

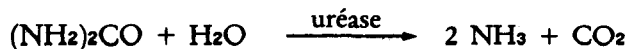
## UTILISATION DE L'URÉE COMME CONSERVATEUR DE FOURRAGE HUMIDE : EXEMPLE D'UNE ASSOCIATION SORGHO-SOJA PLANTES ENTIÈRES (PREMIERS RÉSULTATS)

**A**U COURS DE CES DERNIÈRES ANNÉES, LE TRAITEMENT DES PAILLES À L'AMMONIAC POUR AMÉLIORER LEUR DIGESTIBILITÉ ET LEUR INGESTIBILITÉ A ÉTÉ ÉTUDIÉ en France, notamment par CORDESSE et al. (1981-1983), et très rapidement adopté par de nombreux éleveurs.

S'il ne s'agit pas de pailles récoltées humides, il est souhaitable qu'elles soient réhumidifiées : en effet, le taux de matière sèche (M.S.) le plus favorable à la réussite du traitement se situe aux environs de 70-75 % (GUILLERMIN, 1983).

Malgré cette teneur élevée en humidité, le produit est parfaitement sain compte tenu du rôle fongicide de l'ammoniac qui est ainsi confirmé. Il est alors logique de penser à utiliser l'ammoniac pour stabiliser les fourrages récoltés humides.

Différentes sources d'ammoniac sont envisageables, en particulier l'urée en présence d'uréase. La réaction globale est la suivante :



par X. GARAMBOIS

60 g d'urée  $\longrightarrow$  34 g d'ammoniac

Dans le cas de la paille, SCHMIDT et al. (1982) ont décrit le processus chimique qui donnerait lieu, grâce à une réaction réversible, à une libération très progressive d'ammoniac.

L'hydrolyse de l'urée, dans un premier temps, ne serait pas totale : l'urée résiduelle et les nouveaux composés formés tiendraient lieu de source d'ammoniac qui maintiendraient le pouvoir de conservation pendant une longue période.

Les effets de la température, de la durée du traitement, de la teneur en M.S. du produit sur l'efficacité du traitement de la paille de blé ont été étudiés par CLOETE et al. (1984). Un traitement de 1 à 2 semaines à 35 °C donnerait des résultats comparables à ceux d'un traitement de 6 semaines à 24 °C, en particulier avec des humidités élevées (teneur en M.S. de 62,5 %).

### **Intérêt de l'urée**

L'urée est très utilisée d'une part comme engrais, d'autre part comme source d'azote non protéique dans l'alimentation des ruminants. Dans ce dernier cas, les conditions d'utilisation avec des rations à base d'ensilage de maïs ou de pulpe de betteraves notamment sont bien précisées : limites et fragmentation de l'apport, ajustement des apports de minéraux, etc. Contrairement à celui de l'ammoniac, l'approvisionnement en urée est assuré en toutes régions, y compris en montagne. Sa manipulation et son stockage sont faciles et ne nécessitent pas d'équipement particulier. Le fractionnement ou le contrôle des quantités employées est aisé et précis.

Par contre, dans les conditions actuelles du marché français, le prix au départ, emballage non compris, est en faveur de l'ammoniac.

Certains essais à l'étranger (GHATE, 1979-1981 ; HEMMING, 1980 ; DOLBERG, 1981 ; CAFANTARIS, CLOETE, JAYASURINYA, MBATYA, MIRA, ORSKOV, 1983 ; WILLIAMS, 1984) avaient donné des résultats de conservation assez satisfaisants mais des résultats irréguliers pour l'amélioration de la valeur nutritive, évaluée par des tests chimiques.

Par contre, les essais d'alimentation de ruminants avec des fourrages traités à l'urée comme source d'ammoniac sont peu nombreux et les résultats décevants.

Il est possible que la plupart des réserves sur l'utilisation de l'urée, signalées dans la bibliographie, résultent de l'absence ou d'une incorporation insuffisante d'uréase. Or, cet enzyme est indispensable à la libération de l'ammoniac : elle doit être soit présente dans le fourrage, soit rajoutée au moment du traitement à l'urée.

Des cas de toxicité par excès d'ammoniac résultant d'un déséquilibre azoté de la ration ont par ailleurs été rencontrés en France au cours d'essais de conservation de foins humides à l'ammoniac et la technique est encore à l'étude (MENNESSIER, 1984 ; ESPINASSE, 1984).

