nf : azote fixé; Na : azote absorbé; I II, III, IV: correspondent à la 1^{ère}, 2^{ème}, 3^{ème} et 4^{ème} période de stockage.

sèches volontairement ingérées de la paille seule entre le premier et le quatrième mois de stockage, celles-ci enregistrent une diminution significative au sixième mois de stockage. Les valeurs observées au deuxième et au quatrième mois (70.3 contre 76.2 g MSI/kgP^{0.75}) sont statistiquement comparables (Tab. 3).

Effet de la durée de stockage sur la digestibilité de la paille

Le stockage n'affecte pas la digestibilité de la matière organique (dMO) de la paille traitée à l'urée (PTU). Les valeurs enregistrées aux 4 périodes de mesure sont comparables (Tab. 3).

La teneur en matières azotées totales (dMAT) de la paille traitée à l'urée (PTU) a été augmentée de 6 points entre le premier mois et le deuxième mois de stockage pour ensuite diminuer de 7.6 points au quatrième mois de stockage.

RESULTATS

Composition chimique des pailles

La teneur en matière sèche de la paille non traitée est de 90.2% alors que celle de la paille traitée est descendue à 81%, soit une diminution de 9.3 points. Ceci s'est traduit par une diminution de la teneur en NDF d'environ 5.4 points pour la paille traitée à l'urée (PTU). Cette teneur en NDF reste stable durant les six mois de stockage de la paille (Tab. 2).

Le traitement à l'urée a diminué la teneur en hémicelluloses de 8 points. Cette teneur n'est pas affectée par le stockage (Tab. 2). Les teneurs en MAT ont été augmentées de 10.7 points avec la paille traitée à l'urée (PTU), soit un taux de fixation d'azote de 53.7%. Les teneurs en MAT de la paille traitée à l'urée (PTU) restent inchangées au cours des deux premiers mois de stockage alors qu'elles diminuent de 2 et 6.2 points respectivement au quatrième et au sixième mois de stockage (Tab. 2).

Effet de la durée de stockage sur l'ingestion des pailles

Après une augmentation significative des quantités de matières

Durée de stockage	I (0 mois)	II (2 mois)	III (4 mois)	IV (6 mois)
Ingestibilité (g/ kg P ^{0.75})				
Ration	76.17 ± 10.72	78.78 ± 5.54	87.39 ± 1.32	70.19 ± 8.68
Paille seule	61.88 ± 15.25 a	70.31 ± 4.52 ab	76.23 ± 1.82 ab	58.67 ± 8.78 abc
Digestibilité (%)				
dMO de la ration	59.55 ± 3.29	59.56 ± 3.64	59.76 ± 5.61	61.35 ± 1.39
Paille seule				
dMO	54.09 ± 4.09 a	55.32 ± 3.80 a	55.40 ± 7.19 a	55.42 ± 3.13 a
dMAT	54.13 ± 5.90 a	60.59 ± 1.13 ab	52.99 ± 6.37 ab	13.68 ± 2.83 abc
MAND g / kg MS	7.31	6.16	6.41	8.31

Tableau 3: Effet de la durée de stockage sur l'ingestibilité et la digestibilité de la paille traitée à l'urée

Légende : Sur une même ligne, les valeurs qui diffèrent entre elles par au moins une lettre sont statistiquement significatives (test de Student p < 0.05); I,II,III,IV : correspondent à la 1^{ère}, 2^{ème}, 3^{ème} et 4^{ème} période de mesure; dMO : digestibilité de la matière organique; dMAT : digestibilité des matières azotées totales; MAND : matières azotées non digestibles.

Durée de stockage	MODI (g /kg P ^{0.75})	Niveau alimentaire énergétique	MADI (g /kg P ^{0.75})	Niveau alimentaire azoté
I (0 mois)	28.29 ± 7.56	1.22 ± 0.32 a	5.25 ± 2.11	2.08 ± 0.84 a
II (2 mois)	29.61 ± 6.11	1.29 ± 0.27 a	6.07 ± 1.17	2.41 ± 0.47 a
III (4 mois)	28.46 ± 3.64	1.24 ± 0.16 a	5.62 ± 0.63	2.23 ± 0.25 a
IV (6 mois)	27.68 ± 4.84	1.27 ± 0.13 a	0.70 ± 0.09	0.28 ± 0.04 ab

Tableau 4: Effet de la durée de stockage sur la valeur énergétique et azotée de la paille.

