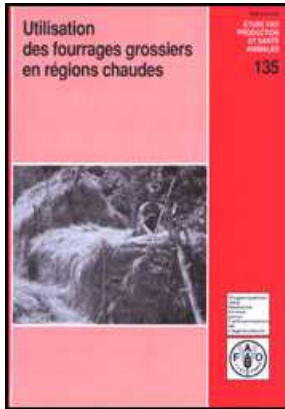


## Utilisation des fourrages grossiers en régions chaudes (Étude FAO - Production et santé animales - 135)

---



### [Table des matières](#)

---

par

**M. Chenost**

Institut national de la recherche agronomique (INRA)

Centre de recherche de Clermont-Ferrand-Theix

France

et

**C. Kayouli**

Institut national agronomique (INAT)

Tunisie

**FAO - Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture  
Rome, 1997**

Les appellations employées dans cette publication et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones, ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites.

M-23

ISBN 92-5-203981-3

Tous droits réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite, mise en mémoire dans un système de recherche documentaire ni transmise sous quelque forme ou par quelque procédé que ce soit: électronique, mécanique, par photocopie ou autre, sans autorisation préalable du détenteur des droits d'auteur. Toute demande d'autorisation devra être adressée au Directeur de la Division de l'information, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Viale delle Terme di Caracalla, 00100 Rome, Italie, et comporter des indications

précises relatives à l'objet et à l'étendue de la reproduction.

© **FAO 1997**

*Cette version numérique du document a été scannérisé en utilisant des logiciels de reconnaissance optique de texte (OCR) et en vérifiant manuellement et attentivement le texte. Bien que la digitalisation soit de haute qualité, la FAO décline toute responsabilité pour les éventuelles différences pouvant apparaître dans ce document par rapport à la version imprimée originale.*

---

## **Table des matières**

---

### **Remerciements**

### **Introduction**

## **I. Rappels sur l'anatomie du tube digestif des ruminants et l'utilisation digestive des fourrages pauvres**

### **1.1. Anatomie du tube digestif**

### **1.2. Importance des microbes chez les ruminants:**

### **1.3. Utilisation digestive des fourrages pauvres**

#### **1.3.1. Composition chimique**

1.3.2. Utilisation digestive

1.3.2.1. Généralités

1.3.2.2. Conditions d'une bonne utilisation digestive

1.3.3. Conséquences sur les quantités ingérées et la digestibilité, donc la valeur alimentaire

1.4. Conclusion et stratégies permettant de valoriser les fourrages pauvres

**II. Les traitements**

2.1. Les traitements physiques

2.1.1. Les traitements mécaniques

2.1.2. Les traitements thermiques à la vapeur

2.2. Les traitements biologiques

2.3. Les traitements chimiques

**III. Le traitement à l'ammoniac**

3.1. Le réactif ammoniac

3.2. Facteurs de réussite du traitement à l'ammoniac

- [3.2.1. Quantité d'ammoniac](#)
- [3.2.2. Température et durée du traitement](#)
- [3.2.3. Humidité à laquelle est effectué le traitement](#)
- [3.2.4. Nature du fourrage à traiter](#)

### [3.3. Applications pratiques](#)

- [3.3.1. Les modalités pratiques de traitement](#)
- [3.3.2. Exemples d'application pratique](#)

### [3.4. Conclusion](#)

## **[IV. Le traitement a l'urée](#)**

### [4.1. Principe](#)

### [4.2. Facteurs de réussite du traitement à l'urée](#)

- [4.2.1. Présence d'uréase](#)
- [4.2.2. Dose d'urée](#)
- [4.2.3. Quantité d'eau à rajouter](#)
- [4.2.4. Température ambiante et durée de traitement](#)
- [4.2.5. Qualité initiale du fourrage à traiter](#)
- [4.2.6. Herméticité du milieu de traitement](#)

### [4.3. Considérations pratiques sur le traitement à l'urée](#)

- [4.3.1. Les types de traitements et de stockage](#)
- [4.3.2. Les opérations pratiques du traitement](#)
- [4.3.3. Calendrier des travaux et traitement à l'urée](#)
- [4.3.4. Autres traitements à l'urée: Utilisation de l'urine](#)

#### [4.4. Conclusion sur la technique de traitement à l'urée](#)

### [\*\*V. Effets des traitements sur les fourrages\*\*](#)

#### [5.1. Aspect](#)

#### [5.2. Composition chimique](#)

##### [5.2.1. Cellulose brute de Weende](#)

##### [5.2.2. Fractionnement glucidique de Goering et Van Soest \(1970\)](#)

##### [5.2.3. Teneur en N ou en N x 6,25 \(équivalent azoté ou Matières Azotées Totales, MAT\)](#)

##### [5.2.4. Teneur globale en minéraux \(cendres\)](#)

#### [5.3. Valeur alimentaire](#)

##### [5.3.1. Digestibilité de la matière organique \(dMO\)](#)

##### [5.3.2. Valeur azotée](#)

##### [5.3.3. Ingestibilité et quantités ingérées](#)

#### [5.4. Conclusion sur les traitements](#)

## VI. La complémentation

### 6.1. Rappel des principes nutritionnels

6.1.1. Complémentation minimale: Optimisation de la cellulolyse dans le rumen

6.1.2. Complémentation pour assurer une production zootechnique

6.1.2.1. Les phénomènes de substitution

6.1.2.2. Conséquence sur la nature et la quantité de l'énergie complémentaire

6.1.2.3. Conséquences sur la nature et la quantité des matières azotées complémentaires

6.1.2.4. Cas des fourrages traités

### 6.2. Applications pratiques

6.2.1. Complémentation avec l'urée seule

6.2.2. Mélanges mélasse-urée

6.2.3. Cas particulier: Complémentation avec des blocs multinutritionnels

6.2.3.1. Objectif

6.2.3.2. Principes de fabrication et ingrédients

6.2.3.3. Technique de fabrication

[6.2.4. Complémentation avec des fourrages verts et des résidus de culture](#)

[6.2.5. Complémentation avec des sous-produits locaux](#)

[6.2.5.1. Complémentation "paysanne" ou "fermière"](#)

[6.2.5.2. Rations "complètes" permettant de valoriser les fourrages pauvres](#)

[6.2.6. Complémentation "classique" avec des concentrés commerciaux](#)

[6.3. Conclusion](#)

## **[VII. Résultats zootecniques de l'utilisation des fourrages pauvres par l'animal et témoignages concrets](#)**

[7.1. Rappel du contexte général](#)

[7.2. Fourrages pauvres non traités complémentés par des blocs multinutritionnels](#)

[7.2.1. Témoignages](#)

[7.2.2. Effets sur l'ingestion et les performances](#)

[7.3. Utilisation des fourrages traités par l'animal](#)

[7.3.1. Témoignages](#)



[7.3.2. Contribution du traitement à l'entretien et la sauvegarde du cheptel](#)

[7.3.2.1. Paille non limitée](#)

[7.3.2.2. Stocks de paille limités](#)

[7.3.3. Utilisation des fourrages traités pour une production modeste](#)

[7.3.3.1. Cas de la production laitière](#)

[7.3.3.2. Cas de la croissance et de l'embouche](#)

[7.3.3.3. Cas des animaux de travail.](#)

[7.3.4. Cas particulier des systèmes plus intensifs.](#)

[7.4. Blocs multinutritionnels ou fourrages traités à l'urée?](#)

[7.5. Conclusion](#)

**[VIII. Considérations socio-économiques sur le développement des techniques de valorisation des fourrages pauvres](#)**

[8.1. Introduction](#)

[8.2. Aspects économiques](#)

[8.2.1. Les différents contextes agro-économiques](#)

[8.2.2. Comment réduire le coût du traitement?](#)

[8.2.3. Optimisation en qualité et en quantité du complément du fourrage traité](#)

[8.3. Considérations sur la pratique du développement des techniques de valorisation](#)

[8.4. Impact des techniques sur les systèmes agraires](#)

[8.4.1. Sous produits locaux et introduction d'espèces fourragères améliorées](#)

[8.4.2. Impacts liés à la diffusion du traitement à l'urée](#)

[8.4.3. Une technique simple, support de la politique de développement de l'élevage](#)