### Sources d'uréase

L'uréase est très largement répandue dans le règne végétal. Elle est signalée chez différents champignons et phanérogames (tableau I). Les graines de 29 espèces de légumineuses, dont le trèfle et la luzerne, possèdent une activité uréasique décelable (ROSENTHAL, 1974). La teneur en uréase du soja, particulièrement élevée, varie avec les différents organes de la plante et le stade physiologique (GRANIER, 1939) ainsi qu'avec les variétés (BRUNEL et al., 1949). GRANIER précise que les graines mûres en contiennent les quantités les plus élevées, sous une forme qui ne serait pas rapidement dispersée en solution aqueuse.

Les graines de pois sabre (*Canavalia ensiformis*) auraient une activité uréasique 16 fois supérieure à celle du soja (BOLLARD, 1959) et constituent encore de nos jours la source principale de cet enzyme pour l'industrie chimique.

Au cours de notre essai, nous avons associé le sorgho grain, bien adapté à notre région, à un soja en proportion convenable pour constituer une source suffisante d'uréase.

**TABLEAU I**  
**PRINCIPALES SOURCES D'URÉASE DU RÈGNE VÉGÉTAL**  
(d'après BRUNEL et al. (1949))

	Familles	Plantes	Uréase rencontrée dans
Champignons	Mucoracées	Mucor Boidin Calm.	Mycélium
	Aspergillacées	Aspergillus niger Van Thiegh	Mycélium
		Aspergillus glaucus Lk	Mycélium
	Agaricacées	Très nombreuses espèces	Carpophore
	Polyporacées	Très nombreuses espèces	Carpophore
	Bolétacées	Très nombreuses espèces	Carpophore
Phanérogames	Graminées	Bambusa arundinacea Willd	Jeunes pousses
	"	Oryza sativa L.	Graines
	Rosacées	Prunus amygdalus Stok.	Fruits mûrs
	Légumineuses	Lupinus luteus L.	Graines
	"	Soja hispida Munch.	Graines
	"	Canavalia ensiformis D.C.	Graines
	"	Glycyrrhiza glabra L.	Graines
	Rutacées	Citrus Bigaradia Risso	Fruits mûrs
	"	Citrus madurensis Lour.	Fruits mûrs
	Euphorbiacées	Ricinus communis L.	Graines
	Malvacées	Urena Lobata L.	Graines
	Apocynacées	Strophantus sp.	Graines
	Pédaliacées	Sesamum indicum L.	Graines
	Cucurbitacées	Citrullus vulgaris Schrad	Germinations
	"	Cucurbita Pepo L.	Germinations

**Association sorgho grain-soja**

Cette association nous a semblé présenter un certain nombre d'autres avantages analogues à ceux du maïs-soja :

— l'apport non négligeable d'azote au fourrage grâce à l'incorporation de soja.

Cette association peut être envisagée en zone méditerranéenne irriguée comme deuxième culture après la récolte début juin d'une céréale immature ou d'un ray-grass d'Italie. Elle peut permettre également de décaler vers le Nord la limite d'exploitation des deux espèces méridionales que sont le sorgho et le soja en récoltant au stade de maturité physiologique : on gagne alors de 4 à 5 semaines sur la date de récolte du sorgho-grain sec. Si la somme de température est suffisante, on peut espérer récolter 100 jours après le semis au stade pâteux du sorgho.

## DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

### Culture

1 ha de sorgho grain-soja est mis en culture au Domaine de Fréjorgues, avec les variétés de précocités voisines Argence et Kingsoy. Le sorgho Argence est choisi parmi les plus pauvres en tanin, environ 0,5 % de la M.S. du grain (FEYT, 1985).

Le semis du 12 juin 1984 est réalisé en lignes alternées avec 2 rangs de sorgho et 1 de soja, avec un interligne de 20 cm, une densité de sorgho de 530 000 et de soja de 450 000 grains/ha.

La fertilisation P et K est de 150 kg/ha au semis et l'apport de fertilisation azotée est de 40 kg N/ha à la levée. Pour la période culturale de 100 jours, l'eau apportée par l'irrigation est de 240 mm (60 mm × 4) et par la pluie de 87 mm, soit au total 327 mm. La somme des températures supérieures à 0 °C en degrés-heure par 24 h est de 2206°.

La récolte des plantes entières a lieu le 21 septembre 1984, au stade pâteux du sorgho, le soja ayant alors des gousses et des grains bien formés. La teneur en M.S. du mélange sur pied est de 35 à 55 %. Le fauchage à la récolteuse conditionneuse sans hachage est suivi du bottelage en balles rondes de 300/350 kg après 4 jours de préfanage (65 à 75 % M.S.).