Légende : Sur une même colonne, pour chaque période de stockage, les valeurs qui diffèrent entre elles par au moins une lettre sont statistiquement significatives (Test de Student P < 0.05); I,II,III,IV : correspondent à la 1^{ère}, 2^{ème}, 3^{ème} et 4^{ème} période de mesure; MODI : matière organique digestible ingérée; MADI : matières azotées digestibles ingérées.

La diminution la plus remarquable (39 points) est observée au sixième mois de stockage (Tab. 3).

Les quantités de matières azotées non digestibles (MAND) générées par l'ingestion de la paille sont comparables durant les quatre périodes de mesure (Tab. 3).

Effet de la durée de stockage sur la valeur azotée et énergétique de la paille

Les niveaux alimentaires énergétiques observés au cours des 4 périodes de mesures sont comparables avec respectivement 1.22 ; 1.29 ; 1.24 et 1.27. En revanche, les niveaux alimentaires azotés, comparables de la première à la troisième période de mesure (respectivement 2.08 ; 2.41 et 2.23) diminuent significativement à la quatrième période pour s'établir à 0.28 (Tab. 4).

DISCUSSION

La diminution de la matière sèche des pailles traitées est attendue. Elle est en rapport avec l'addition d'eau au moment du traitement. En effet, la teneur en MS de la paille est dans l'ensemble d'autant moins élevée que la quantité d'eau servant à dissoudre l'urée est élevée [17, 8].

Le traitement à l'urée ne semble pas avoir de répercussions notables sur les teneurs en cellulose.

La teneur en MAT de la paille non traitée (PNT) (5.19%) est élevée par rapport à celle relevée habituellement en Algérie (3.78% \pm 1.28 sur 36 valeurs répertoriées dans la littérature). La présence d'adventices, d'épis et de graines pourrait être à l'origine de cette différence. Les teneurs en azote des pailles traitées à l'urée ont été multipliées par 3 par rapport à la paille témoin. Des résultats analogues ont été mentionnés suite à un traitement à l'urée. Houmani [14], tout en notant une augmentation de 7.5 points, indique que le traitement à l'urée améliore la teneur en azote de la paille de 5 à 9 fois suivant les paramètres de traitement. Srairi [22] rapporte, pour sa part, une augmentation de 9 points.

Le taux de fixation d'azote est supérieur à celui rapporté par Houmani [15]. Cette notion d'azote fixé sur la paille après traitement à l'urée reste à l'heure actuelle matière à discussion puisqu'elle varie du simple au triple selon les auteurs. Elle est de 58% selon Lawlor et O'shea [18], de 44% selon Hadjipanayiotou [12], de 16 à 40% selon Dulphy et al. [10] et de 18 à 32% selon Masson et al. [20]. Cette variabilité pourrait s'expliquer par le temps de traitement, le taux d'humidité [6] et la teneur des pailles en azote avant le traitement [27].

La stabilité relative de la teneur en NDF de la paille traitée à l'urée (PTU) observée après 6 mois de stockage de la paille est en accord avec les résultats rapportés par Gordon et Chesson [11] et Mira et Kay [21] pour la paille traitée à l'ammoniac. En effet, ces auteurs n'indiquent pas de changement dans les constituants pariétaux après une durée de stockage de 112 jours. La diminution de la teneur en MAT de la paille traitée à l'urée (PTU) après 2 mois de stockage est également rapportée par Lawlor et O'shea [18], Hartfied et Ali [13] et Chesson [9]. Gordon et Chesson [11] signalent une perte de la teneur en azote de 10% après 112 jours de stockage de la paille traitée à

l'ammoniac.

La diminution des quantités volontairement ingérées de paille traitée à partir du quatrième mois de stockage est probablement liée à la perte d'azote occasionnée par le stockage. En effet, la teneur des échantillons de paille en MAT au premier, deuxième, quatrième et sixième mois de stockage est respectivement de 15.94, 15.13, 13.63 et 9.38 g dans 100g de MS. Mac Dearnid et al. [11] et Abdouli [1] rapportent, pour leur part, une diminution de l'ingestion de la paille traitée à partir de 12 mois de stockage.