[8.5. Conclusion](#)

[\*\*IX. Tribune questions - Réponses de terrain\*\*](#)

[\*\*X. Conclusion générale\*\*](#)

[\*\*Annexe 1 - Différentes modalités pratiques du traitement à l'urée\*\*](#)

[\*\*Annexe 2 - Différentes modalités pratiques du traitement à l'ammoniac\*\*](#)

[\*\*Annexe 3 - Règles d'utilisation des fourrages traités\*\*](#)

[\*\*Annexe 4 - Exemples de fabrication et règles d'utilisation des blocs\*\*](#)

## [multinutritionnels](#)

### [Annexe 5 - En cas d'intoxication a l'urée](#)

### [Annexe 6 - Valeur alimentaire moyenne des principaux résidus de culture et sous-produits agro-industriels \(d'après INRA, 1988\)](#)

### [Annexe 7 - Pays ayant engagé des actions sur les techniques de fabrication des blocs multinutritionnels et de traitement des pailles à l'urée](#)

## [Glossaire](#)

## [Références bibliographiques](#)



---

## Remerciements

Nous remercions la Division de la Production et de ta Santé Animales de la FAO, plus particulièrement le groupe des Ressources Fourragères et son responsable René SANSOUCY, de nous avoir demandé ce travail et fait confiance pour le réaliser.

Nous remercions tous les agents de terrain et leurs responsables ainsi que les éleveurs que nous avons pu rencontrer au cours de nos missions dans les

différents pays visités. Nous leur sommes reconnaissants du travail qu'ils ont accompli avec nous et pendant nos absences. Nous les félicitons pour l'intérêt, la patience et l'ingéniosité dont ils ont fait preuve pour mettre en oeuvre les techniques proposées de la manière la mieux adaptée possible à leurs contraintes respectives. Sans eux, cet ouvrage aurait perdu de son pragmatisme.

Nous remercions les collègues chercheurs, enseignants et vulgarisateurs d'avoir bien voulu lire le manuscrit pendant sa préparation et de nous avoir fait part de leurs critiques et conseils pour l'améliorer. Nous remercions particulièrement François ACHARD pour sa revue détaillée du document et ses critiques constructives et Jean Pierre BOUTONNET et Gérard MERCIER pour leurs précieux conseils dans la préparation du chapitre traitant des aspects socio-économiques.

Enfin nous avons une pensée particulière pour Messieurs Vincent de Paul RAJAONARIVONY, de Madagascar et Chim KEAVUTH, du Cambodge, décédés prématurément pendant ou peu de temps après la réalisation des projets de développement dans leur pays. Ce message va directement à leur famille à qui nous présentons respects et condoléances.



## Introduction

L'élevage familial joue un rôle déterminant dans les pays moyennement avancés et dans les pays en développement tant du point de vue agro-écologique que socio-économique. C'est particulièrement le cas de l'élevage des bovins (zébus, taurins) et des buffles qui apportent, en plus du lait et de la viande, la force de traction et le fumier, facteurs favorables à l'intégration bénéfique de l'agriculture et de l'élevage.

L'aliment idéal des ruminants est évidemment l'herbe verte ou le bon foin. Les parcours naturels (exploités naturellement par la faune sauvage) constituent un immense réservoir d'herbe mais il n'est utilisé que par les éleveurs transhumants autour des points d'eau, ceux des éleveurs sédentarisés qui n'en exploitent que la frange périphérique autour des campements et des villages et, enfin, les grandes exploitations de type ranch appartenant à des grands propriétaires terriens, privés ou étatiques, dans les pays développés ou moyennement avancés à faible démographie. Ce dernier type d'élevage ne touche toutefois qu'un nombre réduit d'éleveurs.

Dans les zones intertropicales et méditerranéennes, l'herbe fait souvent défaut, soit pour des raisons climatiques, soit pour des raisons démographiques, particulièrement en Asie du Sud-Est. La priorité étant de produire des cultures vivrières pour l'alimentation humaine, les surfaces exploitées en herbe sont de plus en plus réduites au profit des surfaces cultivées. En dehors des systèmes fourragers "développés" qui n'affectent que le tiers de la population bovine

mondiale, les ruminants domestiques ont donc de plus en plus recours aux ressources fourragères de qualité médiocre que constituent, pendant la saison sèche, les résidus des cultures vivrières (pailles de céréales à petits grains dont le riz représente la majeure partie, tiges de sorgho, de mil, de maïs), les fourrages naturels sur pied, au stade paille et les ligneux. Il est à noter que certains agro-éleveurs ramassent les pailles de brousse par simple ratissage (**photo 1**) pour assurer la "soudure" avant la saison des pluies.

***Photo 1: récolte de pailles de brousse (Schoenefeldia gracilis et Cenchrus biflorus, cram-cram) en fin de saison sèche en Mauritanie. Photo. Chenost.***

Grâce à leur panse, ou rumen, véritable fermenteur naturel, les ruminants sont toutefois, contrairement aux autres espèces domestiques, les seuls capables de tirer parti de ces ressources de qualité médiocre.

Les connaissances acquises ces vingt dernières années dans le domaine de la physiologie de la nutrition chez le ruminant ainsi que la mise au point de nouvelles techniques (traitements) permettent d'améliorer la valeur alimentaire des fourrages pauvres comme les pailles et leur valorisation par les bovins et par les petits ruminants.

Beaucoup de choses ont été écrites sur ce sujet mais il s'agit surtout de publications scientifiques. Les articles de développement sont eux aussi nombreux mais épars et il n'existe que très peu d'ouvrages faisant une synthèse exhaustive sur les pailles et les fourrages pauvres.

L'objectif de ce document est de mettre dans les mains des décideurs et surtout des agents de terrain et des enseignants, non pas des recettes souvent mal utilisées car sorties de leur contexte scientifique et pratique, mais des éléments de réflexion et des outils leur permettant de faire les choix et de prendre les décisions techniques appropriées, en toute connaissance de cause en faisant en permanence l'aller-retour entre les connaissances de base et la mise en place concrète de techniques dont on sait qu'elles ont déjà fait leurs preuves.

Nous nous sommes appuyés pour cela sur

- les publications existantes, dont nous avons essayé de tirer l'essentiel,
- les expériences que nous avons vécues dans le cadre de projets de développement (formation/vulgarisation) dans diverses régions agroclimatiques du monde et dans divers systèmes de production animale et dont nous voulons apporter les témoignages des succès, mais aussi des échecs.

Le dénominateur commun est la valorisation des résidus de culture, essentiellement les pailles, et des fourrages naturels récoltés comme ressources fourragères, permettant de passer la saison sèche et, si possible, d'espérer une production minimum (viande, lait, travail) des animaux qui les consomment.

Qu'il s'agisse des pailles de riz des hauts plateaux Malgaches, des périmètres irrigués par les fleuves Sénégal ou Niger ou encore des plaines du Cambodge, du Viêt-nam ou du Laos, des pailles d'avoine de l'altiplano en Bolivie, des pailles

d'orge et de blé du Maghreb ou du Proche-Orient, des fourrages naturels de brousse récoltés au râteau dans le Sahel ou encore des tiges de maïs soigneusement transportées depuis le plateau Masaï jusque dans des villages producteurs de café sur les pentes du Kilimandjaro, les questions sont toujours les mêmes:

- Comment valoriser les pailles, les tiges de céréales ou les fourrages naturels de façon à mieux en exprimer la valeur nutritive pour améliorer la production des animaux?
- Comment compléter ces fourrages pauvres avec les ressources dont on dispose et en faisant le moins possible appel à des produits extérieurs, chers et difficiles à trouver?
- Faut-il les traiter et, si oui, par quelle technique et selon quelles modalités compatibles avec le contexte socio-économique des éleveurs, des transhumants ou des agro-pasteurs. Comment les utiliser de façon à ne pas perdre le bénéfice du traitement?





