

Institut National Agronomique d'El Harrach (Alger)
Présentée en vue de l'obtention du grade de magister en sciences agronomiques
Option : Sciences animales

***Formes et répartition de l'azote dans
une meule de paille traitée à l'urée par la
méthode de l'alternance de l'arrosage des
lits***

Par
Melle CHIBANI Chafia

Directeur de thèse : M^{me} CHABACA R. Maître de conférence. INA. El Harrach
Juin 2007

Jury: Président: M^r BELLAL M. Professeur. INA. El Harrach Examineurs : M^r TRIKI S. Maître de
conférence. INA. El Harrach M^r YAKHLEF H. Maître de conférence. INA. El Harrach M^{me} GAOUAS-
MEGUEZZI Y. Chargée de cours ENV. El Harrach

Table des matières

Dédicace . . .	5
Remerciements . . .	6
Résumé . . .	7
Summary . . .	8
ص خ لم . . .	9
Introduction . . .	10
1. Paramètres de traitement des pailles à l'urée . . .	11
1.1. La dose d'urée . . .	11
1.2. L'addition d'une source d'uréases . . .	11
1.3. La température . . .	11
1.4. La durée de traitement . . .	11
1.5. L'humidité . . .	11
1.6. La qualité initiale du fourrage . . .	11
1.7. Aspects pratiques de la réussite du traitement . . .	11
2. Différentes formes d'azote dans les pailles traitées à l'urée . . .	12
3. Valeur alimentaire des pailles traitées à l'urée . . .	13
Conclusion et problématique . . .	13
Matériel et méthodes . . .	14
1. Paille . . .	14
1.1. Traitement à l'ammoniac . . .	14
1.2. Traitement à l'urée . . .	15
2. Ouverture de la meule et échantillonnage . . .	16
3. Préparation des échantillons pour analyse . . .	18
3.1. Paille traitée à l'ammoniac . . .	18
3.2. Paille traitée à l'urée . . .	18
4. Mesure de la digestibilité « <i>In Vitro</i> » selon Tilley et Terry . . .	18
4.1. Mode opératoire . . .	18
4.2. Mode de calcul . . .	19
5.1. Composition chimique et les constituants pariétaux . . .	19
5.2. Dosage des différentes formes d'azote . . .	20
5.3. Traitement des résultats . . .	21
Résultatset discussion . . .	21
1. Composition chimique des différents lits de paille et des points de prélèvement . . .	22
* Analyse globale de la MS des quatre lits de paille . . .	22
* Analyse globale de la teneur en MAT des quatre lits de paille . . .	22
* Effet de l'arrosage ou non des lits de paille sur la composition chimique . . .	22
Conclusion . . .	23
2. Solubilité de l'azote selon différentes méthodes . . .	24
2.1. Solubilité de l'azote dans le détergent neutre . . .	24
2.2. Solubilité dans le tampon Durand et dans l'eau . . .	25

Conclusion . .	26
3. L'azote ammoniacal et l'azote uréique des échantillons de la meule . .	27
4. Différentes expressions de l'azote des pailles . .	28
Azote fixé sur NDF noté fraction 1 . .	28
Azote soluble Durand (NSD) – Azote ammoniacal paille (N-NH3 P) . .	28
Conclusion . .	29
5. Signification nutritionnelle des différentes fractions d'azote . .	29
6. Digestibilité « In Vitro » des différentes pailles . .	30
CONCLUSION GENERALE . .	33
Références bibliographiques . .	34
Annexes . .	43
Annexe 1. Composition chimique des pailles de céréales . .	44
Annexe 2. Valeur alimentaire des pailles de céréales. . .	44
Annexe 3. Les différents traitements améliorant la valeur alimentaire des pailles. . .	45
Annexe 3 (suite). Les différents traitements améliorant la valeur alimentaire des pailles. . .	46
Annexe 4. Composition chimique des pailles traitées à l'ammoniac. . .	47
Annexe 5. Paramètres de traitement des pailles à l'urée. . .	48
Annexe 6. Les différentes sources d'uréases dans la nature D'après MOBLEY et HAUSINGER (1989) ; BENTALEB (1990) ; SIRKO et BRODZIK (2000) . .	49
Annexe 7. Effet du traitement à l'urée sur l'enrichissement des pailles en azote. . .	50
Annexe 8. Formes d'azote dans les pailles traitées à l'urée. . .	51
Annexe 9. La composition de la salive artificielle Mc Dougall (Pour un litre de solution mère) . .	52
Annexe 10. La composition de la solution d'oligoéléments. . .	52
Annexe 11. Composition de la solution tampon (g / l) (DURAND, 1978) . .	52
Annexe 12. Les différentes formes d'azote des différents échantillons de paille . .	52

Dédicace

Je dédis ce travail à toute ma famille et à tous mes amis (es)

Remerciements

Au terme de ce travail mené au département de zootechnie de l'INA, je tiens à remercier :

Monsieur **M. BELLAL**, Professeur à l'INA d'El Harrach, pour avoir accepté de présider ce jury, je lui exprime toute ma reconnaissance.

Madame **R. CHABACA**, Maître de conférence à l'INA d'El Harrach, pour m'avoir confié ce travail.

Ses orientations, ses conseils ainsi que son aide et patience m'ont permis de mener à bien cette thèse.

Qu'elle retrouve ici, mon profond respect et ma parfaite considération.

Monsieur **S. TRIKI** et Monsieur **H. YAKHLEF**, Maîtres de conférence à l'INA d'El Harrach, pour avoir bien voulu participer à l'appréciation de ce travail. Je leur dois toute ma reconnaissance.

Madame **Y. GAOUAS-MEGUEZZI**, Chargée de cours à l'ENV d'El Harrach, d'avoir accepté d'examiner ce travail. Je lui dois tout mon respect.

Mes remerciements vont également à tous ceux qui m'ont aidé durant mon expérimentation. Ainsi que Aami **CHAABANE**, le bibliothécaire du département de Zootechnie pour son grand aide, je lui dois tout mon respect.

Résumé

Nous avons recherché les différentes formes d'azote et leur répartition dans une meule de paille de blé traitée à l'urée (PTU) par la méthode de l'arrosage alterné des lits à raison de 20 % d'humidité, 7 % d'urée pendant 75 jours, en période estivale.

28 échantillons sont prélevés à raison de 7 par lit : (*a1 à a7 ; b1 à b7 ; c1 à c7 et d1 à d7*). Un témoin (PTNH₃) avec la même paille est constitué (3.5 % NH₃, 35 °C et 45 jours).

Nous avons évalué pour chaque point de prélèvement, en plus de l'analyse fourragère, les formes d'azote : azote total (NT), l'azote soluble dans NDF (NS-NDF), l'azote soluble Durand (NSD), l'azote soluble dans l'eau (NSE), l'azote ammoniacal (N-NH₃) et l'urée résiduelle (N uréique).

L'utilisation digestive de la MS des pailles est mesurée *In Vitro* par la méthode de TILLEY et TERRY (1963).

Il ressort qu'après traitement des pailles à l'urée, les MAT passent de 4.2 pour la paille non traitée à 19.7 pour les lits humidifiés (*LH*) et à 11.1 % pour les lits non humidifiés (*LNH*) similaire au témoin PTNH₃ (11.2 %).

L'azote des PTU est essentiellement sous forme soluble (80 %) quelque soit la procédure d'évaluation. La fraction ammoniacale de cet azote soluble (disponible instantanément en rumen) varie entre 5 et 12 % selon le lit considéré.

L'uréolyse est de 97 % sur l'ensemble de la meule, elle est reliée positivement à la teneur en azote des pailles.

La digestibilité de la MS est améliorée par le traitement à l'urée, avec un léger mieux pour les *LNH* (58 %) comparés aux *LH* (56 %).

L'analyse des données montre que la teneur en azote des pailles détermine la solubilité, la teneur en urée résiduelle et la dig *In Vitro* MS.

Mots clés :

Paille traitée ; solubilité de l'azote ; urée ; ammoniac ; digestibilité *In Vitro*.

Summary

We search for the various nitrogen shapes and their distribution in a stack of straw treated with urea (PTU) by the method of the alternate watering of the layers at a rate of 20 % of moisture, 7 % of urea during 75 days, in summer period. 28 samples are taken at the rate of 7 per layer: (a1 to a7; b1 to b7; c1 to c7 and d1 to d7). A witness (PTNH₃) with the same straw is made up (3.5 % NH₃, 35 °C and 45 days). We evaluated for each intake point, in addition to the fodder analysis, the nitrogen shapes: total nitrogen (TN), the soluble nitrogen in NDF (SN-NDF), the soluble nitrogen Durand (SND), the water soluble nitrogen (WSN), the ammoniacal nitrogen (NH₃-N) and the residual urea (ureic N). The digestive use of the dry matter of the straws is measured *In vitro* by the method of TILLEY and TERRY (1963). It arises that after treatment of the straws with urea, the total nitrogen pass from 4.2 for untreated straw to 19.7 for the humidified layers (*HL*) and 11.1 % for the layers not humidified (*NHL*) similar to witness PTNH₃ (11.2 %). The nitrogen of the straw treated with urea is primarily in soluble form (80 %) what ever the procedure of evaluation is and the ammoniacal fraction of this soluble nitrogen (available instantaneously in rumen) varies between 5 and 12 % according to the layer considered. The ureolysis is 97 % on the whole of the stack, it is related positively to the nitrogen content of the straws. The digestibility of the dry matter is improved by urea treatment, with light better for the *NHL* (58 %) compared with the *HL* (56 %). The analysis of the data shows that the nitrogen content of the straws determines solubility, the content of residual urea and dig *In vitro* of dry matter.

Treated straw; solubility of nitrogen; urea; ammonia; *In vitro* digestibility.

ص خ لم

أنواع الأزوت و توزيعه في كومة تبن معالجة بالبولية بطريقة الرش المتناوب لتطبيقات أجرينا بحثا حول أنواع الأزوت و توزيعها في كومة تبن معالجة بالبولية بطريقة الرش المتناوب لتطبيقات الكومة بنسبة رطوبة 20 %، 7 % من البولية لمدة 75 يوم من المعالجة في الفترة الصيفية.

28 عينة أخذت من الكومة بمقدار 7 عينات من كل طبقة (a1 إلى a7, b1 إلى b7, c1 إلى c7, d1 إلى d7).

عينة شاهد (PTNH₃) من نفس التبن تم معالجتها بالنشادر (3.5 % من النشادر, 35 °م لمدة 45 يوم).

هنا بتقدير، إضافة إلى التحليل الحفوية، أنواع الأزوت: الأزوت الكلي، الأزوت القابل للذوبان NDF، الأزوت القابل للذوبان في DURAND، الأزوت القابل للذوبان في الماء، الأزوت النشادرى و بقايا البولية.

تم الاستعمال الهضمي للمادة الجافة إصطناعيا () بطريقة: و (1963).

بعد معالجة التبن بالبولية، إرتفعت نسبة الأزوت الكلي من 4.2 للتبن الخبر المعالج إلى 19.7 للطبقات المبللة و 11.1 % للطبقات الخبر المبللة التى تتطابق مع الشاهد المعالج بالنشادر (11.2 %).

الأزوت الموجود في التبن المعالج بالبولية يذوب بنسبة 80 % و هذا مهما كانت الطريقة المستخدمة لتقييم ذوبانه. نسبة النشادر في الأزوت المذاب (المواد سريعة في المحدة) تتراوح ما بين 5 و 12 % حسب الطبقة.

نسبة تفكك البولية قدرت ب: 97 % لكل الكومة، وهي متناسبة إيجابيا مع الأزوت الكلي الموجود في عينات التبن.

هضم المادة الجافة تحسن بعد المعالجة بالبولية، مع تحسن طفيف للطبقات الخبر مبللة (58 %) مقارنة مع الطبقات المبللة () (56 %).

تحليل المعطبات بين أن كميات الأزوت الموجودة في عينات التبن تحدد نسبة الذوبان، كمية بقايا البولية و الهضم الاصطناعي () للمادة الجافة.

كلمات المفتاح: التبن المعالج، ذوبان الأزوت، البولية، النشادر، الهضم الاصطناعي () .

Introduction

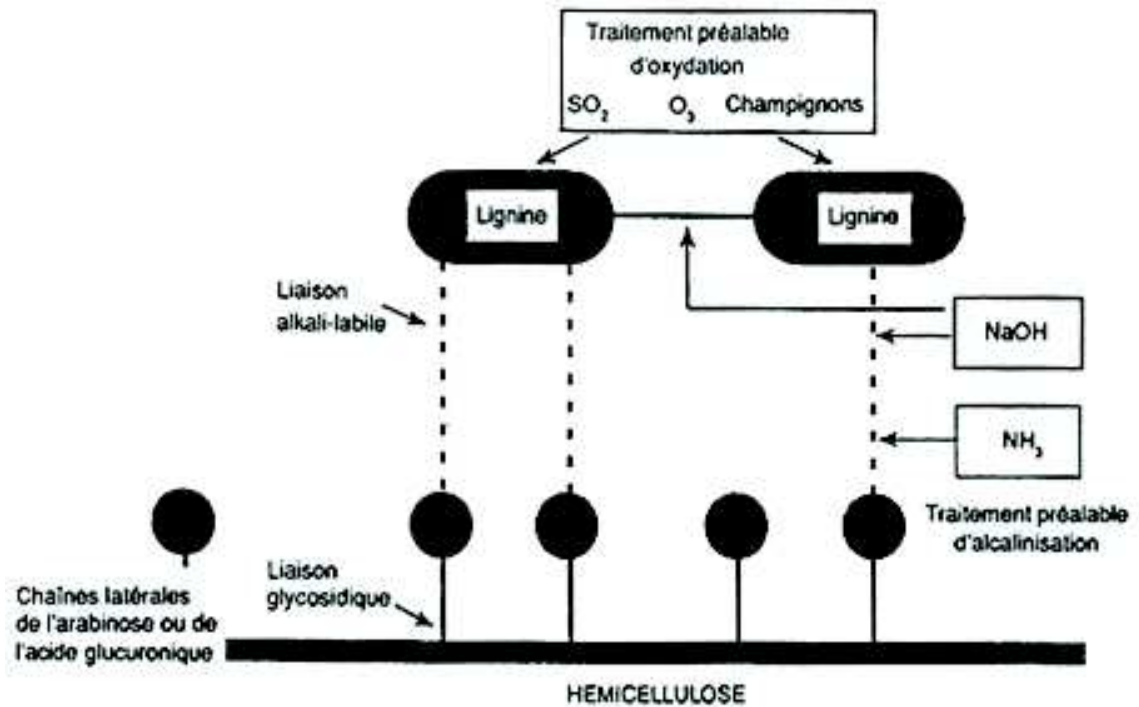


Figure 1. Effet du traitement à l'urée sur la paroi (LENG, 1993)

- Solubilisation des glucides pariétaux.
- Gonflement du matériel végétal en milieu aqueux, facilitant l'accès des microorganismes.
- Diminution de la résistance physique des parois.
- Enrichissement du fourrage en azote (CHENOST, 1994 ; CHENOST et KAYOULI, 1997).

1. Paramètres de traitement des pailles à l'urée

1.1. La dose d'urée

1.2. L'addition d'une source d'uréases

1.3. La température

1.4. La durée de traitement

1.5. L'humidité

1.6. La qualité initiale du fourrage

1.7. Aspects pratiques de la réussite du traitement

- Température supérieure à 25°C.
- Humidité de plus de 30 %.
- Durée comprise entre 40 à 60 jours.
- Dose d'urée de 6 %.

2. Différentes formes d'azote dans les pailles traitées à l'urée

3. Valeur alimentaire des pailles traitées à l'urée

Conclusion et problématique

- Il conditionne en grande partie l'uréolyse donc, le taux d'urée résiduelle et la qualité du traitement.
- Il doit être de 40 à 50 % P/V en absence d'une source d'uréase.
- Cette quantité importante d'eau occasionne un supplément de travail, des difficultés pour transporter la paille traitée et les pertes importantes de matières sèches.
- Enfin, l'eau est une denrée rare dans certaines régions ou pays et pourrait empêcher l'application de la méthode.

Matériel et méthodes

1. Paille

1.1. Traitement à l'ammoniac



Figure 2. Dispositif utilisé pour traiter en laboratoire la paille à l'ammoniac



Figure 3. Dispositif d'injection dans la paille de l'ammoniac



Figure 4. Paille traitée à l'ammoniac dans l'étuve réglée à 35°C

1.2. Traitement à l'urée

- 70 kg d'urée / tonne de paille.
- 200 l d'eau / tonne de paille.
- Pas de source d'uréases.