### Traitements

Au cours d'essais préalables avec contrôle de la teneur en urée, l'homogénéité d'incorporation et la durée d'action du produit ont été testées.

Le témoin  $T_0$  est conservé à l'air libre sous abri.

Les 3 traitements suivants lui sont comparés après conservation sous bâche pendant 68 jours :

—  $T_1$  : 3 % de  $NH_3$  gazeux avec injection très progressive étalée sur 4 jours ;

—  $S_0$  : 6 % d'urée en solution avec pulvérisation sur l'andain au moment du bottelage ;

—  $S_1$  : 6 % d'urée + 3 % de farine de soja avec dispersion du mélange sous forme de bouillie par arrosage de la balle après bottelage. Comme nous ne connaissons pas l'activité uréasique de la culture de soja, nous avons rajouté de la farine de graine de soja.

### Analyses et mesures

Les mesures suivantes ont été effectuées :

— mesure de l'activité uréasique à la mise sous bâche (AFNOR, 1976) ;

— mesure des températures en cours de conservation par thermomètre sonde ;

— mesure de la digestibilité in vitro à la cellulase fongique : la dégradation des parois à la suite du traitement est estimée par la mesure de la solubilité enzymatique seule et totale (solubilité due à l'enzyme + celle due au tampon) (REXEN, 1977) ;

— mesure de la digestibilité in vivo, selon la méthode de DEMARQUILLY et WEISS (1970) ; elle a été réalisée sur 2 lots de 5 béliers  
100 maintenus en cage de métabolisme : mesure des coefficients d'utilisation

*L'urée : conservateur*

digestive (C.U.D.) de la matière sèche (M.S.), de la matière organique (M.O.), des matières azotées (M.A.), de l'énergie (E), ainsi que des quantités ingérées (Q.I.).

— mesure de la teneur en urée (méthode U V-Kit BOERINGHER).

## RÉSULTATS ET DISCUSSION

### Composition du fourrage à la récolte et après traitement

Au stade immature de 100 jours, les feuilles du sorgho représentent 52 % de la M.S. de la plante entière (tableau II). Les teneurs en M.A.T. sont de 11 % pour les feuilles, de 9,1 % pour la plante entière et de

**TABLEAU II**  
COMPOSITION MORPHOLOGIQUE ET TENEURS À LA MISE  
SOUS BÂCHE DE L'ASSOCIATION SORGHO-SOJA  
(en P. 100 de la matière sèche du fourrage)

		Feuilles	Tiges	Panicule ou gousse + grains
	Sorgho	52	21	27
	Soja	31	58	11
<u>M.O.</u>	Sorgho	91,5	93,7	90,6
	Soja	89,6	91	93,9
<u>M.A.T.</u>	Sorgho	11	4,6	9
	Soja	18,8	10,2	31,6

**TABLEAU III**  
**COMPOSITION CHIMIQUE DE L'ASSOCIATION SORGHO-SOJA**  
**AVANT ET APRÈS TRAITEMENT**  
(en P. 100 de la matière sèche)

		T <sub>0</sub> non traité	T <sub>1</sub> NH <sub>3</sub>	S <sub>0</sub> urée 6 %	S <sub>1</sub> urée 6 % far. soja 3 %
M.S.	Avant	75	70,3	64,8	75
	Après	-	54,5	45	50,8
M.O.	Avant	93,7	93,7	97,7	93,7
	Après	-	92,4	91,8	92,4
M.A.T.	Avant	10,3	10,3	10,3	10,3
	Après	-	17,6	16,8	16,7
Energie brute Mcal/kg MS	Après	-	4,46	5,13	-

10,3 % pour le mélange sorgho-soja (tableau III). On note une amélioration non négligeable de la teneur en M.A.T. grâce à l'apport du soja : 1,2 point; soit 13 %.

Du fait du traitement, les gains de teneur en M.A.T. sont de 6,5 et 6,4 points pour S<sub>0</sub> et S<sub>1</sub> avec l'urée, de 7,3 points pour T<sub>1</sub> avec l'ammoniac.

Avant et après traitement, l'éventail des teneurs en M.S. correspond aux conditions réelles de l'expérience mais n'autorise pas une comparaison rigoureuse entre lots. L'activité uréasique du soja à la récolte (azote en mg, libéré en 30 mn par g de produit sec) est de 54 pour les graines et nulle pour les feuilles et les tiges.

L'énergie brute est trouvée plus élevée pour le lot S<sub>0</sub> que pour le lot T<sub>1</sub>, mais peut-être s'agit-il d'une hétérogénéité résultant de la présence de grains de soja.