## I. Rappels sur l'anatomie du tube digestif des ruminants et l'utilisation digestive des fourrages pauvres

---

[1.1. Anatomie du tube digestif](#)

[1.2. Importance des microbes chez les ruminants:](#)

[1.3. Utilisation digestive des fourrages pauvres](#)

[1.4. Conclusion et stratégies permettant de valoriser les fourrages pauvres](#)

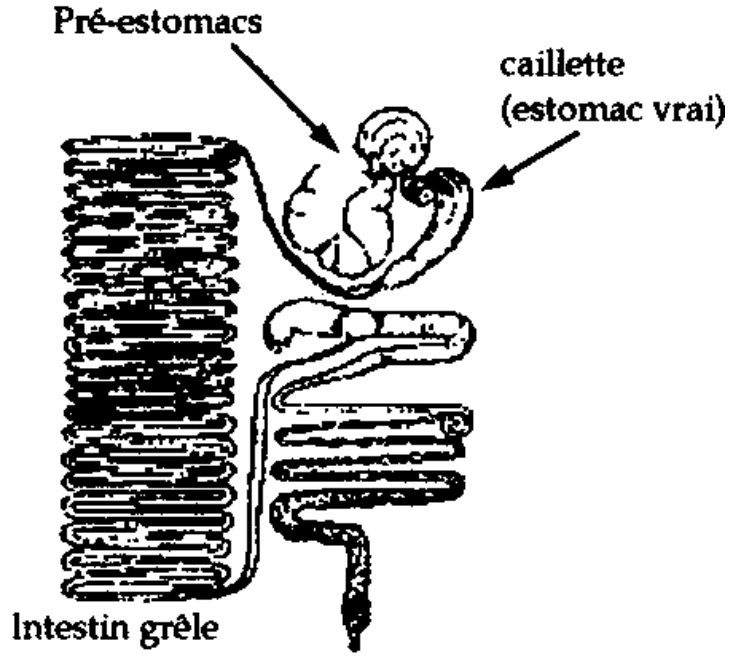
---

### 1.1. Anatomie du tube digestif

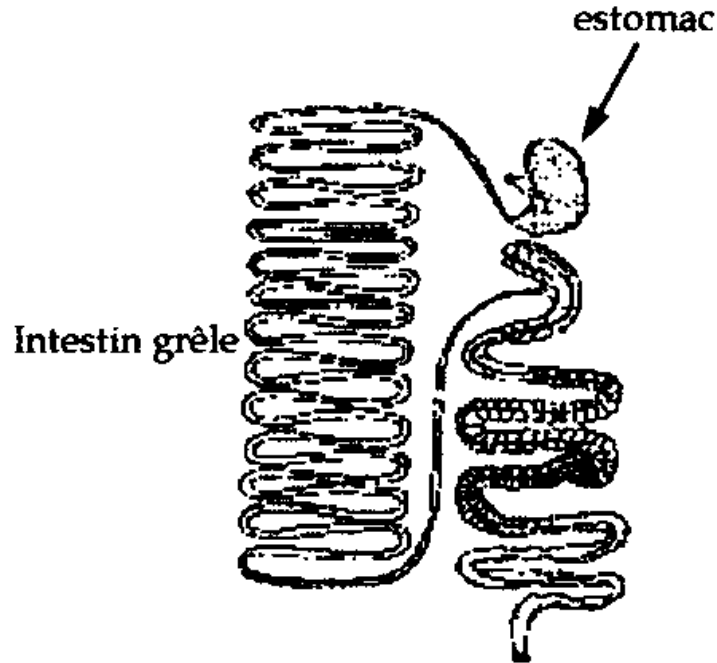
Les ruminants (bovins, ovins, caprins, buffles) sont capables d'utiliser la biomasse cellulosique et des formes simples d'azote grâce à leur tube digestif qui a la particularité de posséder trois compartiments appelés "pré-estomacs", placés en avant de la caillette, laquelle est l'équivalent de l'estomac du monogastrique (**fig. 1 a et b**). Leur contenu représente 70 à 75% du contenu total du tube digestif.

*Figure 1a: Représentation schématique du tractus digestif d'un ruminant comparé à celui d'un monogastrique.*

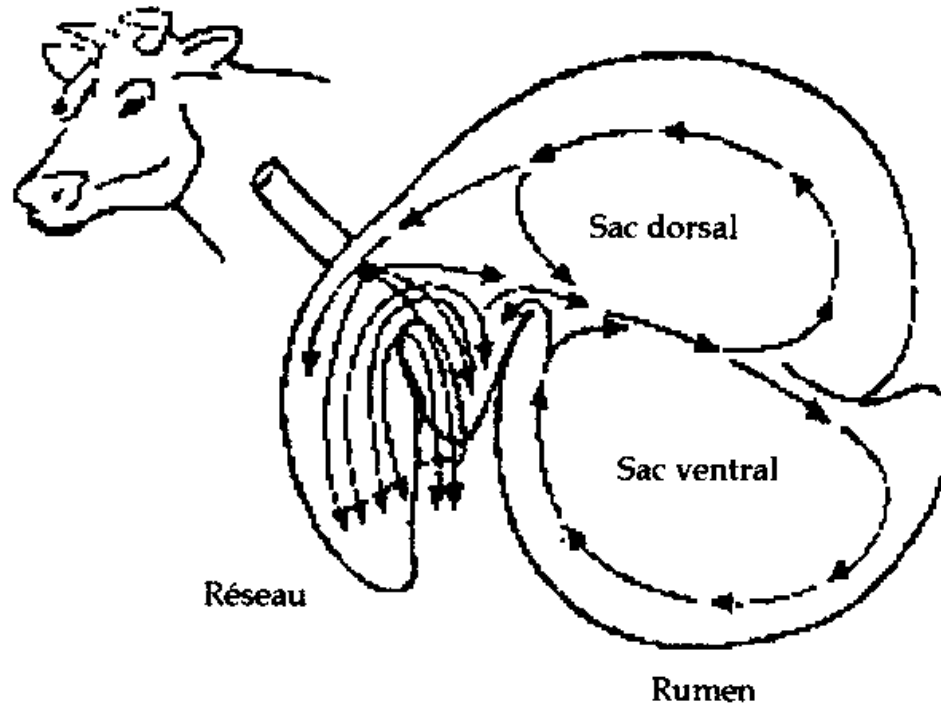
### RUMINANT (Bovin)



**MONOGASTRIQUE (Porc)**



**Figure 1b: Représentation schématique du rumen et du réseau dans un plan vertical. Les flèches indiquent les mouvements du contenu.**



Le rumen (ou panse) est de loin le plus volumineux des pré-estomacs (environ 100 litres chez un bovin adulte pesant de 500 à 600 kg); il représente plus de 90% de leur volume total. Les autres pré-estomacs sont le réseau (ou bonnet) et le feuillet. L'ensemble rumen et réseau, souvent assimilé au rumen, présente toutes les caractéristiques essentielles d'un "fermenteur". Les conditions ambiantes sont

définies par:

- un milieu riche en eau (85 à 90%),
- un apport régulier de nutriments fournis à la fois par l'ingestion des aliments et par la rumination (ainsi que par le recyclage de l'urée),
- un pH élevé (6,4 à 7,0) tamponné par l'apport de minéraux (bicarbonates et phosphates) de la salive,
- une température de 39 à 40°C,
- une élimination continue des produits terminaux de la digestion microbienne,
- des échanges permanents à travers la paroi du rumen.

Ces conditions sont propices au développement d'une population de micro-organismes (appelés aussi microbes du rumen), caractérisée par sa variété et sa densité. On y trouve:

- des bactéries au nombre de  $10^9$  à  $10^{10}$  par ml de contenu de rumen et composée essentiellement de bactéries anaérobies strictes qui constituent plus de la moitié de la biomasse microbienne totale. Elle comprend plusieurs variétés de bactéries selon qu'elles sont cellulolytiques, amylolytiques, protéolytiques ou uréolytiques.

- des protozoaires, surtout des ciliés anaérobies, dont la population est comprise entre  $10^5$  et  $10^6$  individus/ml de contenu de rumen.
- des champignons anaérobies, plus fréquents chez les ruminants tropicaux (où, selon BAUCHOP (1979), ils sont au nombre de  $10^3$ /ml de contenu de rumen) que les ruminants tempérés.