L'absence d'influence du stockage sur la digestibilité de la matière organique de la paille seule observée pour la paille traitée à l'urée (PTU) est conforme aux résultats de Lawlor et O'shea [18] et Hartfied et Ali [13] qui ne notent aucune modification de la digestibilité de la matière organique de la paille traitée à l'ammoniac après respectivement 56 et 170 jours de stockage.

La digestibilité des matières azotées de la PTU aux 3 premières périodes de mesure est comparable à celles couramment rapportées, soit une moyenne de 57.9 ± 11.0 sur 14 valeurs répertoriées dans la littérature ; les valeurs extrêmes étant de 32.5% [5] et de 68.7% [4]. Par contre, celle observée à la quatrième période est nettement plus faible. La teneur en matières azotées non digestibles est donc plus élevée au sixième mois de stockage.

Le niveau énergétique, comparable quelque soit la durée de stockage, couvre largement les besoins d'entretien. La diminution significative du niveau azoté, plus particulièrement après 4 mois de stockage, pourrait s'expliquer par la réduction de la teneur en azote de la paille traitée puisque, selon Chenost et Kayouli [7], une partie seulement de l'ammoniac est solidement fixée, l'autre, étant labile, a tendance à « quitter » le fourrage.

CONCLUSION

Les corps alcalins générés par le traitement à l'urée provoquent une désorganisation de la paroi végétale. Celle-ci affecte plus particulièrement les hémicelluloses (25 contre 33% pour la PNT).

L'augmentation de la teneur en azote des pailles traitées à l'urée constitue, au plan de la composition chimique, la conséquence la plus importante. La fixation de l'azote sur les résidus pariétaux augmente avec la teneur en MAT des échantillons. Le stockage n'affecte pas la teneur en constituants pariétaux de la paille traitée à l'urée. Par contre, la teneur en azote de la paille traitée est affectée mais plus particulièrement à partir du quatrième mois de stockage.

Après six mois de stockage de la paille traitée, aucun effet négatif n'est observé sur la digestibilité de la matière organique, ce qui conduit à un niveau alimentaire énergétique couvrant largement les besoins d'entretien des animaux. Par contre, un effet négatif à partir du sixième mois est observé sur les quantités de matières sèches ingérées et sur la digestibilité des matières azotées totales. La conséquence en est une diminution significative du niveau alimentaire azoté puisqu'au sixième mois de stockage, il est comparable à celui permis par la paille non

traitée (0.28).

En définitive, il apparaît qu'il est possible de stocker la paille traitée à l'urée pendant 4 mois. Au-delà, la valeur alimentaire est sensiblement détériorée au sixième mois de stockage.