### Conservation, évolution des températures

L'ouverture des meules a lieu à 68 jours ; la moyenne des températures ambiantes pour les 3 premières décades est de 16 °C.

— Le témoin T<sub>0</sub> non traité et conservé à l'air libre est complètement moisi. La température maximale atteinte, 65 °C, est la plus élevée des 4 lots (figure 1).

— Le lot T<sub>1</sub>, traité à l'ammoniac, a un très bon aspect et une teinte verte homogène. La température, avec un pic à 56 °C, est montée puis a baissé très rapidement. La courbe est d'allure semblable à celle signalée par le C.E.M.A.G.R.E.F. (1978) et par CORDESSE (1981) pour la paille.

— Le lot S<sub>0</sub>, traité à l'urée, a un très bon aspect mais une teneur en M.S. hétérogène pour une même balle : au centre 60,7 %, en haut 36,6 %, effet de la condensation nocturne à la périphérie au contact de la bâche, en bas 37,4 %, effet du drainage. Les feuilles sont restées très vertes, sauf au centre où elles sont brunes. L'ensemble est absolument exempt de moisissures.

Le maximum de température atteint est du même ordre que pour T<sub>1</sub> mais avec une différence sensible pour chacune des 2 balles contrôlées : 45 et 59 °C. La baisse des températures est moins rapide qu'avec le lot à l'ammoniac mais dans les deux cas il y a persistance de températures supérieures à 35 °C pendant deux semaines.

— Le lot S<sub>1</sub>, urée + farine de soja, a également bon aspect, sauf au centre où le produit est mal réparti. Les températures maximales sont les moins élevées, 38 à 45 °C, mais restent supérieures à 30 °C pendant 1 mois. Il est à noter que les balles, une fois ouvertes, doivent être consommées assez rapidement.

L'échauffement des meules peut être caractérisé par la somme des élévations de température relevées chaque jour au centre de la balle par rapport à la moyenne journalière de la température ambiante jusqu'à l'équilibre. Pour S<sub>0</sub>, il est possible que la balle n° 1 ait bénéficié d'une meilleure répartition du produit que la balle n° 2.