## 1.2. Importance des microbes chez les ruminants:

Ils fournissent l'énergie à l'animal hôte (fig. 2)

Les aliments ingérés subissent d'abord une fermentation grâce aux microbes du rumen; cette fermentation microbienne est très importante puisque 60 à 90% des glucides de la ration, y compris ceux des parois végétales, y sont fermentés. Ces parois, qui sont les composants essentiels des fourrages pauvres sont partiellement dégradées par les microbes à l'aide de l'enzyme cellulolytique (cellulase) qu'ils sécrètent et que ne possède pas l'animal hôte. La fermentation des glucides conduit à la production d'énergie sous forme d'adénosine triphosphate (ATP) utilisée par les microbes pour leurs besoins d'entretien et de multiplication.

***Figure 2: Schéma simplifié de l'utilisation digestive des matières azotées et des glucides chez le ruminant.***

Les produits terminaux de cette fermentation sont,

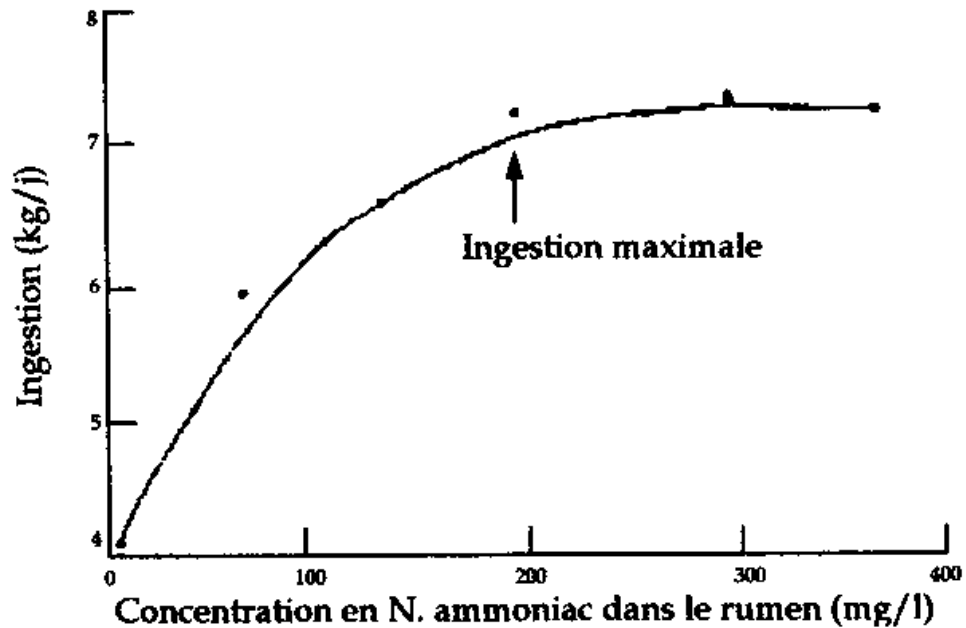
- les acides gras volatils (AGV): essentiellement l'acide acétique, l'acide propionique et l'acide butyrique, dont les proportions dépendent de la nature des glucides alimentaires,
- le gaz carbonique et le méthane.

Les acides gras volatils, issus de la fermentation ruminale, sont absorbés dans le sang surtout à travers la paroi du rumen. Ils constituent la principale source d'énergie pour l'animal hôte puisqu'ils fournissent de 70 à 80% de l'énergie totale absorbée chez le ruminant (VERMOREL, 1978). Rappelons, par opposition, que le monogastrique tire son énergie essentiellement du glucose et des lipides alimentaires absorbés au niveau de l'intestin grêle.

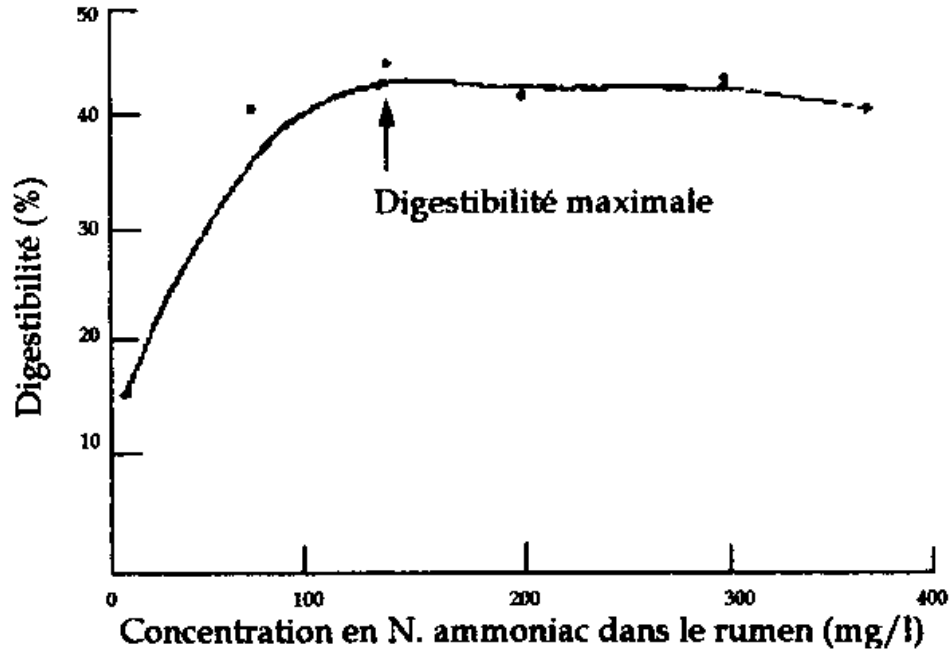
Ils fournissent des protéines pour l'animal hôte (fig. 2, 3 et 4)

Les matières azotées (protéiques et non protéiques) ingérées par l'animal sont soumises à l'action protéolytique des microbes (bactéries, protozoaires et champignons) du rumen. Elles sont partiellement dégradées dans des proportions variables selon plusieurs facteurs, en particulier leur solubilité (INRA, 1988). Les matières azotées non protéiques des aliments, comme l'urée qui peut être ajoutée à la ration, sont dissoutes en totalité et hydrolysées en ammoniac.

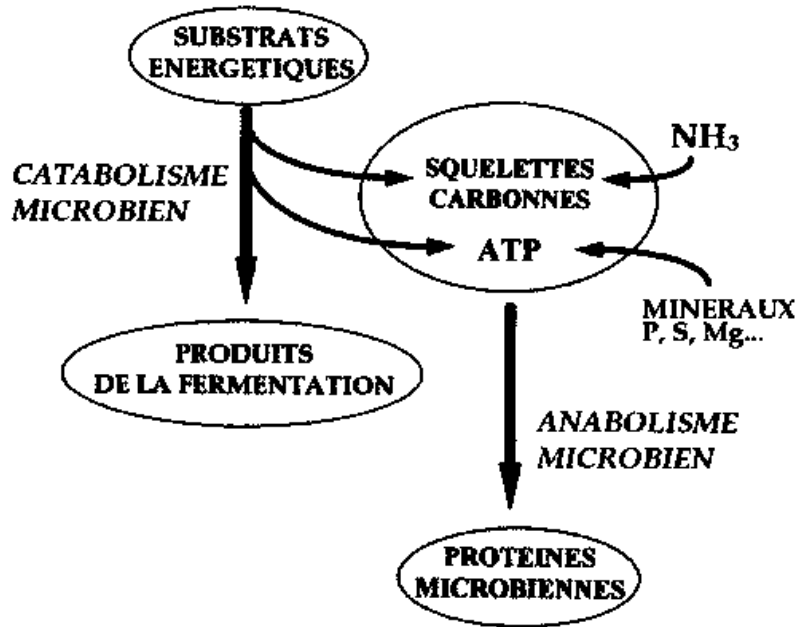
***Figure 3: Effet de la concentration en ammoniac dans le rumen sur l'ingestion et la digestibilité (in sacco) de la paille par des bovins (Leng, 1990).***







**Figure 4: Schéma simplifié de la synthèse microbienne dans le rumen.**



L'ammoniac est un élément précurseur essentiel pour la croissance microbienne de la plupart des espèces bactériennes du rumen qui le prélèvent et l'utilisent pour la synthèse de leurs propres acides aminés constitutifs. Il est même considéré comme la principale source d'azote pour plusieurs souches bactériennes, en particulier celles impliquées dans la digestion de la cellulose et de l'amidon. Selon MAENG et al (1976), 82% des bactéries du rumen peuvent se développer uniquement avec l'ammoniac comme source d'azote. Cependant, il a été observé par les mêmes auteurs qu'un apport d'acides aminés en association avec

l'ammoniac fourni par l'urée stimule la synthèse des protéines microbienne.