Figure 5. Meule de paille en cours de traitement

2. Ouverture de la meule et échantillonnage



Figure 6. Meule ouverte

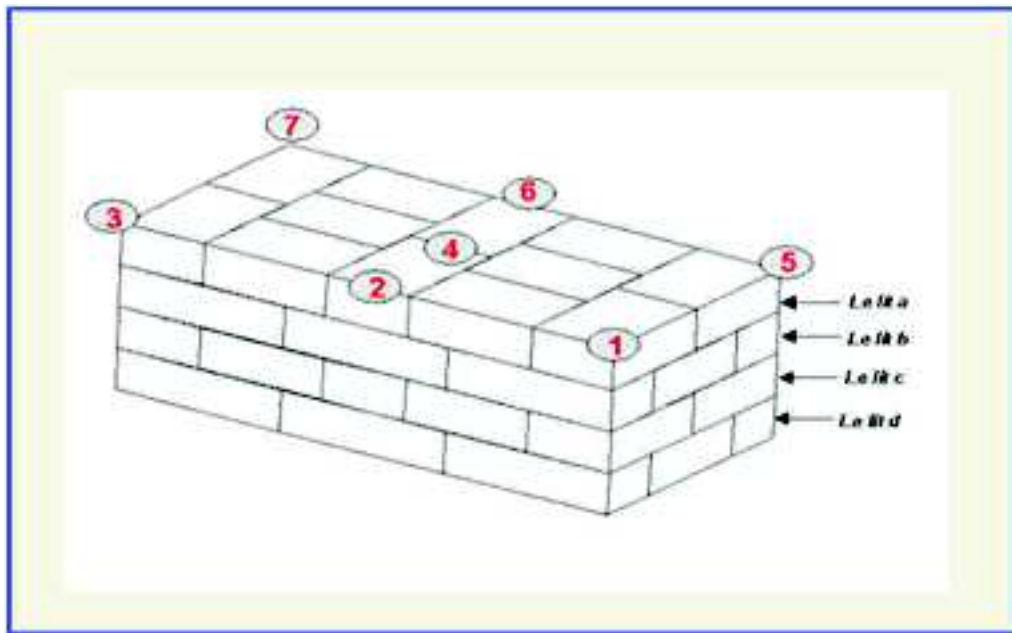


Schéma 1. Mode de prélèvement des échantillons à l'ouverture de la meule



Figure 7. Scènes de prélèvement d'échantillons

3. Préparation des échantillons pour analyse

3.1. Paille traitée à l'ammoniac

3.2. Paille traitée à l'urée

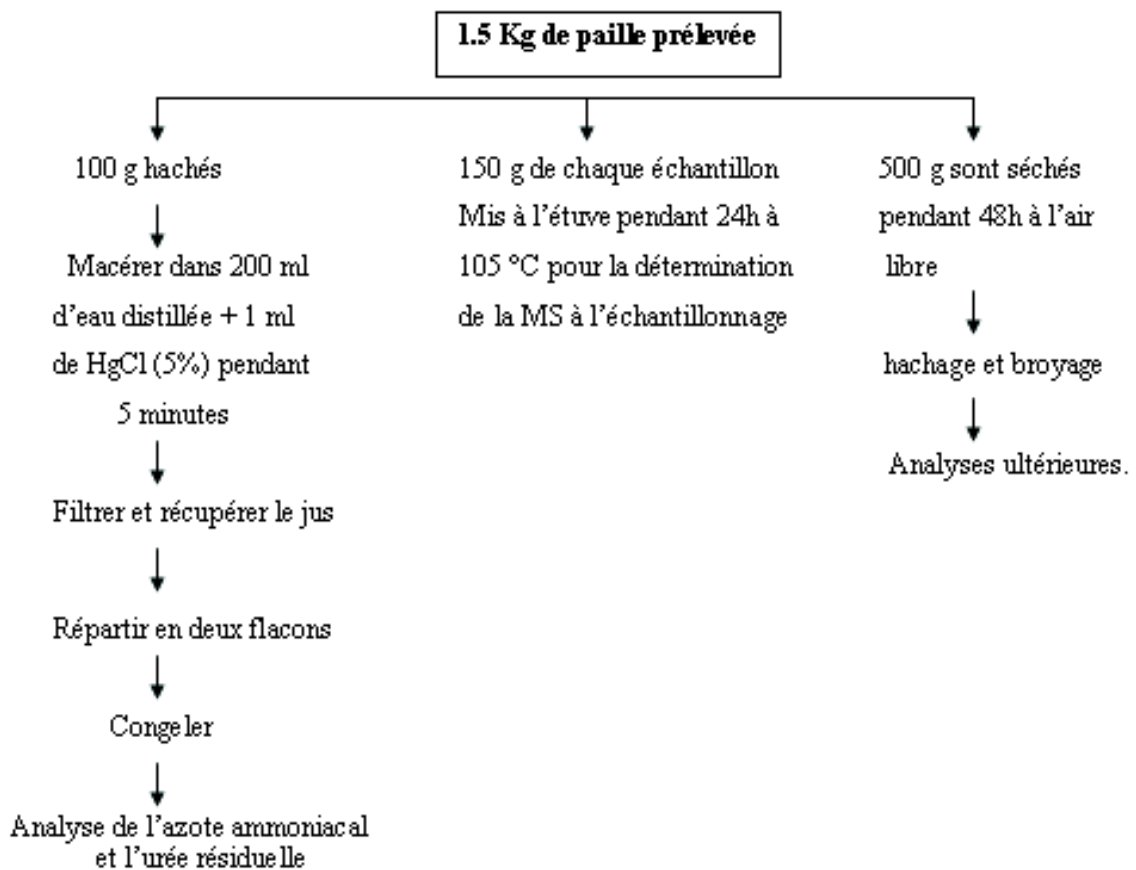


Schéma 2. Préparation des échantillons prélevés pour les analyses

4. Mesure de la digestibilité « *In Vitro* » selon Tilley et Terry

4.1. Mode opératoire



Figure 8. Tubes préparés, prêts à être incubés

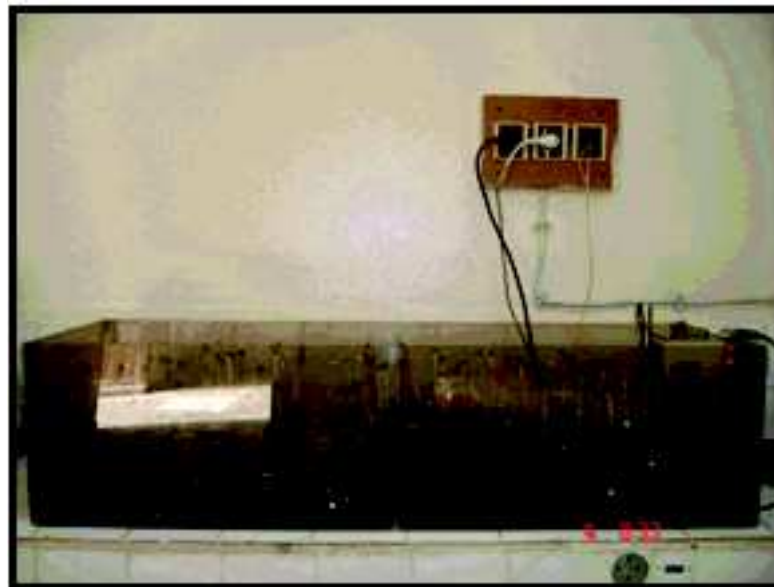


Figure 9. Tubes en incubation à 39 °C dans le bain-marie

4.2. Mode de calcul

$$\text{DigIVMS (\%)} = \frac{\text{MSI} - \text{MSR}}{\text{MSI}}$$

5.1. Composition chimique et les constituants pariétaux

5.2. Dosage des différentes formes d'azote

5.2.1. Azote fixé sur la fraction NDF

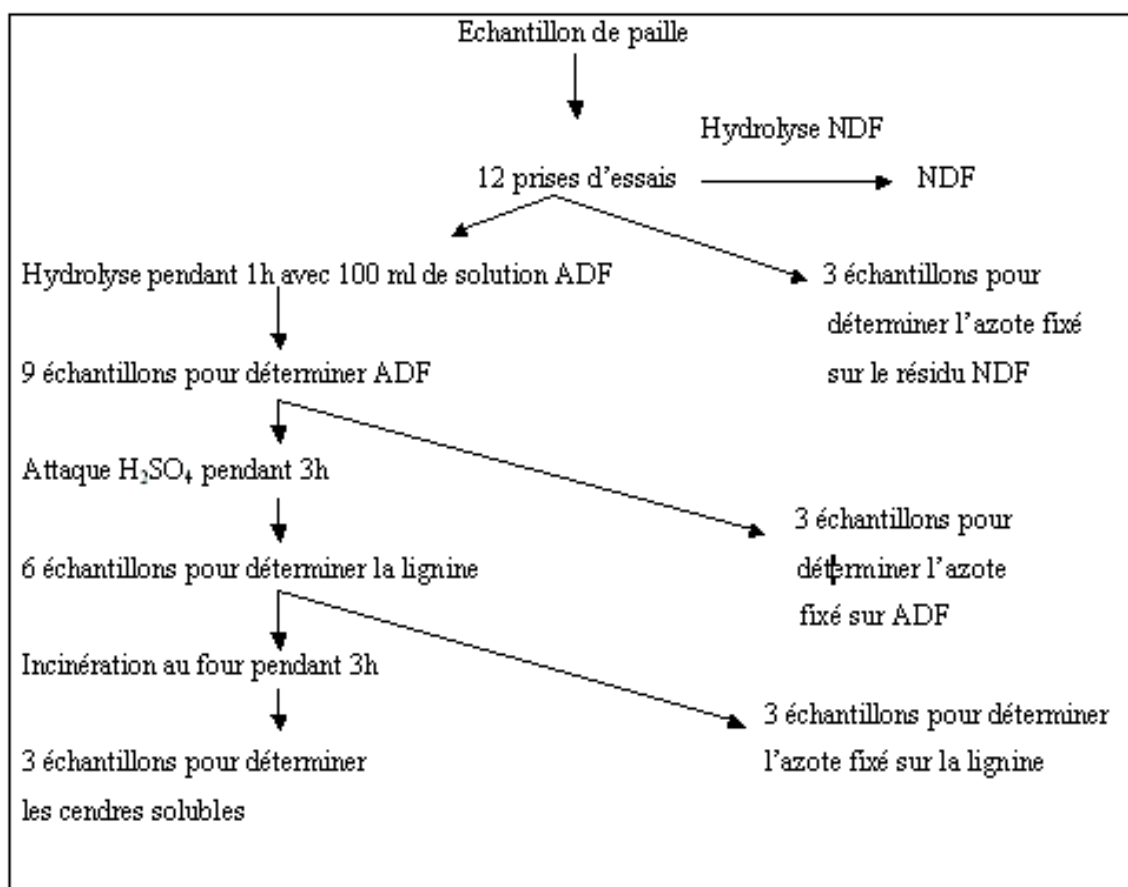


Schéma 3. Prises d'échantillons pour le dosage de l'azote résiduel de la paille

5.2.2. Azote soluble dans la solution NDF

5.2.3. Azote soluble dans une solution tampon

* Mode opératoire

$$\text{Azote soluble (\%)} = \frac{\text{Azote surnageant}}{\text{Azote total}} * 100$$

5.2.4. Azote soluble NDF – Azote soluble DURAND

5.2.5. Azote soluble DURAND – Azote ammoniacal paille (N-NH₃P)

5.2.6. Azote ammoniacal paille (N-NH₃paille)

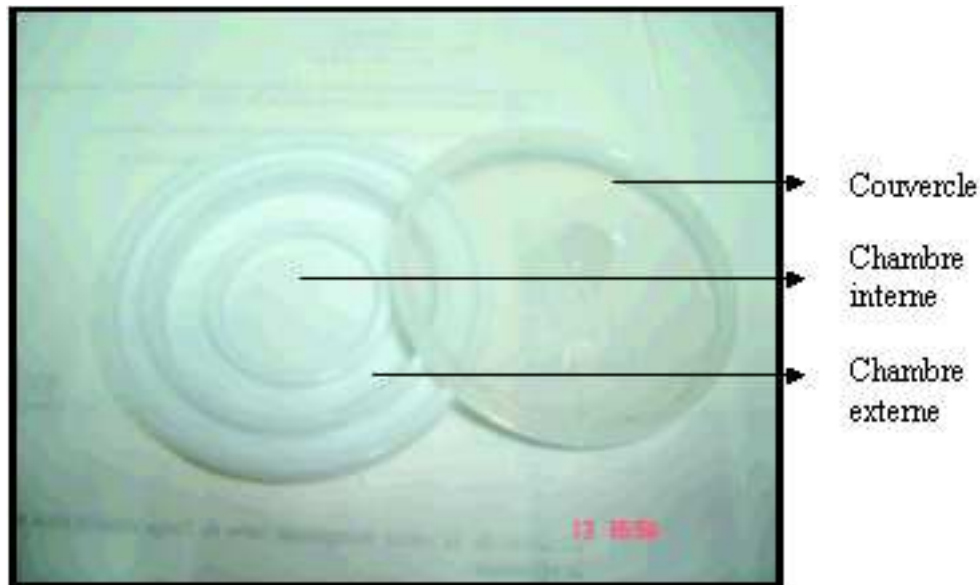


Figure 10. Présentation de la cellule de « CONWAY »

*Mode opératoire

- Mettre dans la chambre interne de la cellule 1 ml d'acide borique préparé selon la procédure classique.
- Dans la chambre externe 1ml de la solution à analyser (le filtrat), puis 1 ml de solution d'uréase 1% :
 - 80 mg d'uréases.
 - 10 ml d'eau distillée.
 - 1 ml de solution tampon (7.6 g de phosphate disodique et 2 g de phosphate monosodique dissous dans 100 ml d'eau distillée).

* Mode de calcul

- D.B : Descente de burette (ml)
- MS : Matière sèche (%)

5.2.7. Forme 7 = Azote uréique

5.3. Traitement des résultats

- D'analyse statistique élémentaires (moyenne, écart-type, minimum et maximum)
- D'analyse de la variance selon le model : $Y_{ij} = \mu + \alpha_i + e_{ij}$
- De comparaison de moyennes deux à deux par le test de Fisher.
- De calcul de régressions linéaires simples du 1^{er} et du 2^{ème} degré.