**FIGURE 1**  
**ÉVOLUTION DES TEMPÉRATURES**

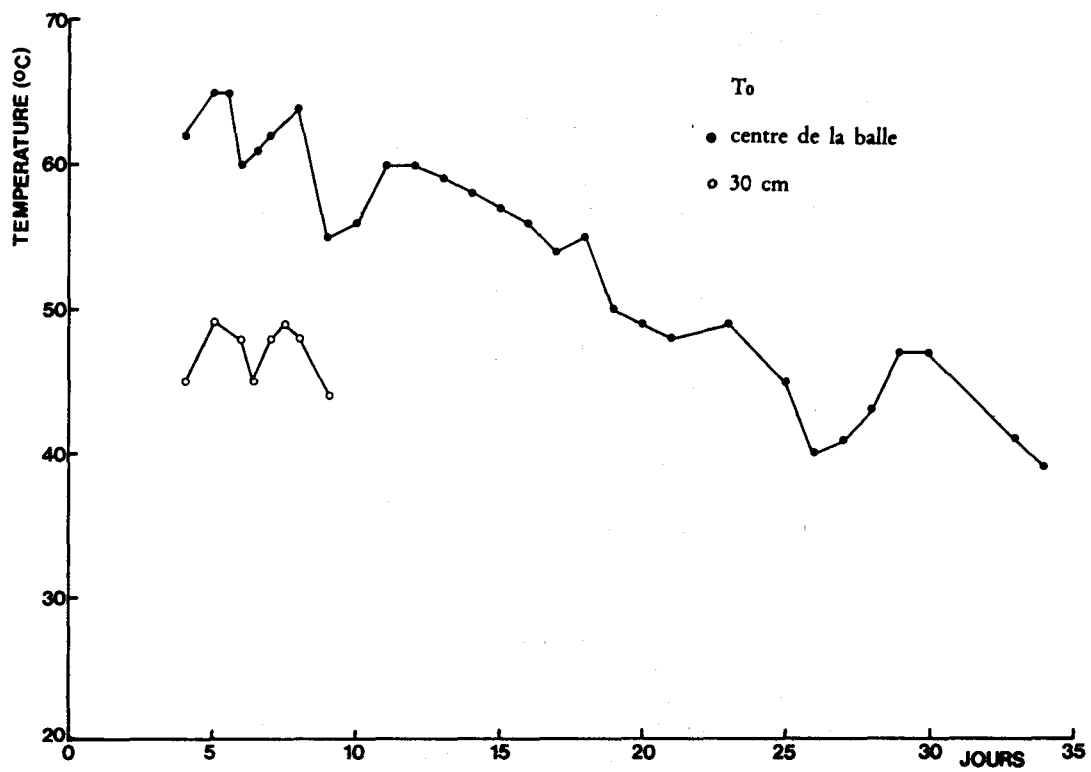