REFERENCES

- [1]- Abdouli H., "Effet de la durée de stockage sur la valeur alimentaire des pailles traitées", Rapport annuel du projet STD paille, (1992), 7 p.
- [2]- Alibes Y., Munoz F., Faci R., "Treated straw for animal feeding. Some results of the Mediterranean area", OECD. Wortshop, GRI. U.K., (1983), pp. 15-17.
- [3]- AOAC., "Official methods of analysis", 12 edn. Washington, DC, (1975).
- [4]- Bensalem H., Nefzaoui A., Rokbane N., "Up grading of sorghum stover anhydrous ammonia or urea treatment", *Anim. Feed. Sci. Tech.*, 48, (1994), pp. 15-26.
- [5]- Boever J.L., Cottyn B.C., Brabander D., "Traitement de la paille. 3- Effet de l'urée sur la composition, la digestibilité et la valeur alimentaire", *Revue de l'agriculture*, 2 (40), (1987), pp. 375-383.
- [6]- Borhami B.E.A., Sundstol F., "Studies on ammonia treated straw : 1-The effect of type and level of ammonia, moisture content and time on the digestibility « in vitro » and enzyme soluble organic matter of oat straw", *Anim. Feed. Sci. Tech.*, 1, (1982), pp. 45-51.
- [7]- Chenost M., Kayouli C., "Utilisation des fourrages grossiers en régions chaudes", *Etudes FAO.*, (1997), 224 p.
- [8]- Chermiti A., Nefzaoui A., Cordesse R., "Paramètres d'uréolyse et digestibilité de la paille traitée à l'urée", *Ann. Zootech.*, 38, (1989), pp. 63-72.
- [9]- Chesson A., "Effects of sodium hydroxide on cereal straws in relation to the enhanced degradation of structural polysaccharide by rumen microorganisms", *J. Sci. Food. Agric.*, 32, (1981), pp. 745-758.
- [10]- Dulphy J.P., Boissaw J. M., LE Blanc F., "Influence du traitement à l'ammoniac sur la valeur alimentaire des pailles distribuées à des génisses", *Bull. Techno.*, CRZV. INRA, 55, (1984), pp. 25-32.
- [11]- Gordon A.H., Chesson A., "The effect of prolonged storage on the digestibility and nitrogen content of ammonia treatment barley straw", *Anim. Feed. Sci. Tech.*, 8, (1983), pp. 147-153.
- [12]- Hadjipanayiotou M., "The effect of ammonia using urea on intake and nutritive value of chopped barley straw", *Grass Forage. Sci.*, 37, (1982), pp. 89-93.
- [13]- Hartfied W., Ali A., "Untersuchungen über den strohanfshluss mittels ammoniak stark wasser", *Landwirtsch. Forsh.*, 36, (1979), pp. 285-291.
- [14]- Houmani M., "Effet comparé de l'aspersion mécanique de l'urée en solution sur andin au champ et manuelle sur bottes pour le traitement de la paille de blé sur sa digestibilité et sur la croissance d'agneaux", *Ann. Zootechn.*, 47 (3), (1998), pp. 197-205.
- [15]- Houmani M., "Valorisation des pailles algériennes par traitement technologique dans l'alimentation du cheptel", Thèse de Doctorat en Sciences Agronomiques, I.N.A., El-harrach, (1998), 155p.
- [16]- INRA., "Les fourrages secs : récolte, traitement, utilisation", Ed. INRA, Paris, France, (1987), 471 p.
- [17]- Jewell S.N., Campling R.C., "Aqueous ammonia treatment of wheat straw: voluntary intake and digestibility in cattle", *Anim. Feed. Sci. Tech.*, 14, (1986), pp. 81-93.
- [18]- Lawlor G., O'shea J., "The effect of ammoniation on the intake and nutritive value of straw", *Anim. Feed. Sci. Tech.*, 4, (1979), pp. 169-175.
- [19]- Mac Dearnid A., Williams P.E.V., Innes G.M., "A comparison under temperate conditions of nutritive value of straw for cattle following treatment using either ammonia from urea or via direct injection", *Anim. Prod.*, 46, (1988), pp. 379-385.
- [20]- Masson V.C., Hartley R.D., Keen A.S., Collby J.M., "The effect of ammoniation on the nutritive value of wheat, barley and oat straw. 1- Changes in chemical composition in relation of digestibility in vitro and cell wall degradability", *Anim. feed. Sci. Tech.*, 19, (1988), pp. 157-171.
- [21]- Mira J.J.F., Kay M., "Treatment of barley straw with urea or anhydrous ammonia for growing cattle", *Anim. Prod.*, 36, (1987), pp. 271-275.
- [22]- Srairi M.T., "Alimentation de brebis allaitantes avec des rations à base de paille: Effet du complément azoté", *Revue Elev. Med. Vét. Pays trop.*, 51 (1), (1998), pp. 47-54.
- [23]- Sundstol F., Owen E., Ed., "Straw and other products as feed", Elsevier, Amsterdam, (1984), 604 pp.
- [24]- Van-Soest P.J., Wine R.N., "Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV-Determination of plant cell-wall constituents", *J. Ass. Off. Agric. Chem.*, 50, (1967), pp.50-55.
- [25]- Williams P.E.V., Innes G.H., Brewer A., "Ammonia treatment of straw via the hydrolysis of urea. 1- Effects of dry matter and urea concentrations on the rate of hydrolysis of urea", *Animal. Feed. Sci. Technol.* 11, (1984), pp. 103-113.
- [26]- Yameogo-Bougouma V., Cordesse R., Arneaud A., Inesta M., "Identification de l'origine des uréases impliquées dans le traitement de la paille de blé dur à l'urée et caractérisation de la flore microbienne présente. *Ann. Zootech.* 42, (1993), pp. 37-39.
- [27]- Yarko-Badohu D.K., Kayouli C., Ba, A.A., Gasmî A., "Valorisation des pailles de céréales en alimentation des ovins dans le nord de la Tunisie . 1- Traitement aux alcali (ammoniac/urée). 2- Complémentation par des blocs (mélasse/urée)", *Livestock Research For Rural Development*, 5(1), (1993), pp. 1-10. □