Résultatset discussion

1. Composition chimique des différents lits de paille et des points de prélèvement

* Analyse globale de la MS des quatre lits de paille

Lits	Echantillons	MS (%)	(% MS)					
			MO (% MS)	MM (% MS)	MAT (% MS)	NDF	ADF	ADL
Lit a	a1	90,74	93,54 ^{bc}	6,46 ^{bc}	25,95 ^b	81,40 ^f	50,89 ^c	9,36
	a2	87,12	92,52 ^a	7,47 ^d	9,85 ^a	73,86 ^{bc}	43,93 ^a	8,74
	a3	94,73	93,62 ^{bcd}	6,37 ^{abc}	33,34 ^c	72,73 ^b	41,76 ^a	8,87
	a4	49,84	94,35 ^d	5,65 ^a	17,90 ^{ab}	76,10 ^d	50,97 ^c	7,50
	a5	87,27	92,77 ^{ab}	7,23 ^{cd}	16,64 ^{ab}	78,50 ^e	51,14 ^c	8,10
	a6	76,59	94,60 ^{cd}	5,40 ^{ab}	12,77 ^a	75,43 ^{cd}	46,70 ^b	6,62
	a7	74,63	93,23 ^{ab}	6,77 ^{cd}	42,74 ^c	69,14 ^a	45,09 ^b	6,52
	Moyenne ± écart type	80,13 ± 15,19	93,45 ± 0,79	6,54 ± 0,79	21,79 ± 11,21	75,34 ± 4,35	47,64 ± 4,04	7,89 ± 2,47
	RSE	-	0,43	0,38	1,29	2,36	2,49	2,71
	R ²	-	0,74	0,737	0,855	0,724	0,656	0,176
p	-	*	*	**	**	**	NS	
Lit b	b1	89,18	93,88 ^d	6,12 ^b	13,76 ^d	66,29 ^a	36,92 ^a	3,66
	b2	88,09	94,32 ^d	5,74 ^a	7,70 ^a	77,60 ^c	46,08 ^b	5,45
	b3	88,45	93,08 ^{bc}	6,92 ^b	8,50 ^b	77,25 ^c	46,82 ^b	7,10
	b4	87,52	93,68 ^{cd}	6,32 ^e	15,89 ^e	73,70 ^b	47,64 ^b	4,79
	b5	86,79	92,42 ^b	7,67 ^a	7,56 ^a	80,58 ^d	51,78 ^d	6,06
	b6	83,73	93,81 ^{cd}	6,17 ^c	10,62 ^c	78,23 ^c	50,07 ^c	9,90
	b7	88,38	91,75 ^a	8,25 ^c	10,21 ^c	80,40 ^d	50,16 ^{cd}	6,33
	Moyenne ± écart type	87,45 ± 1,80	93,29 ± 0,92	6,73 ± 0,89	10,60 ± 3,02	76,29 ± 4,87	47,07 ± 4,88	6,25 ± 1,99
	RSE	-	0,72	0,21	0,43	1,55	1,72	0,72
	R ²	-	0,86	0,962	0,986	0,903	0,877	0,91
p	-	**	**	**	**	**	**	
Lit c	c1	87,44	93,58 ^b	6,42 ^c	27,56 ^d	80,07 ^c	48,97 ^c	4,85
	c2	89,65	93,07 ^a	6,94 ^d	8,60 ^a	76,76 ^e	47,60 ^d	5,11
	c3	88,21	93,26 ^{ab}	6,44 ^{cd}	19,92 ^c	58,90 ^a	39,42 ^a	8,42
	c4	86,28	93,29 ^{ab}	6,79 ^{cd}	16,03 ^b	64,56 ^b	41,93 ^b	7,78
	c5	88,61	95,14 ^d	4,86 ^a	10,14 ^a	79,39 ^f	51,54 ^e	8,10
	c6	85,37	93,43 ^{ab}	6,57 ^{cd}	9,91 ^a	79,78 ^f	53,62 ^f	6,62
	c7	83,54	94,21 ^c	5,79 ^b	31,35 ^e	73,57 ^d	44,70 ^c	5,95
	Moyenne ± écart type	87,01 ± 2,09	93,71 ± 0,72	6,25 ± 0,72	17,93 ± 8,82	72,19 ± 7,37	46,27 ± 4,93	6,65 ± 1,82
	RSE	-	0,27	0,29	1,21	1,17	1,40	1,29
	R ²	-	0,899	0,884	0,987	0,964	0,927	0,65
p	-	**	**	**	**	**	**	
Lit d	d1	88,18	90,83 ^a	9,17 ^d	8,47 ^b	75,20 ^b	48,95 ^d	5,29 ^{ab}
	d2	88,42	94,15 ^d	5,85 ^a	7,23 ^a	79,36 ^d	48,73 ^d	6,12 ^{bd}
	d3	89,51	93,30 ^c	6,70 ^b	16,06 ^d	76,84 ^c	45,00 ^b	6,02 ^{bc}
	d4	86,60	92,83 ^b	7,17 ^c	18,15 ^e	74,77 ^b	47,32 ^c	5,86 ^{ab}
	d5	87,35	94,08 ^d	5,92 ^a	5,97 ^a	82,53 ^e	51,99 ^e	6,83 ^c
	d6	84,29	94,08 ^d	5,92 ^a	10,92 ^c	77,05 ^c	49,38 ^d	8,51 ^d
	d7	85,59	92,37 ^b	7,45 ^c	14,98 ^d	73,12 ^a	43,41 ^a	5,01 ^a
	Moyenne ± écart type	87,13 ± 1,78	93,12 ± 1,17	6,88 ± 1,14	11,57 ± 4,57	76,98 ± 3,14	47,83 ± 2,83	6,24 ± 1,19
	RSE	-	0,17	0,21	0,57	1,14	0,93	0,52
	R ²	-	0,97	0,977	0,989	0,884	0,903	0,863
p	-	**	**	**	**	**	**	
PTNH ₃	96,91	93,57 ± 0,16	6,49 ± 0,15	11,23 ± 0,37	77,10 ± 0,95	50,47 ± 2,29	5,84 ± 0,99	
PNT	91,45 ± 0,04	93,21 ± 0,24	6,66 ± 0,24	4,25 ± 0,60	80,07 ± 1,52	48,97 ± 1,14	5,47 ± 0,75	

* : p < 0,05 ; ** : p < 0,0001 ; NS : non significatif (p > 0,05) ; R² : coefficient de détermination ; RSE : residual standard error (écart type résiduel). Dans la même colonne les valeurs affectées de lettres différentes sont significativement différentes.

Tableau 1. Composition chimique des échantillons de pailles des différents lits

* Analyse globale de la teneur en MAT des quatre lits de paille

* Effet de l'arrosage ou non des lits de paille sur la composition chimique

Lits	Paramètres statistiques	MS (%)	(% MS)					
			MO	MM	MAT	NDF	ADF	ADL
Lit humidifiés (a et c)	Moyenne ± écart type	83,57 ± 11,01	93,59 ± 0,76 ^a	6,39 ± 0,76 ^a	19,77 ± 10,08 ^b	73,76 ± 6,23 ^a	46,95 ± 4,53 ^a	7,25 ± 2,22 ^a
	Minimum	49,84	92,35	4,67	8,01	56,88	34,43	3,75
	Maximum	94,73	95,33	7,64	43,20	85,19	55,96	14,02
	RSE	-	0,36	0,34	1,25	1,86	2,02	2,10
	R ²	-	0,83	0,824	0,894	0,906	0,822	0,399
	p	-	**	**	**	**	**	NS
Lits non humidifiés (b et d)	Moyenne ± écart type	87,29 ± 1,73	93,20 ± 1,05 ^a	6,81 ± 1,08 ^a	11,09 ± 3,86 ^a	76,63 ± 4,10 ^a	47,45 ± 3,99 ^a	6,50 ± 2,28 ^a
	Minimum	83,73	90,51	5,69	5,62	62,61	35,18	2,45
	Maximum	89,51	94,98	9,49	18,29	83,74	53,93	16,87
	RSE	-	0,53	0,21	0,50	1,36	1,39	0,63
	R ²	-	0,928	0,971	0,988	0,898	0,884	0,89
	p	-	**	**	**	**	**	**
Lits humidifiés – Lits non humidifiés	Moyenne ± écart type	85,43 ± 7,96	93,40 ± 0,93	6,60 ± 0,92	15,32 ± 8,69	75,20 ± 5,46	47,20 ± 4,26	6,87 ± 2,27
	RSE	-	0,89	0,88	7,92	5,33	4,12	1,48
	R ²	0,153	0,059	0,063	0,260	0,049	0,003	0,131
	p	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS
PTNH ₃	Moyenne ± écart type	96,91	93,57 ± 0,16	6,44 ± 0,14	11,22 ± 0,36	77,10 ± 0,95	50,47 ± 2,29	5,84 ± 0,99
	Minimum	-	93,39	6,35	10,82	74,96	45,28	5,03
	Maximum	-	93,68	6,61	11,55	78,60	53,87	6,94

* : p < 0.05 ; ** : p < 0.0001 ; NS : non significatif (p > 0.05) ; R² : coefficient de détermination ; RSE : residual standard error (écart type résiduel). Dans la même colonne les valeurs affectées de lettres différentes sont significativement différentes (p < 0.05).

Tableau 2. Comparaison des lits humidifiés ou non sur la Composition chimique

- La proximité paille-ammoniac, où l'ammoniac est généré à la surface même de la paille.
- Le facteur humidité qui aurait joué un rôle prépondérant.
- La présence d'urée résiduelle est un facteur d'augmentation.

Conclusion

- Tout à fait logiquement, la teneur en MAT et en humidité des lits de pailles arrosées est plus élevée.
- La position du lit arrosé du haut de meule, semble influencer la composition chimique. Ce lit « a » en contact avec la bâche de couverture est le support de phénomènes de positionnement de l'air chargé d'ammoniac qui en se condensant provoque, une humidité élevée de ce lit et du même coup, une teneur en azote également élevée.

Formes et répartition de l'azote dans une meule de paille traitée à l'urée par la méthode de l'alternance de l'arrosage des lits

- Les bottes humidifiées jouent parfaitement leur rôle de sources d'ammoniac puisque les bottes non humidifiées ont une teneur en MAT comparable à celle d'une paille traitée à l'ammoniac.
- Les bottes arrosées présentent une très grande hétérogénéité de leur composition chimique notamment en NDF et surtout en MAT comparativement aux bottes non humidifiées.

2. Solubilité de l'azote selon différentes méthodes

2.1. Solubilité de l'azote dans le détergent neutre

Lits	Echantillons	NS NDF	NS ADF	NS ADL	NSD	NSE
Lit a	a1	88,45 ^a	89,89 ^a	92,68 ^a	86,69 ^{cd}	86,03 ^a
	a2	78,02 ^a	78,57 ^a	84,62 ^a	59,09 ^a	57,86 ^a
	a3	92,39 ^a	93,88 ^a	94,84 ^a	88,84 ^a	89,05 ^a
	a4	83,66 ^a	85,93 ^a	89,11 ^a	85,48 ^a	85,63 ^a
	a5	85,58 ^a	88,82 ^a	89,55 ^a	85,71 ^a	87,11 ^{cd}
	a6	77,21 ^a	83,64 ^a	84,12 ^a	81,08 ^b	79,21 ^b
	a7	93,92 ^a	94,16 ^a	96,14 ^a	94,41 ^a	93,48 ^a
	Moyenne ± écart type	85,60 ± 6,23	87,84 ± 5,35	90,14 ± 4,54	83,04 ± 10,90	82,62 ± 11,28
	RSE	0,89	0,69	1,02	1,24	0,97
	R ²	0,986	0,988	0,964	0,993	0,996
P	**	**	**	**	**	
Lit b	b1	79,39 ^a	86,07 ^a	88,33 ^a	73,16 ^{cd}	70,13 ^a
	b2	60,28 ^a	73,43 ^a	79,86 ^a	75,06 ^b	76,60 ^a
	b3	69,69 ^a	77,47 ^a	80,83 ^a	71,98 ^a	70,15 ^a
	b4	81,14 ^a	85,75 ^a	88,96 ^a	78,28 ^a	77,33 ^a
	b5	68,75 ^a	70,92 ^a	76,72 ^a	74,17 ^{cd}	69,15 ^a
	b6	68,32 ^a	75,78 ^a	80,52 ^a	75,21 ^b	73,28 ^b
	b7	72,11 ^a	79,48 ^a	85,55 ^a	81,57 ^a	81,29 ^a
	Moyenne ± écart type	71,37 ± 6,92	78,41 ± 5,56	82,96 ± 4,46	75,63 ± 3,24	73,99 ± 4,42
	RSE	1,93	0,95	0,73	1,08	0,80
	R ²	0,944	0,979	0,98	0,948	0,981
P	**	**	**	*	**	
Lit c	c1	93,20 ^a	97,30 ^a	97,90 ^a	87,02 ^d	86,78 ^a
	c2	86,11 ^a	91,97 ^a	95,77 ^{ab}	71,96 ^{cd}	70,88 ^a
	c3	90,04 ^a	95,33 ^a	97,80 ^a	78,96 ^a	76,78 ^b
	c4	90,05 ^a	95,59 ^a	96,57 ^{abc}	76,14 ^a	75,38 ^b
	c5	84,02 ^a	94,02 ^a	96,61 ^{abc}	68,20 ^a	70,11 ^a
	c6	89,74 ^a	92,26 ^a	95,38 ^a	75,70 ^{bc}	77,92 ^b
	c7	94,89 ^a	97,69 ^a	97,98 ^a	91,96 ^a	91,85 ^a
	Moyenne ± écart type	89,79 ± 3,69	94,87 ± 2,14	96,91 ± 1,24	78,56 ± 8,07	78,52 ± 7,79
	RSE	0,52	0,25	0,87	1,54	1,39
	R ²	0,986	0,992	0,627	0,979	0,981
P	**	**	*	**	**	
Lit d	d1	87,26 ^a	91,73 ^a	94,65 ^a	72,52 ^a	73,47 ^b
	d2	84,00 ^a	88,24 ^a	89,84 ^a	72,41 ^a	72,75 ^b
	d3	93,03 ^a	95,64 ^a	97,65 ^a	87,39 ^b	86,38 ^a
	d4	92,23 ^a	95,89 ^a	97,32 ^a	86,60 ^b	85,25 ^a
	d5	81,08 ^a	85,65 ^a	91,35 ^a	69,03 ^a	68,76 ^a
	d6	83,79 ^a	90,02 ^a	94,33 ^a	69,65 ^a	72,05 ^{cd}
	d7	91,19 ^a	95,61 ^a	97,41 ^a	84,39 ^b	84,67 ^a
	Moyenne ± écart type	87,51 ± 4,52	91,82 ± 3,93	94,65 ± 3,00	77,42 ± 8,04	77,61 ± 7,26
	RSE	0,74	0,89	0,68	1,51	1,45
	R ²	0,982	0,965	0,967	0,981	0,98
P	**	**	**	**	**	
PTNH	Moyenne ± écart type	85,57 ± 0,28	93,85 ± 0,51	94,07 ± 0,12	79,03 ± 0,61	73,08 ± 1,12
	Minimum	85,29	93,43	93,93	78,60	72,29
	Maximum	85,86	94,43	94,14	79,47	73,86

^a: p < 0,05 ; ^{ab}: p < 0,0001 ; NS : non significatif (p > 0,05) ; R² : coefficient de détermination ; RSE : residual standard error (écart type résiduel). Dans la même colonne les valeurs affectées de lettres différentes sont significativement différentes (p < 0,05).

Tableau 3. Solubilité de l'azote (% NT) selon différentes méthodes

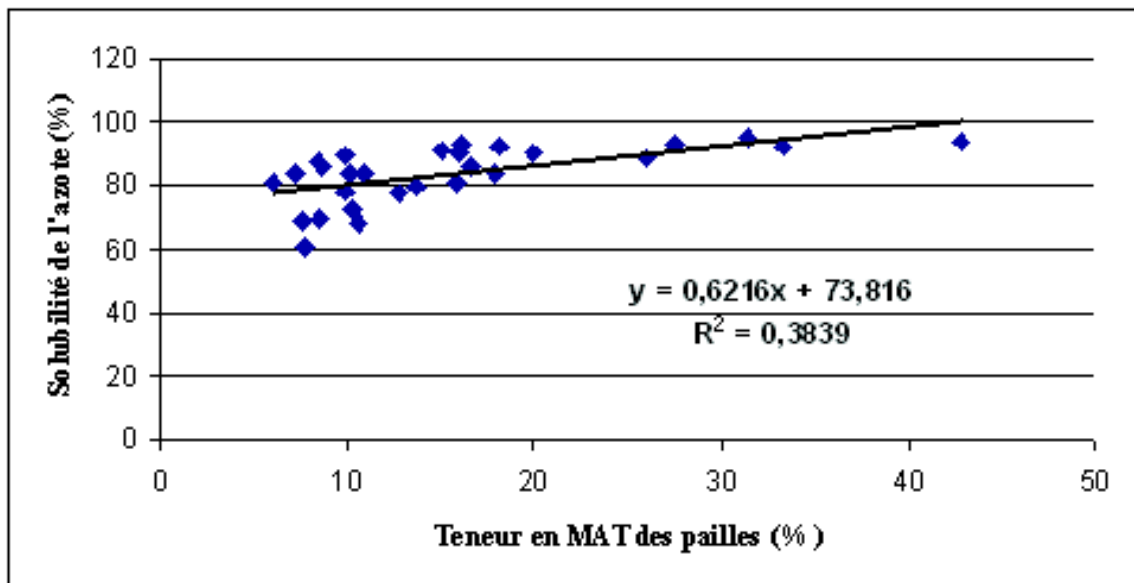


Figure 11. Relation entre la solubilité de l'azote dans NDF et la teneur en MAT des échantillons

2.2. Solubilité dans le tampon Durand et dans l'eau

Lits	Paramètres statistiques	NS NDF	NS ADF	NS ADL	NSD	NSE
Lits humidifiés (a et c)	Moyenne ± écart type	87,51 ± 5,48 ^b	91,36 ± 5,37 ^b	93,44 ± 5,37 ^a	80,8 ± 9,59 ^a	80,57 ± 9,74 ^a
	Minimum	76,10	77,75	82,69	58,88	57,66
	Maximum	95,56	97,82	98,48	94,44	93,91
	RSE	0,73	0,52	0,95	1,40	1,20
	R ²	0,988	0,994	0,972	0,989	0,992
	p	**	**	**	**	**
Lits non humidifiés (b et d)	Moyenne ± écart type	79,44 ± 9,99 ^a	85,12 ± 8,29 ^a	88,80 ± 7,00 ^a	76,53 ± 6,09 ^a	75,80 ± 6,18 ^a
	Minimum	56,62	68,96	75,94	68,89	67,81
	Maximum	93,47	96,28	97,99	87,88	86,50
	RSE	1,46	0,92	0,71	1,31	1,18
	R ²	0,986	0,992	0,993	0,979	0,981
	p	**	**	**	**	**
Lits humidifiés - Lits non humidifiés	Moyenne ± écart type	83,56 ± 9,06	88,24 ± 7,69	91,16 ± 6,43	78,67 ± 8,31	78,19 ± 8,47
	Minimum	60,28	70,92	76,72	59,09	57,86
	Maximum	94,89	97,69	97,98	94,41	93,48
	RSE	8,19	7,13	6,08	8,18	8,26
	R ²	0,213	0,171	0,138	0,068	0,082
	p	*	*	NS	NS	NS
PTNH ₃	Moyenne ± écart type	85,57 ± 0,28	93,85 ± 0,51	94,07 ± 0,12	79,03 ± 0,61	73,08 ± 1,12
	Minimum	85,29	93,43	93,93	78,60	72,29
	Maximum	85,86	94,43	94,14	79,47	73,86

* : p < 0.05 ; ** : p < 0.0001 ; NS : non significatif (p > 0.05) ; R² : coefficient de détermination ; RSE : residual standard error (écart type résiduel). Dans la même colonne les valeurs affectées de lettres différentes sont significativement différentes (p < 0.05).