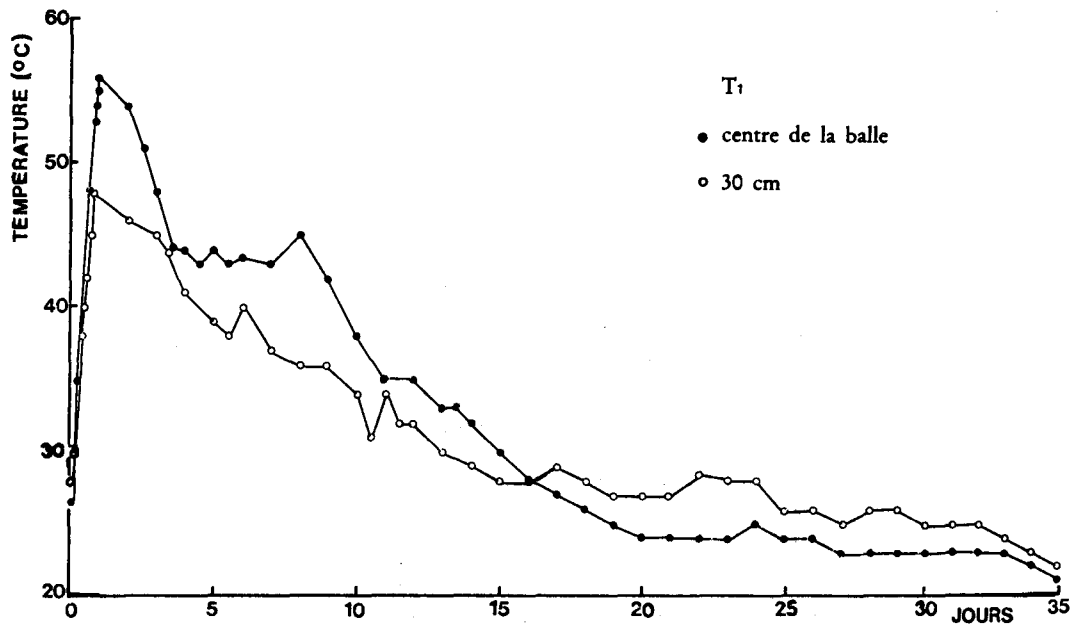
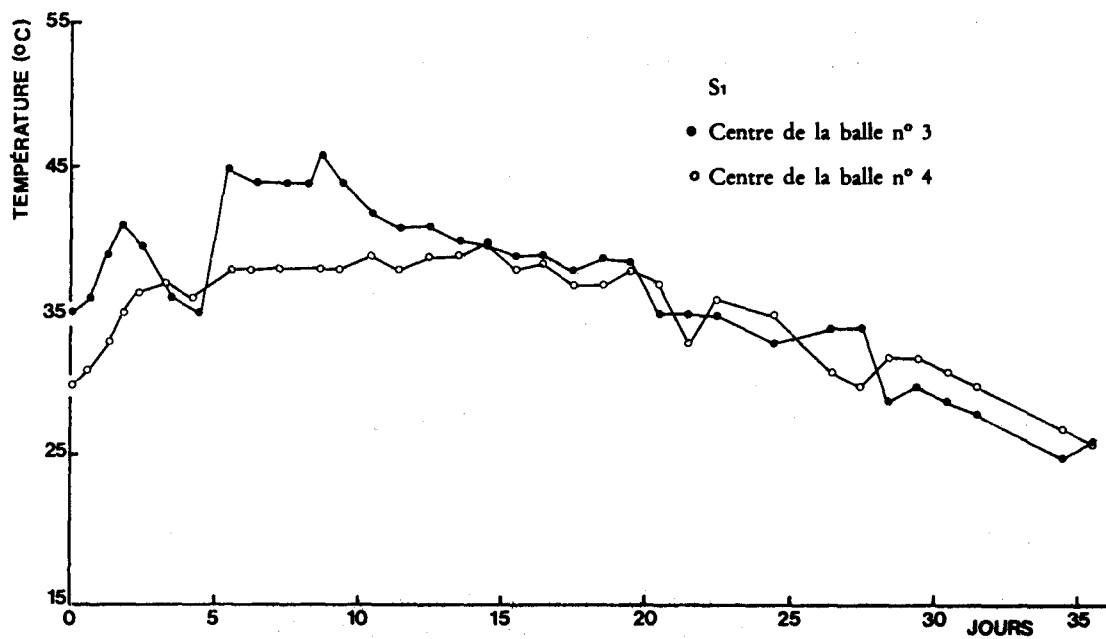
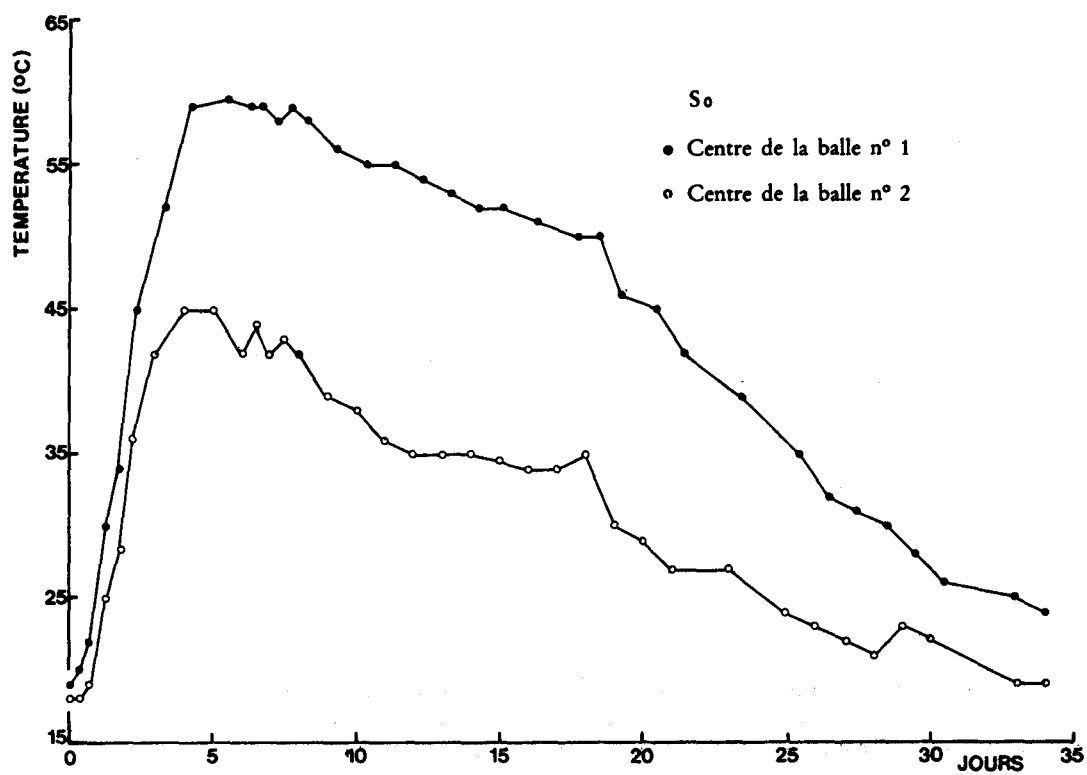