Comme la transformation de l'azote alimentaire en azote microbien passe principalement par le pool ammoniacal, plusieurs auteurs ont mis l'accent sur l'importance d'une quantité minimale d'azote ammoniacal nécessaire dans le rumen pour une meilleure synthèse des microbes et une optimisation de la dégradation des aliments. Selon, entre autres, HARRISON et Mc ALLAN (1980) et LENG (1990), ces concentrations se situeraient entre 50 et 100 mg/litre de jus de rumen. Les concentrations d'azote ammoniacal dans le rumen ont un effet positif sur la digestion et l'ingestion des fourrages pauvres (**fig. 3**).

L'utilisation de l'ammoniac pour la synthèse microbienne est étroitement liée à la quantité d'énergie (sous forme d'ATP) produite par la fermentation des glucides, mais également à la présence de certains minéraux, en particulier le soufre et le phosphore (DURAND et al, 1987).

Ces phénomènes peuvent être schématisés par les **figures 2 et 4**.

L'ensemble des résultats de recherche dans ce domaine permet de dire qu'en moyenne,

**145 g de Matières Azotées Totales (MAT) microbiennes sont synthétisés pour chaque kg de Matière Organique Fermentée (MOF) dans le rumen**

Les microbes sont ensuite entraînés avec les "digesta", dans la caillette et l'intestin grêle, où ils subissent alors le processus classique de digestion. Ils sont

constitués de 80 p.100 de protéines, très bien équilibrées en acides aminés indispensables, et sont digérés à 80-85 p.100, fournissant les PDIM (Protéines Digestible dans l'Intestin d'origine Microbienne) du système PDI (Protéines Digestibles dans l'Intestin) français, (INRA, 1988). Ces PDIM jouent un rôle très important dans la couverture des besoins azotés des ruminants, surtout quand ces derniers reçoivent des rations à base de fourrages pauvres.

A ces protéines s'ajoutent celles d'origine alimentaire qui ont échappé à la dégradation microbienne dans le rumen (cette dégradabilité est très variable suivant la nature des sources protéiques). Ces dernières sont digérées selon un coefficient appelé coefficient de digestibilité réel variant de 50 à 75; elles fournissent les PDIA (protéines digestibles dans l'intestin d'origine alimentaire).

La somme des PDIA et des PDIM constitue les protéines digestibles dans l'intestin (PDI).

Le système PDI français, de même que les autres systèmes modernes internationaux, permet d'évaluer la part respective de l'aliment et des microbes dans la fourniture des matières azotées au niveau de l'intestin de l'animal hôte. Il permet d'attribuer à un aliment deux valeurs azotées,

l'une,  $PDIN = PDIA + PDIMN$ , où PDIMN est la quantité de PDIM synthétisées grâce à la quantité d'ammoniac et d'acides aminés libérés par l'aliment lorsque la quantité d'énergie nécessaire à la synthèse protéique microbienne n'est pas limitative,

l'autre,  $PDIE = PDIA + PDIME$ , où PDIME est la quantité de PDIM synthétisées grâce à l'énergie de l'aliment lorsque la quantité d'ammoniac et d'acides aminés nécessaire à la synthèse protéique microbienne n'est pas limitative.

**Ces deux valeurs ne sont pas additives. C'est la plus petite qui est à prendre en considération pour un aliment donné. Equilibrer une ration reviendra à réaliser l'égalité  $PDIN = PDIE$  en associant des aliments riches en PDIN à des aliments riches en PDIE.**

Les ruminants sont donc moins tributaires de la qualité des matières azotées alimentaires que les monogastriques car ils peuvent transformer des formes azotées simples comme l'urée en protéines microbiennes de haute valeur nutritionnelle.

**Il n'est alors pas nécessaire, du moins pour la satisfaction de leurs besoins d'entretien et d'une production modeste, de donner aux ruminants des protéines de bonne qualité dans la mesure où celles-ci seront en majorité dégradées en ammoniac qui aurait aussi pu provenir de formes azotées simples.** Cette possibilité a une importance économique considérable dans les pays en voie de développement étant donné la pénurie et/ou le coût élevé des protéines végétales telles que les tourteaux.

### **1.3. Utilisation digestive des fourrages pauvres**

---

[1.3.1. Composition chimique](#)

[1.3.2. Utilisation digestive](#)

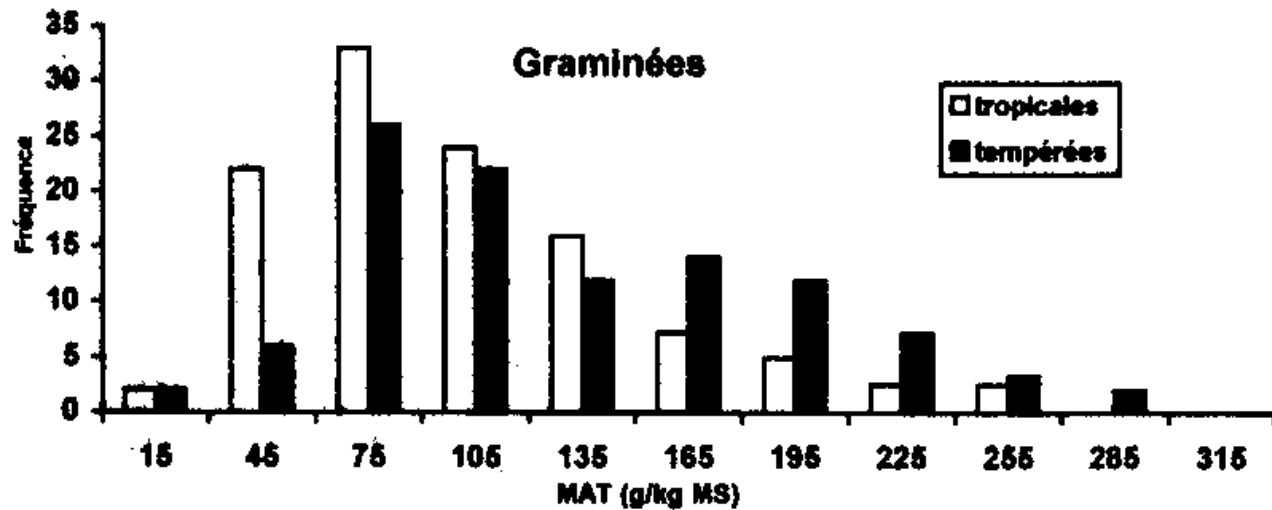
[1.3.3. Conséquences sur les quantités ingérées et la digestibilité, donc la valeur alimentaire](#)

---

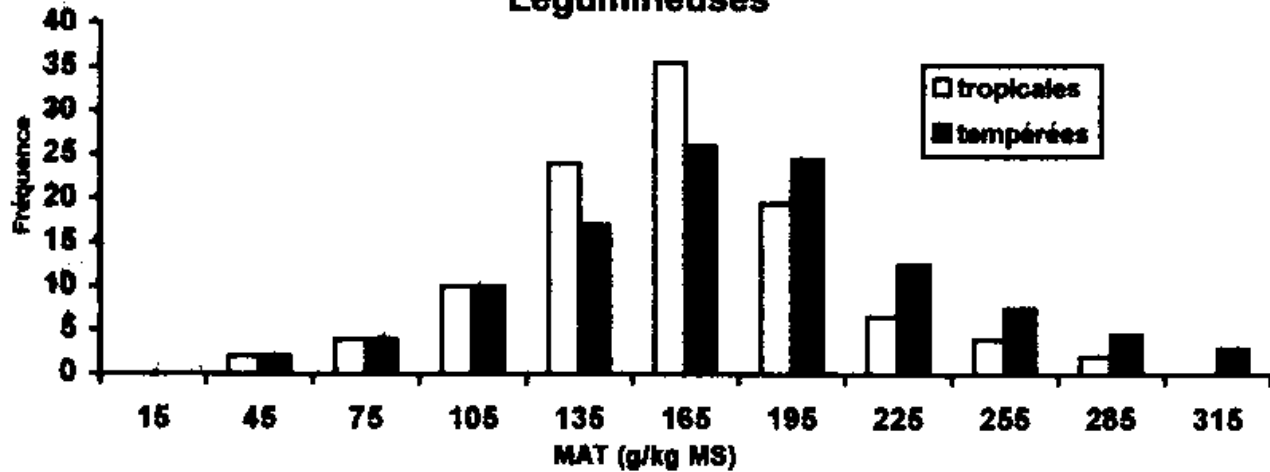
### 1.3.1. Composition chimique

En raison de leur physiologie particulière entraînant une lignification très précoce, les fourrages tropicaux sont généralement de moins bonne qualité que les fourrages tempérés (**fig. 5 a et b**). La **figure 6** schématise les variations de la digestibilité avec l'âge de la plante. La digestibilité diminue moins rapidement chez les fourrages tropicaux que chez les fourrages tempérés (et chez les légumineuses que chez les graminées) mais elle part d'une valeur plus faible aux stades végétatifs jeunes.