Tableau 4. Solubilité de l'azote selon différentes méthodes pour les différents lits (% NT)

Conclusion

- L'azote apporté par la paille traitée à l'urée est faiblement fixé sur la paille puisque, il est extrait dans des proportions comparables par l'eau ou par ébullition dans une solution de détergent neutre.
- La quantité d'azote soluble extraite, est d'autant plus élevée que la teneur en azote de l'échantillon est élevée ; cette quantité représente environ 80% avec l'eau ou la solution Durand. On peut admettre que cette fraction est disponible pour l'animal.
- La solubilité de l'azote des pailles traitées à l'urée peut être déterminée simplement par de l'eau.
- Les lits non humidifiés se comportent comme la paille traitée à l'ammoniac.

3. L'azote ammoniacal et l'azote uréique des échantillons de la meule

Lits	Echantillons	(% azote total)			N uréique (% N traitement)
		N-NH ₃ Paille	N-NH ₃ Total	N uréique	
lit a	a1	2,41 ^a	3,94 ^a	1,53 ^a	1,83 ^a
	a2	8,08 ^c	19,18 ^c	11,10 ^b	19,54 ^b
	a3	2,16 ^a	4,87 ^a	2,71 ^a	3,08 ^a
	a4	41,55 ^f	40,89 ^d	0,00 ^a	0,00 ^a
	a5	10,20 ^d	11,07 ^b	0,88 ^a	1,18 ^a
	a6	12,70 ^e	12,68 ^b	0,00 ^a	0,00 ^a
	a7	3,45 ^b	3,60 ^a	0,15 ^a	0,17 ^a
	Moyenne ± écart type	12,38 ± 13,56	14,27 ± 12,99	2,00 ± 3,83	3,15 ± 6,73
	RSE	0,53	1,72	1,71	2,86
	R ²	0,999	0,987	0,851	0,865
p	**	**	**	**	
lit b	b1	5,62 ^b	6,26 ^b	0,64 ^a	0,93 ^a
	b2	5,60 ^b	8,49 ^d	2,89 ^b	6,46 ^b
	b3	7,00 ^d	12,91 ^e	5,91 ^c	11,82 ^c
	b4	2,92 ^a	3,15 ^a	0,24 ^e	0,33 ^a
	b5	8,06 ^e	8,62 ^d	1,76 ^a	4,03 ^a
	b6	5,87 ^{bc}	6,16 ^{bc}	0,63 ^a	1,05 ^a
	b7	6,09 ^c	6,82 ^c	0,73 ^a	1,25 ^a
	Moyenne ± écart type	5,87 ± 1,50	7,48 ± 2,90	1,68 ± 2,03	3,36 ± 3,85
	RSE	0,26	0,72	0,69	1,34
	R ²	0,976	0,965	0,937	0,933
p	**	**	**	**	
lit c	c1	3,47 ^b	5,05 ^a	1,58 ^c	1,87 ^a
	c2	3,59 ^b	3,54 ^a	0,00 ^{ab}	0,00 ^a
	c3	2,76 ^a	3,85 ^a	1,10 ^c	1,39 ^a
	c4	4,62 ^c	4,45 ^a	0,00 ^a	0,00 ^a
	c5	6,68 ^d	8,12 ^b	1,45 ^c	5,35 ^b
	c6	16,69 ^e	17,02 ^c	0,00 ^{ab}	0,00 ^a
	c7	3,72 ^b	4,06 ^a	0,49 ^b	0,39 ^a
	Moyenne ± écart type	5,90 ± 4,72	6,19 ± 4,18	0,71 ± 0,71	1,41 ± 2,62
	RSE	0,32	0,39	0,42	2,22
	R ²	0,996	0,804	0,772	0,448
p	**	**	**	*	
lit d	d1	6,48 ^c	9,23 ^c	2,75 ^c	5,33 ^c
	d2	8,28 ^d	8,15 ^{bc}	0,00 ^a	0,00 ^a
	d3	3,20 ^a	3,93 ^a	0,73 ^{ab}	0,98 ^{ab}
	d4	6,70 ^c	10,52 ^c	3,82 ^d	4,99 ^c
	d5	9,48 ^e	10,59 ^c	1,11 ^b	3,85 ^c
	d6	14,97 ^f	17,69 ^d	2,80 ^c	4,59 ^{bc}
	d7	5,21 ^b	5,94 ^{ab}	0,72 ^{ab}	1,01 ^{ab}
	Moyenne ± écart type	7,75 ± 3,55	9,12 ± 3,90	1,68 ± 1,39	2,87 ± 2,46
	RSE	0,22	3,39	0,74	1,65
	R ²	0,997	0,844	0,865	0,626
p	**	**	**	*	

* : p < 0,05 ; ** : p < 0,0001 ; NS : non significatif (p > 0,05) ; R² : coefficient de détermination ; RSE : residual standard error (écart type résiduel). Dans la même colonne les valeurs affectées de lettres différentes sont significativement différentes (p < 0,05).

Tableau 5. Azote ammoniacal et urée résiduelle des échantillons de paille (% NT)

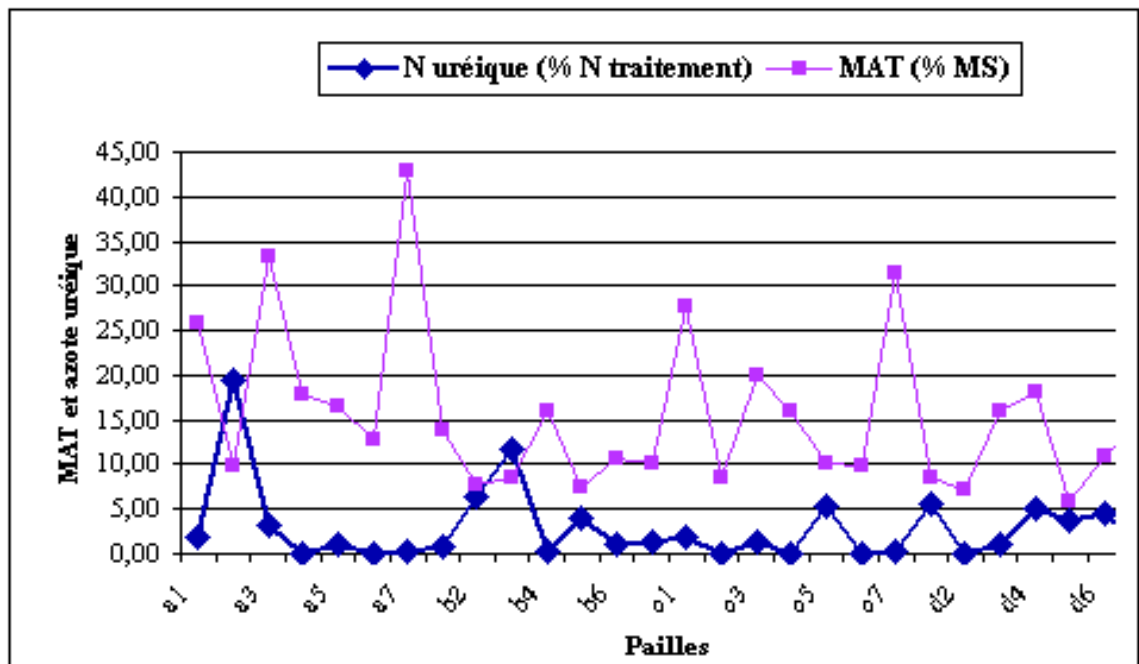


Figure 12. Correspondance entre teneur en MAT et azote uréique

- L'azote ammoniacal, est en très faible quantité dans l'extrait Durand, environ 8 %.
- En moyenne, l'uréolyse est quasi-totale : 97 %, positivement influencée par un taux d'humidité et une teneur en MAT élevés.

4. Différentes expressions de l'azote des pailles

Azote fixé sur NDF noté fraction 1

- Fraction 2
- Fraction 3
- Fraction 4
- Fraction 5
- Fraction 6

Azote soluble Durand (NSD) – Azote ammoniacal paille (N-NH₃ P)

- Fraction 7

Lits	Fractions						
	Fraction 1 N fixé sur NDF (% NT)	Fraction 2 N S NDF (%NT)	Fraction 3 NSD (% NT)	Fraction 4 N NH ₃ P (% NT)	Fraction 5 NS NDF- NSD (% NT)	Fraction 6 NSD - NNH ₃ P (% NT)	Fraction 7 N uréique (% NSD)
Lit a	14,36 ± 6,23	85,60 ± 6,23	83,04 ± 10,90	12,39 ± 13,56	2,56 ± 7,60	71,54 ± 18,16	3,02 ± 6,47
Lit b	28,66 ± 6,92	71,37 ± 6,92	75,63 ± 3,24	5,87 ± 1,50	"4,25" ± 7,19	69,75 ± 4,19	2,27 ± 2,82
Lit c	10,27 ± 3,58	89,79 ± 3,69	78,56 ± 8,07	5,90 ± 4,90	11,16 ± 4,81	72,63 ± 10,82	1,16 ± 2,28
Lit d	12,48 ± 4,52	87,51 ± 4,52	77,42 ± 8,04	7,75 ± 3,55	10,08 ± 3,97	69,67 ± 11,37	2,07 ± 1,82
Meule	16,44 ± 9,06	83,56 ± 9,06	78,67 ± 8,31	7,77 ± 7,56	4,89 ± 8,55	70,90 ± 11,56	2,26 ± 3,75

Tableau 6. Valeurs des différentes expressions de l'azote des échantillons

Conclusion

5. Signification nutritionnelle des différentes fractions d'azote

- 24% sous forme d'ammonium, très labile, théoriquement, ces formes pourraient être déplacées par une base forte et ainsi dosées sous formes d'azote ammoniacal. Dans notre travail, elle pourrait être la somme des fractions 4 : N-NH₃ qui n'a représenté que 8 % en moyenne meule et la fraction 7 : l'azoté uréique pour seulement 3 %. Mais, N-NH₃ a représenté, jusqu'à 42 % pour l'échantillon a3 ; 17 et 15 % pour c6 et d6 respectivement. En toute état de cause cette forme serait instantanément dégradée par les microbes du rumen.
- 44% seraient des amides et nous ajouterons à la suite de Waagepetersen et Vestergaard Thomsen des complexes azote-substances phénoliques comme l'ont laissé supposé le travail de CHABACA (2004). Cette forme pourrait s'identifier à la fraction 6 : NSD – NNH₃P solubilisée dans le tampon Durand. Pour notre meule, cette fraction représente 71%. On peut déduire que la totalité est disponible dans le rumen. Néanmoins, les travaux de Chabaca (2004) ont montré qu'environ 50% seulement de cet azote solubilisé est utilisé par l'animal dans le cas de pailles traitées à l'ammoniac anhydre, sans être humidifiées.
- 32% des liaisons plus solides qui ne sont pas coupées par de la soude 2N. Cette fraction dans notre cas pourrait s'identifier en partie à la fraction 5 : NS NDF- NSD et plus précisément à la fraction ADF.
 - $RDMAT = A + B1 \left(\frac{K_d B1}{K_d B1 + K_p} \right) + B2 \left(\frac{K_d B2}{K_d B2 + K_p} \right) + B3 \left(\frac{K_d B3}{K_d B3 + K_p} \right)$
 - $RUMAT = B1 \left(\frac{K_p}{K_d B1 + K_p} \right) + B2 \left(\frac{K_p}{K_d B2 + K_p} \right) + B3 \left(\frac{K_p}{K_d B3 + K_p} \right) + C$ où:
 - RDMAT = MAT dégradées dans le rumen (% MAT)
 - RUMAT= MAT non dégradées dans le rumen

Formes et répartition de l'azote dans une meule de paille traitée à l'urée par la méthode de l'alternance de l'arrosage des lits

- K_D = vitesse de dégradation pour une fraction donnée ($\% \cdot h^{-1}$)
- K_p = taux de passage de l'aliment dans le rumen ($\% \cdot h^{-1}$)

Fractions	Valeurs/100g de paille		Vitesse (K_D)	Caractéristiques	Correspondances		
	%	g			N-NH3 + urée résiduelle	NSD	NS-NDF
A	7.9	0.19	Infirni	Instantanément solubilisé	N-NH3 + urée résiduelle	NSD	NS-NDF
B1	78.7	2.07	120 – 400% h	Rapidement solubilisé	NSD		
B2	4.89	0	3 – 16 % h	Potentiellement solubilisé	NS-NDF (Non NSD)		N fixé NDF
B3	8.8	0.28	0.06 – 0.55 % h	Potentiellement dégradable	NS-ADF		
C	7.5	0.28	0 % h	Indégradable en rumen	N fixé ADL		
Total	100.0	2.8	-	-	-		-

Soit pour nos échantillons

Paramètres	Paille lit humidifiée	Paille lit non humidifiée	Moyenne meule
MAT démobilisées (g)	173	88	128
Pertes (g) (captation : 90%)	17.3	9	13
PDIMN nettes (g)	156	79	115
PDIE-PDIN paille traitée NH3 (g)	10	10	10
PDIMN restant à combler	146	69	105
Quantité d'orge nécessaire (Kg)	1.43	0.68	1.03
Quantité de maïs nécessaire (Kg)	1.22	0.57	0.87

6. Digestibilité « In Vitro » des différentes pailles

Lit	Lit a						
paille	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7
Dig. <i>In vitro</i> MS (%)	54,98 ^b	58,63 ^b	35,10 ^a	69,17 ^d	60,66 ^{bc}	67,17 ^{cd}	35,36 ^a
Moyenne ± écart type	54,43 ± 14,64						
Minimum	22,6						
Maximum	73,56						
RSE	7,07						
R ²	0,801						
P	**						
Lit	Lit b						
paille	b1	b2	b3	b4	b5	b6	b7
Dig. <i>In vitro</i> MS (%)	72,92 ^e	59,38 ^{cd}	51,76 ^a	63,65 ^d	51,35 ^a	57,29 ^{bc}	52,69 ^{ab}
Moyenne ± écart type	58,41 ± 8,40						
Minimum	43,26						
Maximum	78,53						
RSE	4,23						
R ²	0,759						
P	**						
Lit	Lit c						
paille	c1	c2	c3	c4	c5	c6	c7
Dig. <i>In vitro</i> MS (%)	55,90	55,48	55,10	63,74	55,98	60,13	58,92
Moyenne ± écart type	57,83 ± 7,20						
Minimum	43,9						
Maximum	81,5						
RSE	6,99						
R ²	0,168						
P	NS						
Lit	Lit d						
paille	d1	d2	d3	d4	d5	d6	d7
Dig. <i>In vitro</i> MS (%)	55,73 ^a	55,27 ^a	60,62 ^b	61,30 ^b	53,46 ^a	59,52 ^b	61,79 ^b
Moyenne ± écart type	58,24 ± 4,41						
Minimum	49,86						
Maximum	68,19						
RSE	3,36						
R ²	0,536						
P	*						
Paille	Paille traitée à l'ammoniac						
Dig. <i>In vitro</i> MS (%)	52,14 ± 4,90						

* : p < 0,05 ; ** : p < 0,0001 ; NS : non significatif (p > 0,05) ; R² : coefficient de détermination ; RSE : residual standard error. Sur la même ligne les valeurs affectées de lettres différentes sont significativement différentes (p < 0,05).

Tableau 8. Digestibilité de la MS "In Vitro" des échantillons de paille (%)

- Teneurs élevées en constituants pariétaux.
- La teneur faible de la paille en MAT dont l'essentiel est en plus fixé sur la partie indigestible de la paroi (N-ADL).