FIGURE 1 (suite)  
ÉVOLUTION DES TEMPÉRATURES



L'échauffement (en °) au centre des balles est calculé d'après les chiffres correspondants aux figures 1 et 2 et présenté ci-après :

T <sub>1</sub>	S <sub>0</sub>		S <sub>1</sub>	
	1	2	3	4
550	535	947	668	726

Une élévation de température ainsi qu'un « échauffement » plus faibles devraient conduire à une altération moins accentuée des sucres et des protéines, mais ce problème reste à étudier aussi bien pour l'urée que pour l'ammoniac.

L'amélioration de la solubilité enzymatique (selon REXEN, 1977) est la plus élevée pour le traitement à l'ammoniac mais les résultats obtenus avec l'urée sont du même ordre et très encourageants :

		T <sub>0</sub>	T <sub>1</sub>	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>
solubilité	Seule	6,1	12,3	11,1	13,8
fongique	Totale	27	50,2	43,2	45

L'urée résiduelle est très faible, respectivement 0,14 et 0,09 % pour S<sub>0</sub> et S<sub>1</sub>.

#### Digestibilité in vivo

Les mesures sont effectuées sur le lot T<sub>1</sub>, traité à l'ammoniac, et S<sub>0</sub>, traité à l'urée seule, tous deux très bien conservés. Le fourrage est distribué

L'urée : conservateur

non haché aux animaux en ayant soin d'ajouter un complément minéral spécial pour rations à base de paille traitée à l'ammoniac (UCAPHOS 38 P). Les résultats sont assez voisins pour les deux traitements (tableau IV). Les C.U.D. de la M.S., de la M.O. et de la M.A. du lot traité à l'urée sont toutefois un peu plus faibles ; par contre le C.U.D. de l'énergie est plus élevé que celui du lot traité à l'ammoniac. Pour les quantités ingérées, la différence est en faveur de ce dernier.

En l'absence de mesures sur le témoin To moisi et inconsommable, les résultats du lot S o traité à l'urée seule peuvent être comparés à ceux d'un autre fourrage. Ils sont du même ordre que les C.U.D. de M.O. et les Q.I. d'un « foin sec de prairie naturelle de montagne, 1<sup>er</sup> cycle, pleine épiaison, fané au sol par beau temps » : 61 % et 57 g/kg P<sup>0,75</sup>, indiqués dans les tables de l'alimentation des ruminants (INRA, 1978).

**TABLEAU IV**  
**DIGESTIBILITÉ ET QUANTITÉS INGÉRÉES DE FOURRAGE**  
**DE SORGHO-SOJA IMMATURE**

		T <sub>1</sub> traité NH <sub>3</sub> 3 %	Ecart type	S <sub>0</sub> traité urée 6 %	Ecart type
CUD	MS	61,5	3,5	56,8	2,1
	MO	65,6		61,2	
	MA	62,0		57,4	
	Energie	64,8		68,8	
Qi g/kg P <sup>0,75</sup>		60,2	3,0	57,2	4,7

## CONCLUSION

Il s'agit d'essais préliminaires. Ces premiers résultats de conservation de fourrage humide à l'urée sont très encourageants en ce qui concerne la libération d'ammoniac et la stabilité du produit mais demandent une étude plus approfondie, en particulier pour la consommation par les animaux et le devenir des protéines du fourrage initial.

Le choix de l'urée pourrait s'imposer comme source d'ammoniac chaque fois qu'il s'agit de conserver un produit humide mais dont on ne cherche pas avant tout à améliorer la qualité, comme c'est le cas pour les pailles.

En effet, l'hydrolyse de l'urée permet d'assurer un dégagement faible d'ammoniac pendant une très longue période, à condition que l'activité uréasique du milieu soit maintenue.

Il reste à préciser les taux d'uréase et d'urée, ainsi que la durée d'action, nécessaires et suffisants pour la réussite du traitement. Il est également très important de parvenir à une bonne répartition des produits dans la masse du fourrage. Pour l'uréase, la culture en mélange d'une plante qui contient cette enzyme, quand elle est possible, apporte une solution simple à ce problème.

Quant à l'application pratique de ce procédé, dans l'état actuel de nos connaissances, la plus grande prudence est conseillée et les fourrages humides traités ne devraient pas représenter plus de la moitié de la ration de foin.

X. GARAMBOIS,

*I.N.R.A.-E.N.S.A. de Montpellier,  
Station de Physiologie Animale,  
Domaine Expérimental de Fréjorgues (Hérault),  
avec la collaboration technique de  
E. BOUTHIER, Michèle INESTA,  
D. FABRE et J.L. GAUBERT.*

#### LISTE DE MOTS-CLÉS

Aliment, association végétale, conservateur, digestibilité, fourrage, léguminosae, soja, sorgho, uréase, urée.

#### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BO GOHL (1982) : *Les aliments du bétail sous les tropiques*, FAO n° 12, B33 Stockholm, Suède.

BOLLARD E.G. (1959) : « Urease, urea and ureides in plants », *Symp. Soc. Exp. Biol.*, Vol. 13., 304-329.

BRUNEL A. et CAPELLE G. (1949) : *Traité pratique de Chimie végétale - III*, 619-621.

CAFANTARIS B., KHAN J. et MENKE K.H. (1983) : *Aufschluss von stroh mit Harnstoff und einem Urease-Praltingen Pflanzenextrakt*, *Das wirtschaftseigene Futter*, 29-3, 207-213.

CLOETE S.W.P., de VILLIERS T.T. et KRITZINGER N.M. (1983) : « The effect of temperature on the ammoniation of wheat straw by urea », *S. Afr. J. Anim. Sci.*, 13, 202-203.

CLOETE S.W.P. et KRITZINGER N.M. (1984) : « A laboratory assessment of various treatment conditions affecting the ammoniation of wheat straw by urea. 1. The effect of temperature, moisture level and treatment period », *S. Afr. J. Anim. Sci.*, 14, 55-58.