***Figure 5a: Fréquences (p.100) comparées de la répartition des graminées et des légumineuses tempérées et tropicales selon leur teneur en matières azotées totales (MA T). (d'après Minson, 1990).***

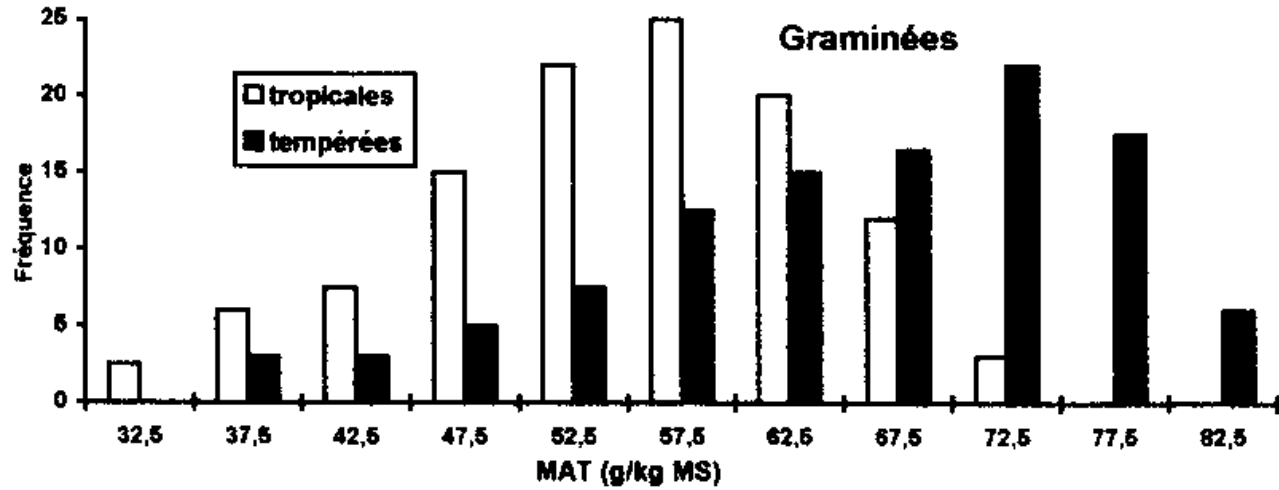


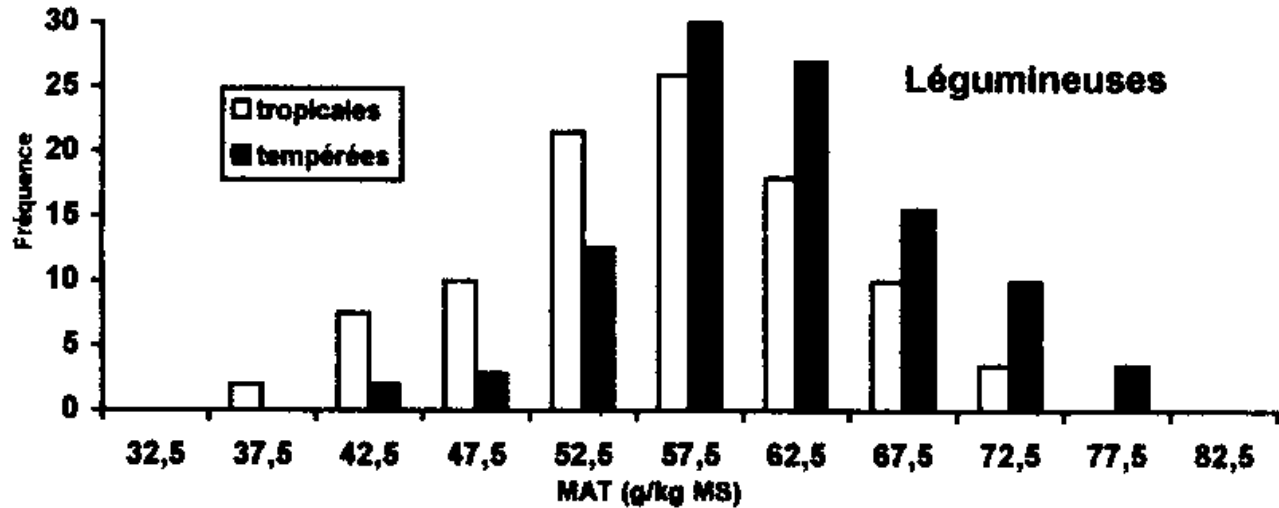
## Légumineuses



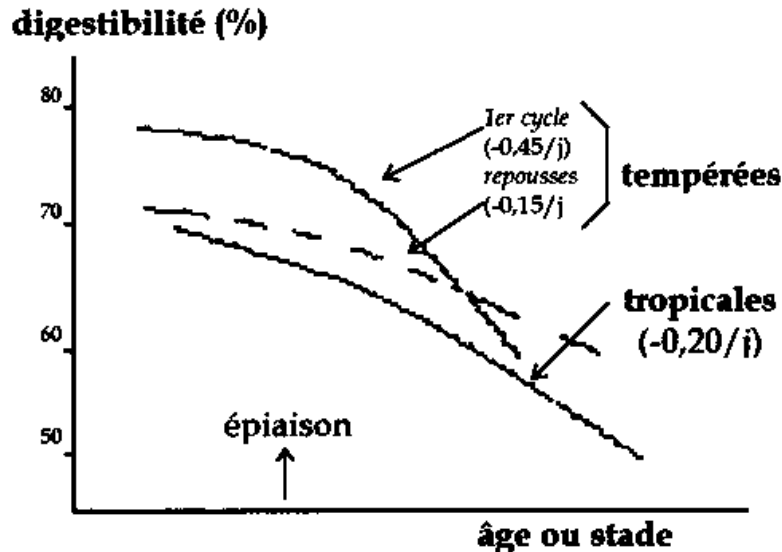
*Figure 5b: Fréquences (p.100) comparées de la répartition des graminées et des légumineuses tempérées et tropicales selon leur digestibilité. (d'après Minson, 1990).*







*Figure 6: Représentation schématique de la diminution (en points/jour) de la digestibilité des graminées tempérées et tropicales avec l'âge ou le stade de croissance (d'après INRA. 1988).*



Les pailles et tiges de céréales (riz, blé, maïs, sorgho, mil,...) ou de graminées annuelles et pérennes (*Andropogon Sp*, *Panicum Sp*,...) sont encore plus pauvres.

Le **tableau 1** donne, à titre d'exemple, la composition chimique de plusieurs échantillons de ces fourrages récoltés dans différents pays tropicaux.

Ces fourrages pauvres présentent trois inconvénients majeurs sur le plan nutritionnel:

**a) une teneur élevée en glucides pariétaux complexes:** cellulose, hémicelluloses et lignine constituant la paroi végétale (**fig. 7a**) qui représente la presque totalité de la matière organique (60 à 80 p.100) de la plante.