Tableau 9. Relation entre la digestibilité *In vitro*, la composition chimique et différentes fractions de l'azote du traitement

Formes et répartition de l'azote dans une meule de paille traitée à l'urée par la méthode de l'alternance de l'arrosage des lits

Relations	R ²	p	Effet significatif admis par la littérature dans les conditions alimentaires classiques
Div-MS	0.072	> 0.05	Pas d'intérêt
Div-MO	0.032	> 0.05	Pas d'intérêt
Div-MM	0.037	> 0.05	Pas d'intérêt
Div-MAT	0.596	□ 0.001	Relation linéaire positive
Div-NDF	0.006	> 0.05	Relation linéaire négative
Div-ADF	0.002	> 0.05	Relation linéaire négative
Div-ADL	0.007	> 0.05	Relation linéaire négative
Div-Nfixé sur NDF	0.017	> 0.05	Pas d'informations
Div-Ns dans NDF	0.017	> 0.05	Pas d'informations
Div-Ns dans Durand	0.048	> 0.05	Pas d'informations
Div-N non ammoniacal	0.1693	> 0.05	Pas d'informations
Div-N ammoniacal	0.1512	> 0.05	Pas d'informations

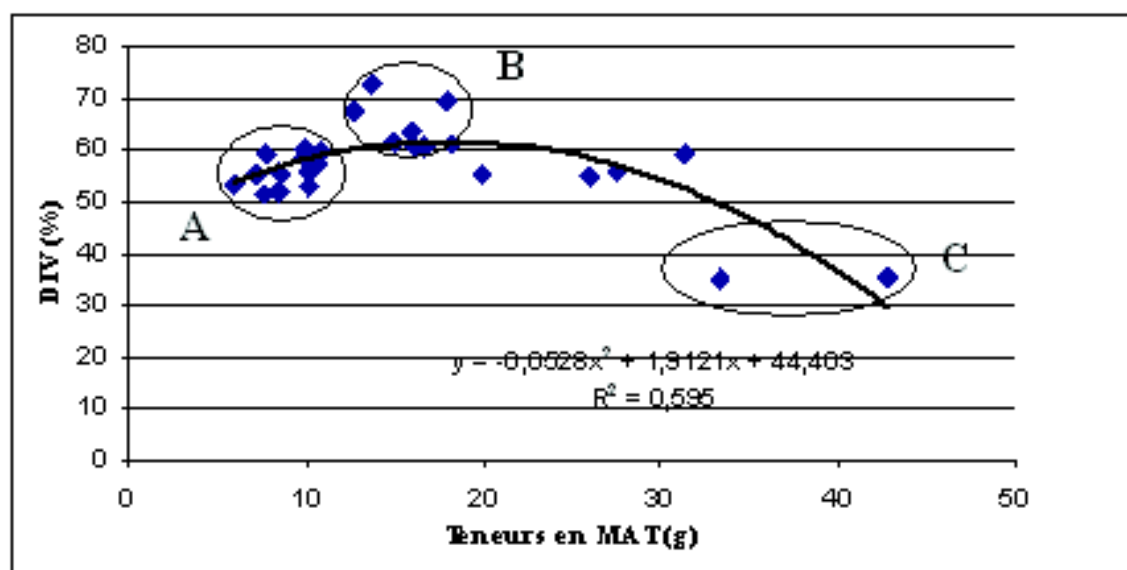


Figure 13. Relation d'ordre deux entre la digestibilité et la teneur en azote des échantillons

CONCLUSION GENERALE

1. Traiter seulement en période estivale pour permettre une uréolyse totale sachant que, dans le cas de ces expériences de longues durées, le traitement était réalisé indifféremment en hiver ou en été.
2. Mélanger à la distribution, les pailles des lits humidifiées avec de la paille non traitée dans la proportion de 50 % alors que les lits non humidifiés pourraient être distribués seuls.
3. Diminuer la dose d'urée : 5 – 6 % au lieu de 7.
4. Ne pas arroser le lit en contact avec la bâche de couverture, notre étude a montré son rôle, ce qui signifie que le nombre de lits doit être toujours impair : premier lit du haut non arrosé, dernier lit du bas non arrosé.

Références bibliographiques

- ABDOULI H. ; KORCHANI T., 1987.** Traitement des pailles à l'urée. 1. Conditions d'utilisation de l'urée, source d'ammoniac dans le traitement de la paille. Revue fourrage.110: 205 -218.
- ABDOULI H. ; KORCHANI T. ; KRAIEM K., 1988.** Traitement des pailles à l'urée. 2. Effet sur la croissance des taurillons et sur la digestibilité. Revue fourrage.114 : 167 – 176.
- ALIBES X. ; MUNOZ F. ; FACI R., 1983/1984.** Anhydrous ammonia treated cereal straw for animal feeding. Some results from Mediterranean area. Anim. Feed Sci. Technol. 10: 239 – 246.
- AOAC, 1975.** Official methods of analysis of the association of official analytical chemists. 12 th. Ed., Washington. DC.
- ARISOY M., 1998.** The effect of sodium hydroxide treatment on chemical composition and digestibility of straw. Tr. J. of veterinary and animal science 22: 165 – 170.
- BACON J.S.D.; CHESSON A.; GORDON A. M., 1981.** Deacetylation and enhancement of digestibility. Agric. Environm. 6: 115-125.
- BELGUITAR M. ; HANED N., 1993.** Bilan zootechnique de trois années d'essais sur des agnelles et des brebis de race Ouled-Djellal menées en bergerie intégrale et consommant de la paille traitée (à l'ammoniac ou à l'urée). Thèse d'ingénieur agronome, INA, El-Harrach, 66 p.
- BENAHMED H.; DULPHY J.P., 1985.** Note sur la valeur azotée des fourrages pauvres traités à l'ammoniac ou à l'urée. Ann. zoot.. (34) 3: 335 -346.
- BENTALEB D., 1990.** Contribution à la recherche de processus de dégradation de l'urée en ammoniac en vue de traitement des pailles. Thèse d'ingénieur Agronome, INA, El-Harrach, 61 p.
- BENTCHIKOU A. ; BOUKADOUM S., 1999.** Dégradabilité « *In Sacco* » de l'azote des pailles traitées à l'urée : Effet comparé des traitements Hivers et Eté. Thèse d'ingénieur Agronome, INA, El-Harrach, 62 p.
- BERDJA A. ; MAHFOUD K., 1998.** Variabilité interespèces et intervariétales des pailles de céréales : Composition chimique et dégradabilité « *In Sacco* ». Thèse d'ingénieur Agronome, INA, El-Harrach, 56 p.
- BROWN W.F.; ADJEI M.B., 1995.** Urea ammoniation effect on the feeding value of Guinea grass (*Panicum maximum*) hay. J. Anim. Sci. 73: 3085 – 3095.
- CANEQUE V.; VALASCO S.; SANCHI J.L., 1998.** Nutritional value and use of lignocellulosic feed treated with urea in the ruminant diet. In: ANTONGIOVANI M.: Exploitation of Mediterranean roughages and by products, Zaragoza, CIHEAM-IAMZ, options méditerranéennes, série B, étude et recherche .17: 17-32.

- CHABACA R., 1984.** Effet de la dose, de la température et de la durée de traitement de la paille de blé à l'ammoniac sur la fixation azotée et sur la digestibilité « *In Vitro* ». Thèse d'ingénieur Agronome, INA, El-Harrach, 76 p.
- CHABACA R., 1993.** Valeur azotée des pailles traitées à l'ammoniac ou à l'urée et impact :
- De la fixation de l'azote.
- Des teneurs en substances phénoliques. Thèse de magister, INA, El-Harrach, 60 p.
- CHABACA R., 2004.** Valeur azotée chez *Ovis ariès* des pailles de *Triticum durum* traitées à l'ammoniac : Facteurs déterminants. Thèse de doctorat d'état en science agronomique, INA, El-Harrach, 176 p.
- CHABACA R.; TRIKI S.; LARWENCE A.; PAYNOT M.; TISSERAND J.L., 2002.** Effect of ammonia treatment conditions of wheat straw on organic matter degradation measured *In Situ* and by gaz test method. *Anim. Research*. 51: 217 – 225.
- CHACHOUA I., 2005.** Effet du traitement à l'urée des pailles de céréales sur certains paramètres zootechniques et sanguins des ovins. Thèse de magister, INA, El-Harrach, 94 p.
- CHENOST M. ; BESLE J.M., 1992.** Les pailles traitées à l'ammoniac provenant de l'hydrolyse de l'urée dans l'alimentation de génisses de races laitières en croissance hivernale. *Ann. Zoot.* 41 (2): 153 – 167.
- CHENOST M. ; KAYOULI C., 1997.** Utilisation des fourrages grossiers en régions chaudes. Etude FAO : Production et santé animale 135. Ed. FAO, Rome, 226 p.
- CHENOST M., 1994.** Les facteurs de réussite du traitement des pailles à l'urée. In : TISSERAND J.L (ed.) : Les pailles dans l'alimentation des ruminants en zones méditerranéennes « The use of straw in ruminants feeding in the mediterranean region Zaragoza, CIHEAM-IAMZ, options méditerranéennes, série B, étude et recherche .6: 47-60.
- CHENOST M.; DULPHY J.P., 1987.** Amélioration de la valeur alimentaire (composition, digestibilité, ingestibilité) des mauvais foin et des pailles par les différents types de traitement. In : DMARQUILLY C. : Les fourrages secs : récolte, traitement et utilisation. Centre de recherche zootechnique et vétérinaire. INRA, Theix, 689 p: 199 – 220.
- CHERMITI A. ; NEFZAOUI A. ; CORDESSE R., 1989.** Paramètres d'uréolyse et digestibilité de la paille traitée à l'urée. *Ann. Zoot.* 38 : 63 -72.
- CHERMITI A., 1994.** Utilisation des pailles de céréales traitées à l'ammoniac ou à l'urée par différentes espèces de ruminants dans les pays d'Afrique du Nord. Thèse de docteur en sciences agronomiques, Louvain-la-Neuve, 213 p.
- CONWAY E.J., 1962.** Microdiffusion analysis and volumetry error. 5^{ème} édition crosky, Lokword, London.
- CORDESSE R. ; YAMEOGO V. ; ARNAUD A. ; INESTA M., 1994.** Origine des uréases impliquées dans le traitement de résidus lignocellulosiques avec l'urée : Flore microbienne responsable. In : TISSERAND J.L (ed.) : Les pailles dans l'alimentation

des ruminants en zones méditerranéennes « The use of straw in ruminants feeding in the mediterranean region » Zaragoza, CIHEAM-IAMZ, options méditerranéennes, série B, étude et recherche .6 : 37-46.

- CORDESSE R., 1981.** Amélioration de la valeur nutritive des pailles par les traitements chimiques. Thèse de Docteur-Ingénieur, ENSAA, Montpellier, 94 p.
- CORSESSE R. ; TEYSSIER J. ; PHILLIPY M., 1983.** Amélioration de la digestibilité de la paille de blé dur par un traitement à l'ammoniac. Revue fourrage .96: 61 -79.
- DEMARQUILLY C., 1987.** Conclusion. In: Les fourrages secs : Récoltes, traitement, utilisation. Ed. INRA, route de St Cyr, 78 000, Versailles, 689p.
- DESCHARD G.; HARTLEY RD., 1985.** In: Studies on ammonia treatment of wheat straw: Effect of level ammonia, moisture content, treatment time and temperature on straw composition and degradation in the rumen of sheep. Anim. Feed Sci. Technol. 29: 251-264.
- DIAS-DA-SILVA A.A.; SUNDSTOL F., 1986.** Urea as a source of ammonia for improving the nutritive value of wheat straw. Anim. Feed Sci. Technol. 14: 67 -79.
- DJELLALI N. ; SELHAB F.A, 1994.** Effet des paramètres de traitement des pailles à l'ammoniac sur la dégradabilité de la matière sèche et de l'azote, sur la synthèse protéique « *In Vitro* ». Thèse d'ingénieur Agronome, INA, El-Harrach, 34 p.
- DULPHY J.P. ; JAMOT J. ; CHENOST M. ; BESLE M. ; CHIAFALO V., 1992.** The influence of urea treatment on the intake of wheat straw in sheep. Ann. Zoot. 41(2): 169 – 185.
- DURAND M., 1978.** La solution tampon. In : Vaches laitières. « IX journées de Grenier de theix », INRA.
- EL-HANI F., 2000.** Effet de la saison de traitement à l'urée et de la durée de stockage sur la valeur alimentaire de la paille chez le mouton. Thèse d'ingénieur Agronome, INA, El-Harrach, 75 p.
- GACEM K., 1983.** Digestibilité de la paille de blé après traitement à l'ammoniac : Effet d'un niveau d'humidification. Thèse d'ingénieur Agronome, INA, El-Harrach, 88 p.
- GAOUAS-MEGUEZZI Y., 1988.** Valeur azotée de quelquesfourrages algériens. Thèse de magister. INA, El Harrach, 88p.
- GIVENS D.I.; MOSS A.R.; ADAMSON A.H., 1993.** The digestion and energy value of whole crop wheat treated with urea. Anim. Feed Sci. Technol. 43: 51 – 64.
- GOMEZ-CARBERA A. ; GUZMAN J.L. ; GUARIDO A. ; GUERRERO J.E., 1994.** Traitement des pailles à l'ammoniac en zones chaudes. In : TISSERAND J.L (ed.) : Les pailles dans l'alimentation des ruminants en zones méditerranéennes « The use of straw in ruminants feeding in the mediterranean region » Zaragoza, CIHEAM-IAMZ, options méditerranéennes, série B, étude et recherche .6: 119-123.
- GUGGOLZ F.H.; Mc DONALD G.M.; WALKER H.G.; GUARRET W.N.; KOHLER G.O., 1971.** Animal science. 33: 284.
- HABIB G. ; HASSAN M.F. ; SIDDIQUI M.M., 1998.** Degradation characteristics of starw from different wheat genotypes and their response to urea-ammoniation treatment. Anim. Feed Sci. Technol. 72: 373 – 386.

- HADDAD S.G.; GRANT R.J.; KACHMAN S.D., 1998.** Effect of wheat straw treated with alkali on ruminal function and lactational performance of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 81: 1956 – 1965.
- HADDAD S.G.; GRANT R.J.; KLOPFENSTEIN T.J., 1995.** Digestibility of alkali treated straw measured *In Vitro* or *In Vivo* using Holstein heifers. *J. Anim. Sci.* 73: 3258-3265.
- HADJI-PANAYIOTOU M. ; ECONOMIDES S., 1997.** Assesment of various treatment conditions affecting the ammoniation of long straw by urea. *Livestock research for rural development.* (9)5. <http://www.cipav.org.co/lrrd/> .
- HADJI-PANAYIOTOU M., 1984.** The value of urea treated straw in diets of lactating goats. *Anim. Feed Sci. Technol.* 11: 67 – 74.
- HADJI-PANAYIOTOU M.; ECONOMIDES S.; KYPRIANOU G.; ANTONIOU I.; PHOTIOU A., 1997.** Feeding urea treated barley straw for growing Friesian heifers. *Live stock research for rural development.* 9; 4. <http://www.cipav.org.co/lrrd/> .
- HADJI-PANAYIOTOU M.; VERHAEGHE L.; GOODCHILD T.; SHAKER B., 1993.** Ammoniation of straw using urea-ammonia gaz or ammonium hydroxide. *Livestock research for rural development.* (5) 3. <http://www.cipav.org.co/lrrd/> .
- HAOUACHE S., 1991.** Etude comparative de la digestibilité « *In Vitro* » des pédicelles de dattes et la paille de blé traitée à l'ammoniac ou à l'urée. Thèse d'ingénieur Agronome, INA, El-Harrach, 58 p.
- HASSOUN P.; GEOFFROY F.; SAMINODIN G.; PRIOR P.; BERAMIS M., 1990.** Studies on the ammoniation of sugar-cane Bagasse by urea. Effect of moisture, urea levels, ureases sources and treatment periods on composition, *In Vitro* dry matter digestibility and evolution of ureolytic bacteria. *Anim. Feed Sci. Tech.* 29: 113 – 129.
- HIRAI M.; KAWI-HIRAI R.; HIRAI T.; UEKI T., 1993.** In: **SIRKO A.; BRODZIK R., 2000.** Plant ureases: Role and regulation review. *Acta biochimica Polonia.* 47(4): 1189 – 1195.
- HORTON G.M.J.; STEACY G.M., 1979.** Effect of anhydrous ammonia treatment of the intake of the intake and digestibility of cereal straw by steers. *J. Anim. Sci.* 48 (5): 1239 – 1249.
- HOUMANI M. ; BELLAL M. ; TISSERAND J.L., 2001.** Effet comparé des saisons d'été et d'hivers sur l'efficacité du traitement de la paille de blé dur à l'urée. *Revue semestrielle de l'INRA Algérie.* 8: 59 – 68.
- HOUMANI M., 1997.** Influence de la couverture des meules dans le traitement des pailles à l'urée. *Revue fourrage* .150: 235 – 243.
- HOUMANI M., 1998.** Effets comparés de l'aspersion mécanique de l'urée en solution sur andains au champs et manuelle sur bottes pour le traitement de la paille de blé sur sa digestibilité et la croissance des agneaux. *Ann. Zoot.* 47(2) : 197 – 205.
- HOUMANI M., 2003.** Valorisation des pailles dans l'alimentation des ruminants : traitée à l'urée ou incorporée l'urée dans le complément. *Revue semestrielle de l'INRA Algérie.*12: 83 – 91.
- INRA, 1988.** Alimentation des bovins, ovins et caprins. INRA, route de St Cyr, Versailles, 472 p.