CLOETE S.W.P. et KRITZINGER N.M. (1984) : « Ammoniation compared to urea supplementation as a method of improving the nutritive value of wheat straw for sheep », *S. Afr. J. Anim. Sci.*, 14, 59-63.

CORDESSE R. (1982) : *Amélioration de la valeur nutritive des pailles par les traitements chimiques*, thèse de docteur-ingénieur, Montpellier.

DEMARQUILLY C. et WEISS Ph. (1970) : *Tableaux de la valeur alimentaire des fourrages*, Éd. I.N.R.A.

- DOLBERG F., SAADULLAH M., HAQUE M. et AHMED R. (1981) : « Conservation des pailles traitées à l'urée », *revue mondiale de Zootechnie*, Avril-Juin, 37-41.
- ESPINASSE J. (1984) : « Intoxication ammoniacale chez les ruminants », *Le Point vétérinaire*, 16, 47-52.
- FEYT H. (1985) : « Les sorghos nouveaux sont arrivés », *La France agricole*, 19 avril, 38-40.
- GHATE S.R. et BILANSKI W.K. (1979) : « Treating high-moisture alfalfa with urea », *transactions of the A.S.A.E.*, 22, 504-506.
- GHATE S.R., BILANSKI W.K. et WINCH J.E. (1981) : « Urea as a forage preservative », *transactions of the A.S.A.E.*, 24, 564-567.
- GHATE S.R. et BILANSKI W.K. (1981) : « Preservation of high-moisture corn using urea », *transactions of the A.S.A.E.*, 24, 1047-1049.
- GRANICK S. (1939) : « Urease distribution in Soja Max. », *Plant physiology*, 13, 29-54.
- GUILLERMIN P. (1983) : *Le traitement des pailles par les agents alcalins*, mémoire de D.A.A., Montpellier.
- HEMMING J.G. (1980) : *Slow drying of hay and straw bigrolls using urea as a prohibitive*, Swedish Univ. Agric. Sci., Uppsala, Report 64.
- JAYASURIYA M.C.N. et PEARCE G.R. (1983) : « The effect of urease enzyme on treatment time and the nutritive value of straw treated with urea as ammonia », *Anim. Feed. Sci. Technol.*, 8, 271-281.
- MBATYA P.B.A., KAY M. et SMART R.I. (1983) : « Methods of improving the utilization of cereal straw by ruminants. I. Supplements of urea, molasses and dried grass and treatment with sodium hydroxide », *Anim. Feed. Sci. Technol.*, 8, 221-227.
- MBATYA P.B.A., KAY M. et SMART R.I. (1983) : « Methods of improving the utilization of cereal straw by ruminants. III. A note on the effect of ensiling straw treated with urea », *Anim. Feed. Sci. Technol.*, 9, 181-183.
- MENNESSIER M. (1984) : « Conservation des foins humides à l'ammoniac », *La France agricole*, 7 déc., 35-37.
- MIRA J.J.F. et KAY M. (1983) : « Treatment of barley straw with urea and anhydrous ammonia for growing cattle », *Anim. Prod.*, 36, 271-275.
- ORSKOV E.R., REID G.W., HOLLAND S.M., TAIT C.A.G. et LEE N.H. (1983) : « The feeding value for ruminants of straw and whole-crop barley and oats treated with anhydrous or aqueous ammonia or urea », *Anim. Feed. Sci. Technol.*, 8, 247-257.



- REXEN B. (1977) : « Enzyme solubility - a method for evaluating the nutritive value of alkali treated straw », *Anim. Feed. Sci. Technol.*, 2, 205-218.
- ROSENTHAL G.A. (1974) : « The interrelationship of canavanine and urease seeds of the Lotaïdeae », *J. exper. Botany.*, 25, 609-613.
- SCHMIDT L., WEISSBACH F., BLOCK H.J. et HAACKER Kati (1982) : « Harnstoff als Konservermugsmittel bei der Lagerung feuchter Futterstoffe », *Arch. Tierernährung.*, 32, 57-68.
- TETLOW R.M. : *Urea as an additive for hay*, Grassland. Res. Inst. Anim. Report., abstract 118.
- WILLIAMS P.E.V., INNES G.M. et BREWER A. (1984) : « Ammonia treatment of straw via the hydrolysis of urea. I. Effects of dry matter and urea concentrations on the rate of hydrolysis of urea », *Anim. Feed. Sci. Technol.*, 11, 103-113.
- CEMAGREF, I.N.R.A.-Theix (1978) : *L'application d'ammoniac dans les fourrages et les pailles.*