**La cellulose** est le constituant structural le plus abondant. Elle représente en moyenne de 32 à 47% du poids sec du fourrage (**tableau 1**). Il s'agit d'un homopolyside constitué de longues chaînes linéaires de  $\beta$  1-4 glucose, appelées cellobiose, associées en microfibrilles qui conduisent à la formation des fibres dont certaines zones ont une forte cristallinité. La cellulose vraie (à ne pas confondre avec la cellulose brute) est potentiellement entièrement digestible (**figure 7b**).

**Figure 7a: Présentation schématique des parois végétales des fourrages**

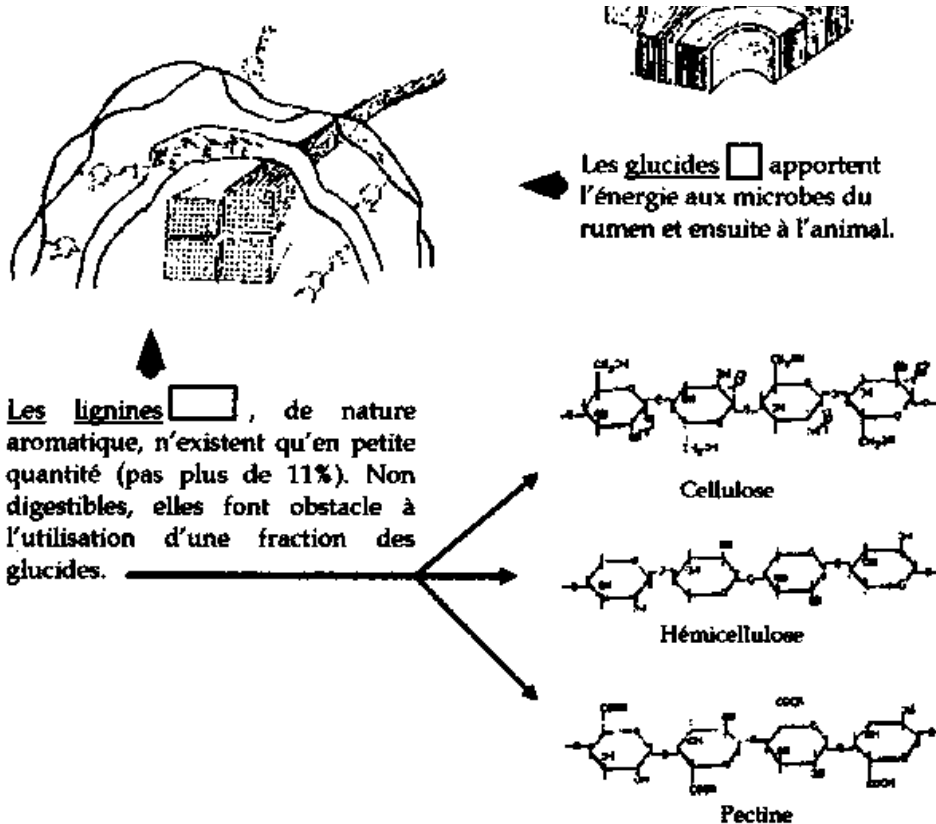


Elles sont constituées de polymères qui sont liés ensemble.

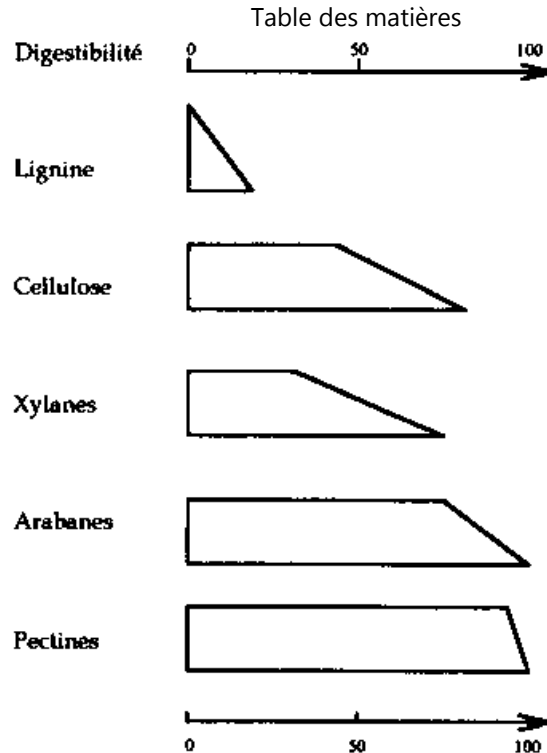


Le fourrage contient principalement des parois végétales.





**Figure 7b: Variation de la digestibilité des constituants membranaires (Van Soest. 1967).**



**Les hémicelluloses**, contrairement à la cellulose, sont des hétéropolymères amorphes composés d'hexoses (glucose, mannose, galactose) et surtout de pentoses (xylose, arabinose). Les chaînes de ces macromolécules sont relativement courtes. Elles constituent une matrice polysaccharidique souvent associée à des constituants phénoliques qui entourent les fibrilles de la cellulose

(THOMSON, 1983). Les hémicelluloses ne sont que partiellement digestibles (**figure 7b**).

**La lignine** est un hétéropolymère phénolique, qui est lié aux hémicelluloses. Les liaisons lignine/hémicelluloses ne sont pas connues avec précision. L'organisation s'effectue autour des microfibrilles de cellulose et aboutit à un treillis dense et mécaniquement résistant. La lignine est totalement indigestible (**figure 7b**).

**Tableau 1:** Valeurs extrêmes de la composition chimique et de la digestibilité de quelques résidus de culture tropicaux (source: Chenost, 1993 et 1995: Chenost et al., 1993: Kayouli. 1979, 1988. 1994 a et b).

| Fourrage      | Nombre d'échantillons | Origine                       | MS   | Cellulose brute | MAT | Digestibilité in sacco (72h) ou digestibilité cellulase Rexen (*) |
|---------------|-----------------------|-------------------------------|------|-----------------|-----|---|
|               |                       |                               | p100 | (p100 MS)       |     |   |
| Paille de riz | 35                    | <i>Niger, Cambodge</i>        | 91   | 35-40           | 3-5 | 35-41   |
| Paille de riz | 35                    | <i>Madagascar, Mauritanie</i> | 90   |                 | 3-7 | 30-35 (*)   |
| Paille de blé | 30                    | <i>Tunisie</i>                | 89   | 37-43           | 2-5 | 39-35   |
| Tiges de      | 18                    | <i>Niger, Togo,</i>           | 90   | 32-45           | 2-8 | 32-44   |

|                    |    |                                  |    |       |     |           |
|--------------------|----|----------------------------------|----|-------|-----|-----------|
| sorgho             |    | <i>Burkina F.</i>                |    |       |     |           |
| Tiges de maïs      | 8  | <i>Tanzanie, Gambie</i>          | 90 |       | 3-5 | 34-46 (*) |
| Tiges de mil       | 23 | <i>Niger, Togo</i>               | 90 | 35-46 | 2-7 | 32-40     |
| Panicum spp.       | 15 | <i>Niger, Togo, Burkina F.</i>   | 90 | 36-45 | 2-5 | 35-45     |
| Andropogon gayanus | 7  | <i>Niger, Burkina F., Gambie</i> | 90 | 40-47 | 2-3 | 30-38     |

La proportion des parois végétales et leur degré de lignification augmentent avec l'âge de la plante et en affectent négativement la digestibilité.

**b) une faible valeur azotée:** les résidus de culture sont pauvres (2 à 5 p.100) en matières azotées totales (MAT = N x 6,25). Il en est de même des graminées natives pérennes dont la teneur en matières azotées totales diminue fortement avec l'âge. En saison sèche et après le stade floraison, qui intervient très tôt en hivernage, cette teneur ne présente plus que de très faibles valeurs (**tableau 1**). L'azote de ces fourrages est en outre souvent inaccessible car lié aux parois cellulaires lignifiées.

**c) une valeur minérale et vitaminique très faible.** En effet tous ces fourrages présentent une **forte carence en minéraux**, aussi bien en macroéléments (Ca, P,



Na) qu'en oligoéléments, et en **vitamines**, en particulier **A et D<sub>3</sub>**.

### 1.3.2. Utilisation digestive

#### [1.3.2.1. Généralités](#)

#### [1.3.2.2. Conditions d'une bonne utilisation digestive](#)

#### 1.3.2.1. Généralités

La dégradation des glucides pariétaux, composants principaux des fourrages pauvres, est présentée dans la **figure 2**.