- INRAP (Institut National de Recherches et d'applications Pédagogiques), 1984.** Alimentation des bovins. Ed. l'ITEB, Paris, 448 p.
- JOUANY J.P., 1975.** Etude des traitements permettant d'améliorer la alimentaire des fourrages pauvres (pailles). Bull. Tech. CRVZ. Theix, INRA 21: 5 – 15.
- JOY M.; ALIBES X.; MUNOZ F., 1992.** Chemical treatment of lignocellulosic residues with urea. Anim. Feed Sci. Technol. 38: 319 – 333.
- KARMALI A.; DOMINGOS A., 1993.** In: **SIRKO A.; BRODZIK R., 2000.** Plant ureases: Role and regulation review. Acta biochimica Polonia. 47(4): 1189 – 1195.
- KIANGI E.M.I.; KATEGILE J.A.; SUNDSTOL F., 1981.** Different sources of ammonia for improving the nutritive value of low quality roughages. Anim. Feed. Sci. Technol. 6: 377 – 386.
- KORIZ M. ; BOUKEDJAR C., 1991.** Performances de croissance et de reproduction des antenaises de race Ouled-Djellal consommant des pailles traitées à l'urée ou à l'ammoniac. Thèse ingénieur agronome, INA, El-Harrach, 78 p.
- LAMRANI F., 1990.** Valeur alimentaire comparée chez le mouton d'une paille de blé traitée à l'ammoniac ou à l'urée. Thèse d'ingénieur Agronome, INA, El-Harrach, 52 p.
- LARWENCE A. ; YAKHLEF H. ; TRIKI S. ; CHABACA R. ; LONGO F., 1990.** Recherches pour le ruminant de système d'élevage compatible avec l'utilisation optimale des ressources fourragères locales. Projet de recherche, Premier rapport annuel, 60 p.
- LARWENCE A.; TRIKI S.; CHABACA R.; REZZOUG A., 2000.** Proposition d'une méthode subhumide de traitement des pailles à l'urée. Ann. Zootech. 49: 479 – 485.
- LENG A., 1993.** L'application de la biotechnologie à l'alimentation animale dans les pays en développement. Etude FAO production et santé animale n°90, Rome, FAO.
- LEONG-TCHAN-KWONG M., 1985.** Valeur alimentaire pour le mouton de la paille traitée à l'ammoniac : Influence de différentes doses de concentrés. Thèse d'ingénieur Agronome, INA, El-Harrach, 74 p.
- MA T.K. ; CU C.X. ; DAI B.C. ; ORSKOV E.R., 1990.** Effect of ammonia treatment of wheat straw and level of concentrate on performance of Chinese yellow cattle. Livestock research for rural development. 2 (2). <http://www.cipav.org.co/lrrd/>
- MAACHE A. ; MAZAR A., 1999.** Effet de la saison de traitement à l'urée sur la valeur alimentaire de la paille chez le mouton. Thèse d'ingénieur Agronome, INA, El-Harrach, 38 p.
- MACDEARMID A.; WILLIAMS P.E.V.; INNES G.M., 1988.** A comparison under temperate conditions of the nutritive value of straw for cattle following treatment using either ammonia from urea or via direct injection. Anim. Prod.. 43(3): 379 – 385.
- MEKKI A. ; MOKRANE F.Z., 1996.** Effet de la dose du concentré sur la valeur alimentaire des pailles traitées à l'ammoniac : Distribuées en quantités limitées. Thèse d'ingénieur Agronome, INA, El-Harrach, 46 p.
- MIRA J.J.F.; KAY M.; HUNTER E.A., 1983.** Treatment of barley straw with urea or anhydrous ammonia for growing cattle. Anim. Prod. 36 (2): 271 – 275.

- MOBLEY H.L.T.; HANSINGER R.P., 1989.** Microbial ureases, significance, regulation and molecular characterization. *Microbial review.* 53 (1): 85 -108.
- MORRISON I.M.; BRICE R.E., 1984.** The digestion of untreated and treated barley straw in artificial rumen. *Anim. Feed Sci. Technol.* 10: 229 – 238.
- MOSS A.R.; GIVENS D.I.; GARNSWORTHY P.C., 1994.** The effect of alkali treatment of cereal straw on digestibility and methane production by sheep. *Anim. Feed Sci. Technol.* 49: 245 – 259.
- MUNOZ F.; JOY M.; ANDUEZA J.D.; ALIBES X., 1998.** Chemical treatment of maize stover with urea. In: ANTONGIOVANI M.: Exploitation of Mediterranean roughages and by products, Zaragoza, CIHEAM-IAMZ, options méditerranéennes, série B, études et recherches .17: 33-38.
- MUNOZ F.; JOY M.; ANDUEZA J.D.; ALIBES X., 1994.** Evaluation of cereal straw treatment comparing anhydrous ammonia vs urea solution. In : TISSERAND J.L (ed.) : Les pailles dans l'alimentation des ruminants en zones méditerranéennes « The use of straw in ruminants feeding in the mediterranean region » Zaragoza, CIHEAM-IAMZ, options méditerranéennes, série B, études et recherches .6 : 27-36.
- NEDJEM S., 1991.** Effet de la température, du volume d'eau et de la durée de traitement sur la fixation de l'azote par la paille de blé traitée à l'urée. Thèse d'ingénieur Agronome, INES, Blida, 46 p.
- NEFZAOUI A. ; ROKBANI N. ; CHERMITI A., 1993.** Traitement des pailles à l'ammoniac et à l'urée. 1. Effet du traitement et du hachage sur l'utilisation digestive et les rétentions azotées chez les ovins. *Ann. de l'INRAT.* 66 (1, 2): 185 -200.
- NRC, 2001.** 5. Proteins and amino acids. In: *Nutrients requirements of dairy cattle, Seventh revised edition 2001*, National academy press, Washington D.C, 381p.
- NYARKO-BADOHU D.K. ; KAYOULI C. ; ABA A. ; GASMI A., 1993.** Valorisation des pailles de céréales en alimentation des ovins dans le Nord de la Tunisie. Traitements aux alcalis (ammoniac / urée). Complémentation par les blocs de mélasse-urée. *Live stock research for rural development.*5(1). <http://www.fao.org/ag/Aga/agap/frg/FEEDback/lrrd/lrrd5/1/tunis.htm>
- ORR R.J.; TREACHER T.T.; MASON V.C., 1985.** The effect of ammonia treatment on the intake of straw and hay when offered with rations of concentrates to ewes in late pregnancy. *Anim. Prod.* 40(1): 101 – 109.
- ORSKOV E.R.; REID G.W.; KAY M., 1988.** Prediction of intake by cattle from degradation characteristics of roughages. *Anim. Prod.* 46 (1): 29 – 34.
- OUARTI M., 2000.** Effet de la durée de traitement à l'urée sur la valeur alimentaire de la paille chez le mouton. Thèse d'ingénieur Agronome, INA, El-Harrach, 36 p.
- PARE M., 1989.** Possibilités de valorisation par des traitements à l'urée des pailles de céréales dans l'alimentation animale au Burkina Faso. Thèse d'ingénieur Agronome, INA, El-Harrach, 42 p.
- REZZOUG A., 1991.** Effet comparatif de deux méthodes de traitement des pailles à l'urée en rapport avec le volume d'eau employé : Valeur alimentaire chez le mouton. Thèse d'ingénieur Agronome, INA, El-Harrach, 35 p.

- RIDDLES P.W. ; WHAN V. ; BLAKELEY R.L. ; ZERNER B., 1991.** In: **SIRKO A.; BRODZIK R., 2000.** Plant ureases: Role and regulation review. Acta biochimica Polonia. 47 (4): 1189 – 1195.
- ROKBANI N. ; NEFZAOUI A., 1995.** Traitement des pailles à l'ammoniac et à l'urée : Effet du traitement et du hachage sur les performance de croissance des agneaux. In : Caja, G. (ed.), Djemali, M. (ed.), Gabiña, D. (ed.), Nefzaoui, A. (ed.) : l'élevage ovin en zones arides et semi arides. Caja, G. (ed.), Djemali, M. (ed.), Gabiña, D. (ed.), Nefzaoui, A. (ed.). Zaragoza : CIHEAM-IAMZ, 1995, Cahiers Options Méditerranéennes v. 6, Séminaire de l'Association tunisienne des Anciens de l'Institut Agronomique Méditerranéen de Zaragoza : 65-74.
- ROMALHO-RIBEIRO J.M.C., 1991.** Treatment of straws. In: TISSERAND J.L (ed.) ; ALIBES (ed.) : Fourrages et sous produits méditerranéen « mediterranean forages and by products » Zaragoza, CIHEAM-IAMZ, options méditerranéennes, série A, séminaires méditerranéen .16: 55-60.
- SAADULLAH M. ; HAQUE M. ; DOLBERG F., 1981.** Effectiveness of ammonification through urea in improving the feeding value of rice straw in ruminants. Trop. Anim. Prod. 6(1): 30 – 36.
- SAFFAH A.S.; BABALLA A., 1990.** Valorisation des pailles traitées par l'urée dans l'alimentation des bovines. Thèse d'ingénieur Agronome, INA, El-Harrach, 56 p.
- SANSOUCY R., 1986.** Manufacture of molasses-urea blocks. World Animal Review 57: 40 -48.
- SAUVANT D., 2003.** Physiologie comparée de la digestion et de la nutrition. Tronc commun de biologie générale. Paris-Grignon, 28 p.
- SIRKO A.; BRODZIK R., 2000.** Plant ureases: Role and regulation review. Acta biochimica Polonia. 47 (4): 1189 – 1195.
- SOUZA O. ; CANEQUE-MARTINEZ V. ; GUALOPEZ E.Y., 2001.** Efecto del tratamiento sobre el valor nutritivo da la paja tratada por urea. Archivos de Zootecnia. (50) 191: 343 – 353.
- SOUZA O. ; DOS SANTOS I.E., 2002.** Digestibilidad « *In Vivo* », balance de nitrogeno é ingestion voluntaria en ovinos alimentados con paja de cabada tratada con urea. Arch. Zootecnia. 51: 361 – 371.
- SOUZA O., 1996.** In : CANEQUE et *al.* (1998). Nutritional value and use of lignocellulosic feed treated with urea in the ruminant diet. In: ANTONGIOVANI M.: Exploitation of Mediterranean roughages and by products, Zaragoza, CIHEAM-IAMZ, options méditerranéennes, série B, étude et recherche .17: 17-32.
- SRAIRI M.T., 1997.** Utilisation de l'azote d'une paille de blé tendre traitée à l'urée. Revue El-Awamia .96 : 91 – 104.
- STERN M.D.; BACH A.; CALSAMIGLIA S., 1997.** Alternative techniques for measuring nutrient digestion in ruminants. J. Anim. Sci. 75 (8): 2256 – 2276.
- SUNDSTOL F., 1984.** Ammonia treatment of straw: Methods for treatment and feeding experience in Norway. Animal Feed Sci. Tech. 10 (2-3): 173-187.
- SUNDSTOL F.; COXWORTH E. ; MOWAT D.N., 1978.** Amélioration de la valeur nutritive de la paille par le traitement à l'ammoniac. Revue mondiale de zootechnie. 26: 13 -21.

- TAKISHIMA K.; SUGA T.; MAMIYA G., 1988.** In: **SIRKO A. ; BRODZIK R., 2000.** Plant ureases: Role and regulation review. *Acta biochimica Polonia.* 47 (4): 1189 – 1195.
- Tilley J. M. A.; Terry R.A . 1963.** A two stage technique for the *In Vitro* digestion of forage crops. *Journal of the British Grassland Society* 8: 104-108.
- TISSERAND J.L.;ZELTER S.Z., 1965.** Essai de normalisation d'une technique de mesure de la digestion des fourrages *In Vitro* en rumen artificielle. *Ann . Biol.Anim. Bioch.Bioph.* 5; 101 p.
- TRACH N.X.; DAN C.X. ; LY L.V. ; SUNDSTOL F., 1998.** Effect of urea concentration, moisture content, and duration of treatment on chemical composition of alkali treated rice straw. *Livestock research for rural development.* 10 (1). <http://www.cipav.org.co/lrrd/>
- TRACH N.X.; MO M.; DAN C.X., 2001.** Effects of treatment of rice straw with lime and/or urea on its chemical composition, *In Vitro* gaz production and *In Sacco* degradation characteristics. *Live stock research for rural development.*13 (4). <http://www.cipav.org.co/lrrd/> .
- TRAKOW H.; FEIST W.C., 1969.** A mechanism of improving the digestibility of lignocellulosic materials with dilute alkali and liquid ammonia. In: Gould R.F. *Cellulases and their application.* *Adv. Chem. Series.* 95: 197-217.
- TRIKI S., 1988.** Etude comparative de l'efficacité de deux méthodes de traitement de la paille de blé à l'ammoniac : Essai d'introduction dans l'alimentation de génisses en croissance. Thèse de magister, INA, El-Harrach, 113 p.
- TRIKI S., 2003.** Recherche sur les besoins en énergie et en azote des ovins algériens de race Ouled Djellal : Validation zootechnique. Thèse de doctorat INA El Harrach, 100 p.
- VANSOEST P.J. ; MASON V.C., 1991.** The influence of the Maillard reaction upon the nutritive value of fibrous feeds *Animal Feed Sci. Tech.* 32 (1-3): 45-53.
- VAN-SOEST P.J., 1963.** Use of detergents in the analysis of fibrous feed. 2. A rapid method of determination of fiber and lignin. *J. Ass. Official. Agric. Chem.,* 46: 829.
- VAREL V.H.; KREIKE MEIER K., 1995.** Technical note: Comparison of *In Vitro* and *In Situ* digestibility methods. *J. Anim. Sci.* 73: 578-582.
- VERVACK W., 1982.** In : CHERMITI (1994). Utilisation des pailles de céréales traitées à l'ammoniac ou à l'urée par différentes espèces de ruminants dans les pays d'Afrique du Nord. Thèse de docteur en sciences agronomiques, Louvain-la-Neuve, 213 p.
- Waagepetersen J.; Vestergaard Thomsen K., 1977.** Effect on digestibility and nitrogen content of barley straw of different ammonia treatments *Animal Feed Sci. and Technol.* (2) 2: 131-142.
- WANAPAT M.; SUNDSTOL F.; GARMO T.H., 1985.** A comparison of alkali treatment methods to improve the nutritive value of straw. 1. Digestibility and metabolizability. *Anim. Feed Sci. Technol.* 12: 295 – 289.
- WANAPAT M.; SUNDSTOL F.; HALL J.M.R., 1986.** A comparison of alkali treatment methods used to improve the nutritive value of straw. 2. *In Sacco* and *In Vitro* degradation relative to *In Vivo* digestibility. *Anim. Feed Sci. Technol.* 14: 215 – 220.

WILLIAMS P.E.V., 1983/1984. Digestibility studies of ammonia treated straw. Anim. Feed Sci. Technol. 10: 213 – 222.

XANDE A. ; DEMARQUILLY C., 1983. Influence du traitement mécanique et chimique à la soude (NaOH) sur la valeur alimentaire des pailles de céréales mesurée sur mouton. Ann. Zoot. 32 (3) : 341 – 356.

YAKHLEF H. ; TRIKI S., 2001. Utilisation prolongée d'une paille traitée à l'urée ou à l'ammoniac : Effet sur les performance zootechniques des brebis. Revue semestrielle de l'INRA Algérie. 8 : 47 – 57.

YAMEOGO V.; CORSESSE R.; INESTA M., 1991. Influence de la dose d'ammoniac et de la durée de traitement de fanes de poids chiches (*Cicer ariatinum* L.) sur les modifications biochimiques et l'estimation de la digestibilité de la matière organique. Ann. Zoot. 40 : 153 – 159.

ZAZOUA M.R. ; BOULKEROUA H., 1992. Performances zootechniques comparées de brebis de race Ouled-Djellal en bergerie et recevant des rations à base de paille traitée à l'ammoniac ou à l'urée ou non. Thèse ingénieur agronome, INA, El-Harrach, 70 p.

ZORILLA-RIOS J.; OWENS F.N.; HORN G.W.; MCNEW R.W., 1985. Effect of ammoniation of wheat straw on performance and digestion kinetics in cattle. 60 (3): 814 - 821.

Annexes

Listes des abréviations et symboles

- **ADF** : Acid detergent fiber
- **ADL** : Acid detergent lignin
- **CV** : Coefficient de variation
- **dMAT** : Digestibilité des matières azotées totales
- **dMO** : Digestibilité de la matière organique
- **GOT** : Glutamyl oxaloacetic transaminase
- **GPT** : Glutamyl pyruvic transaminase
- **H₂SO₄** : Acide sulfurique
- **HC** : Hémicelluloses
- **HgCl** : Chlorure mercurique
- **K₂CO₃** : Carbonates de Potassium
- **LH** : Lits humidifiés
- **LNH** : Lits non humidifiés
- **MAT** : Matières azotées totales
- **MM** : Matières minérales
- **MO** : Matière organique
- **MS** : Matière sèche
- **MSI** : Matière sèche ingérée
- **N** : Azote
- **NaOH** : La soude
- **NDF** : Neutral detergent fiber
- **NH₃** : Ammoniac
- **NS** : Azote soluble
- **NSADF** : Azote soluble ADF
- **NSADL** : Azote soluble ADL
- **NSD** : Azote soluble Durand
- **NSE** : Azote soluble dans l'eau
- **NSNDF** : Azote soluble NDF
- **NT** : Azote total
- **NU** : Azote uréique
- **P/V** : Poids / volume
- **P^{0.75}** : Poids métabolique
- **PDI** : Protéines digestibles dans l'intestin
- **PDIE** : Protéines digestibles dans l'intestin permises par l'énergies
- **PDIMN** : Protéines digestibles dans l'intestin microbienne permises par l'azote

- PDIN : Protéines digestibles dans l'intestin permises par l'azote
- PNT : Paille non traitée
- PTNH₃ : Paille traitée à l'ammoniac
- PTU : Paille traitée à l'urée

Annexe 1. Composition chimique des pailles de céréales

Auteurs	Nature de la paille	MS (%)	(% de la MS)							
			MM	MO	MAT	CB	NDF	ADF	HC	ADL
BERDJA et MAHFOUD (1998)	Blé dur (n = 15)	91.67 ± 0.45	7.70 ± 0.7	92.22 ± 0.7	3.64 ± 0.5	-	78.39 ± 1.9	46.39 ± 0.98	32.08 ± 1.03	6.41 ± 0.62
	Blé tendre (n = 11)	92.36 ± 0.48	7.80 ± 0.7	92.15 ± 0.7	2.89 ± 0.4	-	77.42 ± 1.3	46.93 ± 1.51	30.48 ± 1.52	7.01 ± 0.55
	Orge (n = 8)	91.78 ± 0.37	7.64 ± 0.7	92.35 ± 0.7	3.19 ± 0.3	-	79.63 ± 1.9	50.27 ± 2.7	29.30 ± 1.44	7.32 ± 0.84
TESKRAT (1999)	Blé (n = 63)	90.51 ± 3.36	7.25 ± 1.48	90.86 ± 3.17	3.68 ± 1.05	42.17 ± 2.85	79.81 ± 3.48	51.12 ± 5.08	30.82 ± 3.71	7.20 ± 2.47
	Orge (n = 15)	90.24 ± 2.55	8.82 ± 0.57	94.26 ± 1.20	3.54 ± 0.43	41.67 ± 3.25	80.10 ± 1.76	52.64 ± 2.93	27.7 ± 0.00	8.14 ± 0.91
	Avoine (n = 9)	90.02 ± 1.43	8.72 ± 1.57	92.6 ± 0.0	2.88 ± 0.68	41.35 ± 3.66	78.87 ± 4.18	54.62 ± 3.99	26 ± 0.0	9.00 ± 1.87
YAKHLEF et TRIKI (2001)	Blé	90.63 ± 2.66	-	89.43 ± 4.1	3.74 ± 0.9	-	-	-	-	-
HOUMANI et al, (2001)	Blé	91.4 ± 2.1	-	94.4 ± 0.9	3.3 ± 1.7	39.1 ± 1.7	-	-	-	-
HOUMANI (2003)	Blé	88	7.4	92.6	2.9	42	-	-	-	-
CHACHOUA (2005)	Blé	93.81 ± 0.05	6 ± 0.5	94 ± 0.0	3.2 ± 0.2	42.9 ± 1.9	73.7 ± 2.1	48 ± 2.12	-	6.19 ± 0.78

Annexe 2. Valeur alimentaire des pailles de céréales.

Auteurs	Nature de la paille	MSI (g MS/ Kg P ^{0.75})		dMS (%)		dMO (%)		dMAT (%)	
		RT	PS	RT	PS	RT	PS	RT	PS
BERDJA et MAHFOUD (1998)	Blé (n = 43)	50.12 ± 13.25	42.72 ± 9.68	51.81 ± 9.2	49.36 ± 6	51.91 ± 7.4	46.04 ± 5.9	41.86 ± 26.16	4.29 ± 33.2
	Orge (n = 9)	42.85 ± 8.05	39.5 ± 0.00	57.1 ± 0.0	50.5 ± 7.1	59.35 ± 1.9	45.65 ± 5.1	66.92 ± 3.12	64.8 ± 0.0
	Avoine (n = 1)	86	46.2	-	58.5	-	-	-	66
HOUMANI (2003)	Blé P+O+U	58.9 ± 1.2 (1155)	47.4 ± 2.0 (935)	-	-	-	49.9 ± 1.7	-	18.6 ± 1.4
	P+M+U	67.3 ± 0.7 (1254)	56.9 ± 0.6 (1047)	-	-	-	49.3 ± 2.5	-	19.5 ± 2.1
CHACHOUA (2005)	Blé tendre								
	100g de concentré	51.5 ± 4.7	43.9 ± 4.8						
	200g de concentré	59.78 ± 4.8	44.4 ± 5.1	-	-	52.42 ± 9.24	45.53 ± 9.53	42.98 ± 15.78	25.31 ± 0.93

Annexe 3. Les différents traitements améliorant la valeur alimentaire des pailles.

Formes et répartition de l'azote dans une meule de paille traitée à l'urée par la méthode de l'alternance de l'arrosage des lits

Type de traitement	Effets	Application	Inconvénients
<p>Traitements physiques</p> <p>*Mécaniques (le hachage, la lacération, le broyage, l'agglomération).</p> <p>*Non mécaniques</p> <p>†Irradiation aux rayons γ et aux rayons α.</p> <p>†Traitement à la vapeur à haute pression.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Augmentation des quantités ingérées, mais réduction de la digestibilité (temps de séjour court)¹. • Valeur énergétique nette voisine de celle en l'état (réduction des dépenses liées à l'ingestion et à la rumination)¹. • Dépolymérisation de la cellulose¹. • Rend soluble une partie de la matière sèche. • Facilite l'attaque des microorganismes du rumen en modifiant la structure physique des fibres (JOUANY, 1975). • Gonflement des fibres. • Acidification du milieu (groupements acétyles, furfurales, dérivés phénoliques et destruction des hémicelluloses). 	<ul style="list-style-type: none"> - Moins en moins utilisés. - Doses importantes (10^8 à 10^{10} radian) pour doubler la digestibilité. - Utilisée pour améliorer la valeur alimentaire des déchets de bois ou de bagasse. - Appliquée à température et pression élevée pour être efficace (JOUANY, 1975). 	<ul style="list-style-type: none"> - Trop onéreux. - Mise en œuvre de dispositifs industriels. - Trop onéreuses. - N'est pas rentable.
<p>Traitements chimiques</p> <p>**Alcalis</p> <p>***Soude</p> <p>***Ammoniac</p> <p>- Anhydre</p> <p>- Liquide</p> <p>- Aqueux (solution)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Augmentation de la digestibilité de la matière organique. • Dissociation du complexe lignocellulosique (ARISOY, 1998). • Diminution de l'ingestibilité. • Hydrolyse les liaisons lignocellulosiques¹. • Améliore la valeur azotée des fourrages. • Augmentation de la digestibilité et de l'ingestibilité. • Bonne méthode de conservation (effet fongicide). • Rupture des parois cellulaire ainsi que l'augmentation de la digestibilité. • Amélioration de la valeur nutritive. • Plus bénéfique que l'anhydre car grande solubilisation de la lignine. 	<ul style="list-style-type: none"> - Trois types de traitement (voie semi-humide, semi sèche ou par voie sèche). - Il est soit injecté dans une meule en balles classiques recouvertes de film plastique, soit à l'intérieur de balles rondes ou bien dans une enceinte hermétique (FMA...). - Simple, moins dangereux et moins polluant que la soude. - Pas coûteux et peut être recyclé. - Utilisation commerciale, simple arrosage puis fermer hermétiquement. 	<ul style="list-style-type: none"> - Produit corrosif. - Salinité du sol et une grande charge de Sodium dans le sang de l'animal (HADDAD et al., 1998). - Nécessite la présence d'un réseau de distribution et d'une industrie¹. - Base plus faible que la soude, donc moins efficace pour l'effet alcalin d'hydrolyse. - Nécessite un matériel coûteux et entretenu. - Gaz toxique et dangereux.

Annexe 3 (suite). Les différents traitements améliorant la valeur alimentaire des pailles.

Type de traitement	Effets	Application	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> - Autres sources d'ammoniac. **Urée 	<ul style="list-style-type: none"> • Solubilisation des glucides pariétaux. • Gorgement du matériel végétale (accès des microorganismes <u>cellulolytiques</u> du rumen). • Diminution de la résistance physique des parois. • Enrichissement en azote. • Augmentation de la digestibilité et de l'<u>ingestibilité</u> (RAMALHO-ROBEIRO, 1991). 	<ul style="list-style-type: none"> - Ne nécessite pas d'être pressurisé, ni adjonction de l'eau pour la paille. - Consiste à incorporer par arrosage une solution d'urée au fourrage sec et recouvrir le tout avec des matériaux localement disponibles et ajouter une source d'<u>urées</u> si jamais le fourrage ne contient pas assez. 	
<ul style="list-style-type: none"> **Sels d'ammonium (carbonates, bicarbonates, et sulfates). * <u>Les oxydants</u> (H₂O₂, Ozone, SO₂, Cendres de bois, éthanolamine, chaux vive, chlorures, chlorates, eau de javel, composés soufrés (Na₂SO₃, Na₂SO₄), <u>péroxydes</u>, les <u>dioxydes</u>...) 	<ul style="list-style-type: none"> • Très peu de valeurs répertoriées pour le traitement des fourrages, mais on assiste à une augmentation de la digestibilité de la MO et de l'<u>ingestibilité</u> (CHENOST et DULPHY, 1987). • Augmentation de la digestibilité et de l'<u>ingestibilité</u>. • Dissolution de la lignine (JOUANY, 1975). 	<ul style="list-style-type: none"> - Libèrent de l'NH₃ en les réchauffant et peuvent pallier à l'absence de l'NH₃ industriel. - Menés à l'échelle du laboratoire. 	<ul style="list-style-type: none"> - Cher. - Traitements chers. - Dangereux et polluant.
<p><u>Traitements microbiologiques (champignons et moisissures)</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Augmentation de la digestibilité en fonction du champignon utilisé (RAMALHO-ROBEIRO, 1991). 	<ul style="list-style-type: none"> - Coûteux et peu pratiqués. 	<ul style="list-style-type: none"> - Consiste à multiplier des microorganismes sur un substrat de paille pour produire des protéines mono moléculaires à partir des glucides de la paille et laisser fermenter.
<p><u>Traitements enzymatiques (lignases ou des cellulases)</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Cause un grand degré de dépolymérisation. • Dégradation de la lignine. 	<ul style="list-style-type: none"> - Produites par : <u>Flamnochaste</u> <u>chromocellum</u>. - Certaines moisissures blanches contiennent des <u>lignases</u> (<u>laccases</u>, <u>péroxydases</u>). 	<ul style="list-style-type: none"> - Limite pour un traitement à grande échelle.

Annexe 4. Composition chimique des pailles traitées à l'ammoniac.

Formes et répartition de l'azote dans une meule de paille traitée à l'urée par la méthode de l'alternance de l'arrosage des lits

Auteurs	Nature de la paille	Conditions de traitement			MS (%)	Composition chimique (% MS)						
		Dose	Type	Température et durée		MM	MO	MAT	CB	NDF	ADF	ADL
Travaux étrangers	Blé (n = 21)	3 à 4 %	Meule ¹	0 - 10 °C 20 - 54 °C	84.87 ± 4.24	8.04 ± 2.53	94.7	10.20 ± 2.52 (3.83 ± 1.12)	42.62 ± 1.49	75.14 ± 5.29	49.88 ± 5.87	7.46 ± 1.39
		5 %		6 - 45 j / 60 - 105 j	92	7.1	92.9	9.85 ± 0.54	-	73.25 ± 6.29	53.05 ± 0.45	7.73 ± 2.12
	Orge (n = 7)	3 à 4 %	Meule ²	30 - 56 j 4.7 - 10 °C	77.58 ± 7.96	5.64 ± 1.25	-	8.87 ± 1.13 (3.88 ± 0.72)	38.11 ± 6.55	74.2	52.9	9.8
			Four ³	15 - 23 h à 90 °C	86.6	5.77 ± 1.52	-	10.64 ± 0.98	-	76.82 ± 5.42	51.7 ± 1.6	6.51 ± 0.81
	Triticales (n = 4)	3 %	Meule ⁴	60 j	88.05 ± 4.20	6.25 ± 0.07	92.25 ± 0.07	8.22 ± 1.92	46.87 ± 6.90	78.77 ± 4.82	47.7 ± 5.27	-
Avoine (n = 1)	3.5 %		42 j à 10 °C	88.5	-	-	6.71 (2.60)	40	-	-	-	
Travaux algériens	Blé (n = 46)	3 à 4 %	Meule ⁵	21 à 105 j 25 à 35 °C	89.99 ± 1.76	7.58 ± 1.45	90 ± 4.07	9.01 ± 2.26 (3.58 ± 0.88)	44.13 ± 4.00	77.70 ± 1.96	50.27 ± 2.13	5.87 ± 1.67
		3 %	Four ⁶	23 h à 90 °C	92.03 ± 1.99	6.82 ± 0.64	89.93 ± 2.69	5.96 ± 0.74	46	83.9 ± 4.63	49.93 ± 3.05	6.06 ± 0.89
		4.8 - 5 %	Meule ⁷	15 à 75 j T°A ou à 35 °C	89.13 ± 0.91	8.14 ± 0.49	92.95 ± 1.14	11.91 ± 2.57	-	76.06 ± 3.22	51 ± 1.44	6.35 ± 0.55
			Four ⁸	23 h à 90 °C	90.21	7.21	92.79	5.61	-	-	59	-
Moyenne des PTU n = 34	Blé, orge ou autre	2 - 7 %	Meule, silo ou sacs	10 à 75 j 10 à 35 °C	81.73 ± 10.05	7.72 ± 1.70	89.14 ± 3.83	11.16 ± 2.85	40.60 ± 4.34	75.19 ± 6.21	48.22 ± 7.69	6.54 ± 1.72
Auteurs	(¹) HORTON et STEACY (1979); CORDESSE et al. (1983); ZORILLA-RIOS et al. (1985); MA et al. (1990); YAMEOGO et al. (1991); DULPHY et al. (1992); HADDAD et al. (1995); (²) MIRA et al. (1983); MACDEARMID et al. (1988); CHENOST et BESLE (1992); MUNOZ et al. (1994); (³) ORR et al. (1985); ORSKOV et al. (1988); (⁴) NEFZAOUI et al. (1993); ROKBANI et NEFZAOUI (1995); (⁵) GAOUAS-MEGUEZZI (1988); HAOUACHE (1991); LARWENCE et al. (1990); MEKKI et MOKRANE (1996); YAKHLEF et TRIKI (2001); (⁶) GACEM (1983); TRIKI (1988); CHABACA (1993); (⁷) DJELLALI et SELHAB (1994); CHABACA et al. (2002); (⁸) LEONG TCHAN KWONG (1985).											

Annexe 5. Paramètres de traitement des pailles à l'urée.

Nature de la paille	Condition de traitement					(%)		(‰ MS)		IVOMD (%)
	Dose	Humidité	T° C	Durée	Type	Taux uréase	MS	MAT	NDF	
Blé¹ (n = 93)	4 à 8 %	25 à 55 %	7 - 45 °C	1 - 90 j	Bocaux, sacs plastiques ou meules	57.02 ± 31.19	65.96 ± 6.36	17.61 ± 4.04 (4.21 ± 0.57)	71.50 ± 2.59 (73.71 ± 0.75)	58.71 ± 6.72 (44.5 ± 1.32)
Orge² (n = 33)	2 à 8 %	20 - 75 %	19.5 - 37 °C	30 à 60 j	Meule ou bocaux	88.26 ± 8.85	59.23 ± 5.70	14.81 ± 4.64 (5.74 ± 1.55)	73.43 ± 5.77 (74.76 ± 6.38)	50.4 ± 5.79 (44.4 ± 3.53)
Riz³ (n = 10)	3 - 6 %	50 - 100 %	15 - 38 °C	1 - 40 j	Sacs en polyéthylène, bocaux ou fosses	56.61 ± 19.09	83 ± 2.16	6.44 ± 0.33 (4.07 ± 1.40)	71.26 ± 0.26 (72.9)	55.66 ± 1.52 (45)
Mil⁴ (n = 3) Mais⁴ (n = 3) Sorgho⁴ (n = 3)	6 %	52 %	35 - 38 %	1 - 33 j	Bocaux	56.06 ± 22.18	-	12.26 ± 0.19 (3.48) 15.51 ± 0.55 (5.90) 15.57 ± 0.62 (2.73)	-	-
Auteurs	(1) CHERMITI et al. (1989); BENTALEB (1990); NEDJEM (1991); CHENOST et BESLE (1992); NYARKO-BADOHU et al. (1993); SRAIRI (1997); CANEQUE et al. (1998); (2) ABDOULI et KORCHANI (1987); MUNOZ et al. (1991); HADJI-PANAYIOTOU et ECONOMIDES (1997); (3) SAADULLAH et al. (1981); TRACH et al. (1998); (4) PARE (1990).									

Annexe 6. Les différentes sources d'uréases dans la nature D'après MOBLEY et HAUSINGER (1989) ; BENTALEB (1990) ; SIRKO et BRODZIK (2000)

Formes et répartition de l'azote dans une meule de paille traitée à l'urée par la méthode de l'alternance de l'arrosage des lits

Origines	Sources	Famille	Urée rencontrée dans
Les plantes	*Champignons	- Mucoracées	<i>Mucor boviducalun</i> (mycélium)
		- Aspergillacées	<i>Aspergillus niger</i> Vartigh
		- Agaricacées	<i>Aspergillus Glaucus</i> Link
		- Polyporacées	Très nombreuses espèces (coprophores)
		- Bolétacées	
	*Algues et levures		
	*Phanérogames	- Graminées	<i>Eambusa arundinaceawild</i> <i>Oryza sativa</i> L (graine et paille). <i>Hordeum vulgare</i> (paille) <i>Zea mais</i> , <i>Panicum milaceum</i> , <i>Sorghum bicolor</i> <i>Triticum vulgare</i>
		- Rosacées	<i>Prunus amygdalus</i> (fruit mur) <i>Morus alba</i> (feuilles)
- Légumineuses		<i>Lupinus luteus</i> L. (graines) <i>Soja hispida munch</i> , <i>Canavalis ensiformis</i> <i>Glycyrrhiza glabra</i> L., <i>Trifolium</i> , <i>Pisum sativum</i> <i>Equina minor</i> , <i>Medicago sativa</i>	
- Rutacées		<i>Citrus bigardia risso</i> (fruit mur) <i>Citrus madurencis</i>	
- Euphorbiacées		<i>Racinus communis</i> L. (graines) <i>Urena lobata</i> L. <i>Strophantus</i> sp <i>Sesamum indicum</i>	
-Cucurbitacées		<i>Citrillus vulgaris</i> (germination) <i>Cucurbita pepo</i>	
Bactéries uréolytiques		*Déjections animales et humaines	- Ovin
	- Bovin		<i>Succinovibrio dextrinsolvens</i> ; <i>Treponema</i> sp ; <i>Bacteroides ruminicola</i> , <i>peptostreptococcus productus</i>
	- Humain		<i>Streptococcus mitis</i> ; <i>Eubacterium aerofaciens</i> ; <i>E. lentum</i> ; <i>Clostridium</i> sp ; <i>Bacteroides multiaacidus</i> ; <i>B. bifidum</i> ; <i>Coprococcus catus</i>
	*Urines		
*Sol		<i>Bacillus pasteurii</i> ; <i>Aspergillus tamaris</i>	

Annexe 7. Effet du traitement à l'urée sur l'enrichissement des pailles en azote.

Travaux	Nature de la paille	traitement			MAT témoin (% MS)	MAT traitée (% MS)	Taux de fixation de l'azote sur la paille
		Dose (%)	Durée (j)	Temp. (°C)			
Travaux étrangers	Blé ¹ (n = 2)	8	60	2 - 15	2.87	7.81 ± 0.62	45.55 ± 4.17
	Orge ² (n = 11)	2 - 7	30 - 60	37	5.53 ± 1.10	11.82 ± 4.61	47.65 ± 18.00
Travaux Algériens	Blé ³ (n = 18)	6 - 7 et 20 à 40 % d'humidité	45 - 75	25 - 35	4.44 ± 1.73	12.60 ± 2.97	42.94 ± 9.02
	Mil ⁴ (n = 3)	3 - 6	21 - 33	30 - 38	3.48	10.45 ± 3.12	46.28 ± 6.77
	Mais ⁴ (n = 3)	3 - 6	21 - 33	30 - 38	5.90	13.59 ± 3.34	51.27 ± 6.68
	Riz ⁴ (n = 3)	3 - 6	21 - 33	30 - 38	5.63	12.23 ± 3.45	42.81 ± 11.15
	Sorgho ⁴ (n = 3)	3 - 6	21 - 33	30 - 38	2.73	13.51 ± 3.60	74.18 ± 2.89
	Toutes pailles confondues ⁵ (n = 19)	2 - 8	21 - 90	20 - 38	3.62 ± 1.29	13.70 ± 8.45	40.77 ± 26.27
PTNH ⁵ (n = 75)	Toutes pailles confondues	3 - 5	Four : 6 - 120 Meule : 24 h	Four : 90 Meule : 8 - 29	3.81 ± 1.09	9.11 ± 2.71	30.41 ± 12.95
Auteurs	(1) DIAS-DA-SILVA et SUNDSTOL (1986); (2) ABDLOULI et KORCHANI (1987); MACDEARMID <i>et al.</i> (1988); HADJI-PANAYIOTOU <i>et al.</i> (1997); (3) LAMRANI (1990); HAOUACHE (1991); REZZOUG (1991); HOUMANI (1997); HOUMANI (1998); OUARTI (2000); HOUMANI <i>et al.</i> (2001); (4) PARE (1990); (5) CHABACA (1993).						

Annexe 8. Formes d'azote dans les pailles traitées à l'urée.

Type de traitement	Nature de la paille	Conditions de traitement	Urée résiduelle (g / kg MS)	Dégradabilité de l'azote à 48h (%)	Teneur en azote dans la paille (g)				
					N.Total	Soluble			Non soluble
						N-NH ₃	NS	N-non-NH ₃	
PTU	Blé ¹ (n = 12)	4 - 8 % urée 45 - 100 j 16.5 - 40 % Humidité 12 - 35 °C	14.92 ± 22.03 (18.97 ± 12.49)	75.93 ± 7.42	1.99 ± 0.46	1.08 ± 0.62 (49.93 ± 24.12)	(53 ± 11.44)	0.38 ± 0.24 (17.75 ± 9.22)	0.37 ± 0.07 (18.17 ± 5.94)
	Orge ² (n = 16)	4 - 6 % 40 - 60 j 16.5 - 40 % d'humidité 20 - 35 °C	6.51 ± 7.48	-	2.76 ± 0.62	0.58 ± 0.36 (23.01 ± 14.55)	1.92 ± 0.81 (67.04 ± 13.34)	1.43 ± 0.92 (47.71 ± 22.76)	0.75 ± 0.29 (29.17 ± 15.74)
	Triticales ³ (n = 2)	40 g + 250 ml d'eau / kg de paille - 60 j	-	-	1.40 ± 0.09	0.5 (33.1 ± 1.13)	0.8 ± 0.14 (64.15 ± 1.62)	-	-
PTNH ³	Blé (n = 12)	3 - 5 % 6 - 60 j 6 - 30 °C	-	73.03 ± 12.75	1.88 ± 1.15	1.57 ± 1.44	0.84 ± 0.57	0.78 ± 0.13	0.48 ± 0.06
PNT	Blé ⁴ (n = 7)	-	-	50.15 ± 10.46	0.49 ± 0.19	0.02 ± 0.02	(34)	0.13 ± 0.04	0.24 ± 0.03
Auteurs	(1) BENAHMED et DULPHY (1985); CHERMITI <i>et al.</i> (1989); CHENOST et BESLE (1992); CHABACA (1993); SRAIRI (1997); CANEQUE <i>et al.</i> (1998); BENTCHICOU et BOUKADOUM (1999); (2) MUNOZ <i>et al.</i> (1994); CHERMITI (1994); SOUZA <i>et al.</i> (2001); (3) ROKBANI et NEFZAOUI (1993); (4) BENAHMED et DULPHY (1985); CHENOST et BESLE (1992); CHABACA (1993); BENTCHIKOU et BOUKADOUM (1999).								

Annexe 9. La composition de la salive artificielle Mc Dougall (Pour un litre de solution mère)

Produits	Quantités (g)
Na ₂ HPO ₄ , 12H ₂ O	46.5
NaHCO ₃	49.00
NaCl	2.35
KCl	2.85
CaCl ₂	0.20
MgCl ₂	0.30

Annexe 10. La composition de la solution d'oligoéléments.

Eléments	Quantité (g)	Sels utilisés	Poids du sel (g)
Zn	300	Zn SO ₄ ,7H ₂ O	13.196
Co	3	CoCl ₂ , 6H ₂ O	0.012
Mn	615	Mn SO ₄ , H ₂ O	1.889
Fe	575	Fe SO ₄ ,7H ₂ O	2.862
Se	0.6	Se	0.0006
Cu	55	Cu SO ₄ ,5H ₂ O	0.216
Mo	0.7	MO ₂ (NH ₄) ₅ , 5 H ₂ O	0.009
I	1.4	I	0.0014

Annexe 11. Composition de la solution tampon (g / l) (DURAND, 1978)

Produits	Na ₂ HPO ₄ 12H ₂ O	NaHCO ₃	NaCl	KCl
Quantités (g)	7.12	9.24	0.47	0.45

Annexe 12. Les différentes formes d'azote des différents échantillons de paille

Lits	Echantillons	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	
		N fixé sur NDF (% NT)	N S NDF (%NT)	NSD (% NT)	N NH ₃ P (% NT)	NS NDF NSD (% NT)	NSD - NNH ₃ P (% NT)	NU (% NSD)	
Lit a	a1	11,55 ^b	88,45 ^d	86,69 ^{cd}	2,41 ^a	1,76	84,28	1,77 ^a	
	a2	21,98 ^a	78,02 ^a	59,09 ^a	8,08 ^c	18,94	51,01	18,78 ^b	
	a3	7,61 ^a	92,39 ^e	88,84 ^d	2,16 ^a	3,55	86,68	3,05 ^a	
	a4	16,34 ^d	83,66 ^b	85,48 ^c	41,55 ^f	-1,82	43,93	0,00 ^a	
	a5	14,42 ^c	85,58 ^c	85,71 ^c	10,20 ^d	-0,14	75,52	1,03 ^a	
	a6	22,79 ^e	77,21 ^b	81,08 ^b	12,70 ^e	-3,87	68,38	0,00 ^a	
	a7	6,08 ^a	93,92 ^e	94,41 ^e	3,45 ^b	-0,48	90,96	0,16 ^a	
	Moyenne ± écart type	14,36 ± 6,23	85,60 ± 6,23	83,04 ± 10,90	12,38 ± 13,56	2,56 ± 7,60 ^a	71,54 ± 18,16	3,02 ± 6,47	
	RSE	0,89	0,89	1,24	0,53	-	-	2,74	
	R ²	0,986	0,986	0,993	0,999	-	-	0,858	
	p	**	**	**	**	-	-	**	
	Lit b	b1	20,61 ^a	79,39 ^d	73,16 ^{ab}	5,62 ^b	6,23	67,54	0,88 ^a
		b2	39,72 ^d	60,28 ^a	75,06 ^b	5,60 ^b	-14,78	69,46	3,85 ^b
b3		30,31 ^{bc}	69,69 ^{bc}	71,98 ^a	7,00 ^{4a}	-2,28	64,97	8,21 ^c	
b4		18,86 ^a	81,14 ^d	78,28 ^c	2,92 ^a	2,86	75,37	0,31 ^a	
b5		31,25 ^{bc}	68,75 ^{bc}	74,17 ^{ab}	8,06 ^e	-5,42	66,12	1,19 ^a	
b6		31,68 ^c	68,32 ^b	75,21 ^b	5,87 ^{bc}	-6,88	69,34	0,63 ^a	
b7		27,89 ^b	72,11 ^c	81,57 ^d	6,09 ^c	-9,46	75,48	0,89 ^a	
Moyenne ± écart type		28,66 ± 6,92	71,37 ± 6,92	75,63 ± 3,24	5,87 ± 1,50	"-4,25" ± 7,19 ^b	69,75 ± 4,19	2,27 ± 2,82	
RSE		1,93	1,93	1,08	0,26	-	-	0,93	
R ²		0,944	0,944	0,948	0,976	-	-	0,94	
p		**	**	*	**	-	-	**	
Lit c		c1	6,80 ^b	93,20 ^d	87,02 ^d	3,47 ^b	6,18	83,55	1,82 ^a
		c2	13,89 ^d	86,11 ^b	71,96 ^{ab}	3,59 ^b	14,15	68,38	0,00 ^a
	c3	9,96 ^c	90,04 ^c	78,96 ^c	2,76 ^a	11,09	76,20	1,39 ^a	
	c4	9,95 ^c	90,05 ^c	76,14 ^c	4,62 ^c	13,91	71,51	0,00 ^a	
	c5	15,98 ^e	84,02 ^a	68,20 ^a	6,68 ^d	15,82	61,53	4,56 ^b	
	c6	10,26 ^c	89,74 ^c	75,70 ^{bc}	16,69 ^e	14,04	59,01	0,00 ^a	
	c7	5,11 ^a	94,89 ^e	91,96 ^d	3,72 ^b	2,94	88,24	0,40 ^a	
	Moyenne ± écart type	10,27 ± 3,58	89,79 ± 3,69	78,56 ± 8,07	5,90 ± 4,72	11,16 ± 4,81 ^c	72,63 ± 10,82	1,16 ± 2,28	
	RSE	0,51	0,51	1,54	0,32	-	-	1,88	
	R ²	0,985	0,986	0,979	0,996	-	-	0,475	
	p	**	**	**	**	-	-	*	
	Lit d	d1	12,74 ^c	87,26 ^c	72,52 ^a	6,48 ^a	14,75	66,04	3,80 ^d
		d2	16,00 ^d	84,00 ^b	72,41 ^a	8,28 ^d	11,59	64,14	0,00 ^a
d3		6,97 ^a	93,03 ^e	87,39 ^b	3,20 ^a	5,64	84,19	0,83 ^{ab}	
d4		7,77 ^{ab}	92,23 ^{de}	86,60 ^b	6,70 ^c	5,63	79,90	4,41 ^d	
d5		18,92 ^e	81,08 ^a	69,03 ^a	9,48 ^e	12,05	59,55	1,60 ^{bc}	
d6		16,21 ^d	83,79 ^b	69,65 ^a	14,97 ^f	14,14	54,68	3,02 ^{cd}	
d7		8,81 ^b	91,19 ^d	84,39 ^b	5,21 ^b	6,79	79,18	0,86 ^{ab}	
Moyenne ± écart type		12,48 ± 4,52	87,51 ± 4,52	77,42 ± 8,04	7,75 ± 3,55	10,08 ± 3,97 ^c	69,67 ± 11,37	2,07 ± 1,82	
RSE		0,74	0,74	1,51	0,22	-	-	1,04	
R ²		0,982	0,982	0,981	0,997	-	-	0,737	
p		**	**	**	**	-	-	**	
Meule		Moyenne ± écart type	-	-	-	-	4,89 ± 8,55	70,90 ± 11,56	-
		RSE	-	-	-	-	-	-	-
	R ²	-	-	-	-	0,549	0,01	-	
	p	-	-	-	-	*	NS	-	
PTNH3	Moyenne ± écart type	14,42 ± 0,29	85,57 ± 0,28	79,03 ± 0,61	-	6,54	-	-	
	Minimum	14,14	85,29	78,60	-	-	-	-	
	Maximum	14,71	85,86	79,47	-	-	-	-	

* : p < 0.05 ; ** : p < 0.0001 ; NS : non significatif (p > 0.05) ; R² : coefficient de détermination ; RSE : residual standard error (écart type résiduel) ; Dans la même colonne les valeurs affectées de lettres différentes sont significativement différentes.