**Tableau 2:** Exemples de variation (valeurs extrêmes) de la valeur alimentaire des pailles

| PAILLE   | Digestibilité de la matière organique | Quantités volontairement ingérées (g/kg P <sub>0,75</sub> ) |                              |
|----------|---------------------------------------|---|------------------------------|
|          | (p.100)                               | Matière sèche   | Matière organique digestible |
| RIZ (1)  | 35-55                                 | 25-65   | 9-25                         |
| ORGE (2) | 43-48                                 | 35-51   | 15-21                        |

|         |       |       |      |
|---------|-------|-------|------|
| BLE (3) | 35-46 | 23-35 | 8-10 |
|---------|-------|-------|------|

(1): 20 références, Asie et Australie (Doyle et al., 1986)

(2): 7 mesures, Syrie (Capper et al., 1989)

(3): 15 mesures in vivo (INRA, 1988)

*Grande variabilité due à l'espèce (orge supérieure à blé), la variété (surtout pour le riz) et aux conditions agronomiques de culture (engrais, climat,...), aux conditions de récolte (hauteur de coupe, adventices, séchage, stockage,...)*

Les microbes du rumen colonisent les particules alimentaires ingérées en s'y attachant et les souches cellulolytiques dégradent (hydrolysent) partiellement la cellulose et les hémicelluloses grâce à leur cellulase. Cette hydrolyse aboutit à la formation d'osés simples (glucose, xylose, etc) qui sont fermentés par la population microbienne, **qui en tire pour elle l'énergie (sous forme d'ATP) et produit les acides gras volatils pour l'animal hôte** (§12).

La dégradation des parois végétales nécessite obligatoirement l'attachement des microbes aux particules alimentaires pour que les enzymes puissent pénétrer à l'intérieur des structures fibreuses, d'où la nécessité, pour la microflore sécrétant ces enzymes, de voies d'accès suffisamment larges dans le complexe ligno-cellulosique. Malheureusement, les fourrages pauvres présentent des teneurs élevées en parois lignifiées incrustées de lignine de manière très complexe (surtout chez les graminées). Or la lignine empêche la colonisation microbienne des fibres et, par là, l'action de dégradation des enzymes cellulolytiques.

Il résulte de tout cela une faible digestibilité de ces fourrages, particulièrement de leurs tiges (donc des pailles) qui se situe entre 35 et 55 p.100 (**tableau 2**).

En plus de leur faible digestibilité, les parois lignifiées résistent longtemps à la dégradation microbienne et à la mastication mérycique (de rumination), et sont digérées lentement. Les particules résultant de cette dégradation vont séjourner plus longtemps dans le rumen que dans le cas de fourrages de bonne qualité avant d'être réduites à une taille suffisamment petite pour pouvoir franchir l'orifice réseau/feuillet (orifice réticulo omasal). Le temps de séjour de ces particules dans le rumen peut atteindre cinq jours dans le cas des fourrages pauvres (INRA; 1988). Les particules vont ainsi "encombrer" le rumen. Cet encombrement, qui détermine l'ingestibilité, est donc sous la dépendance directe de la vitesse de digestion du fourrage (régulation physique de l'appétit chez le ruminant, BLAXTER et al., 1961; BALCH et CAMPLING, 1962). Il est important chez les fourrages pauvres qui ne vont ainsi pouvoir être ingérés qu'en faibles quantités.

A titre d'exemple, une étude récente (KABORE ZOUNGRANA, 1995) menée au Burkina Faso, montre que la digestibilité *in vivo* d'*Andropogon gayanus* passe de 56% au stade vert à 31% au stade de dessèchement où la plante est devenue très riche en parois lignifiées. Les quantités de MS qui en sont ingérées par des moutons diminuent de 63 à 26 g MS/kg P<sup>0.75</sup> (soit de 900 à 375 g pour un mouton de 35 kg) du stade tallage pendant l'hivernage au stade dessèchement en saison sèche.

Il convient toutefois de signaler ici que **la valeur alimentaire de ces fourrages,**

**en particulier des pailles, présente une très grande variabilité** comme le montre le **tableau 2**. Cette variabilité dépend essentiellement de la famille botanique et de l'espèce, des conditions (climatiques et agronomiques) de maturation et des conditions de récolte et de stockage.

### 1.3.2.2. Conditions d'une bonne utilisation digestive

Pour que la fermentation cellulolytique s'effectue correctement, il faut que les microorganismes du rumen puissent trouver **les éléments nutritifs** dont ils ont besoin pour se développer et pour dégrader (cellulolyse) les polysides des parois de la paille ou du fourrage pauvre. Il faut aussi que **les conditions physico-chimiques nécessaires au maintien d'une bonne cellulolyse** soient réunies.

#### a) Les éléments nutritifs à apporter aux microorganismes du rumen (fig. 4)

Ce sont les mêmes que pour tout organisme vivant: avant tout, énergie, azote, minéraux et vitamines:

##### - *Energie*

**L'énergie est contenue principalement dans les polysides de la paille** ou du fourrage. Elle est libérée lentement au fur et à mesure de la dégradation (fermentation) des glucides complexes des parois par les microorganismes du

rumen. Cette énergie correspond, en gros, à l'énergie digestible du fourrage et n'est mise à la disposition des microorganismes sous une forme assimilable par eux que très progressivement.

### - Azote

La flore bactérienne cellulolytique est constituée essentiellement de protéines (§12). Il est donc indispensable qu'en plus de l'énergie apportée par la fermentation des parois, les microbes puissent trouver l'azote nécessaire à la synthèse de leurs protéines.

**Or la paille, comme tout fourrage âgé, est pauvre en azote** qui, en outre, est **peu digestible**.

Pour réaliser une fermentation correcte des fourrages pauvres et permettre leur dégradation potentielle, il faudra donc **apporter en priorité la quantité d'azote manquante**. Les besoins en azote des microorganismes dépendent de la quantité d'énergie fermentescible présente.

L'exemple suivant permet d'illustrer plus concrètement le problème; il montre qu'il est possible de déterminer sans ambiguïté la quantité d'azote non protéique (ANP) à apporter:

**Prenons un mouton qui ingère 0,7 kg de matière sèche par jour d'une paille dont la digestibilité est de 40 p.100, la teneur en matière organique de 90**

**p.100 (teneur en minéraux de 10 p.100) et la teneur en MAT de 3 p.100.**

- quantité de matière organique digestible (MOD) ingérée:

$$0,7 \times 90/100 \times 40/100 = 0,252 \text{ kg}$$

- besoins en MAT (§12) des microbes du rumen pour fermenter cette MOD:

$$0,252 \times 145 \text{ g de MAT/kg de MOD} = \mathbf{36,54 \text{ g de MAT}}$$

soit:

$$36,54 \times 0,8^{(1)} \times 0,8^{(2)} = \mathbf{23,4 \text{ g de PDIE.}}$$

*(où (1) et (2) sont respectivement la teneur en acides aminés (aa) des MAT microbiennes et la digestibilité réelle des aa dans l'intestin grêle (INRA, 1988))*

- MAT ingérées par le mouton:

$$700 \text{ g de MS} \times 3/100 = 21 \text{ g de MAT}$$

dont la dégradabilité est, pour simplifier, de 60 p.100

- MAT disponibles pour les microorganismes:

$$21 \text{ g de MAT} \times 60/100 = \mathbf{12 \text{ g de MAT}}$$

soit:

$$12 \times 0,8 \times 0,8 = 7,7 \text{ g de PDIN}$$

**quantité insuffisante au regard des PDIE disponibles,**

- **déficit** pour **réaliser l'égalité PDIE = PDIN** et, donc, pour la synthèse protéique microbienne et le travail de dégradation cellulolytique, permis potentiellement par l'énergie digestible présente:

$$23,4 - 7,7 = 15,7 \text{ g PDIN,}$$

**L'azote manquant** dans les fourrages pauvres doit être apporté sous une forme utilisable (les **PDIN, azote** fermentescible ou facilement "**dégradable**" dans le rumen) par les microorganismes, soit d'origine végétale (fourrages jeunes riches en azote), soit non protéique, d'origine industrielle, comme **l'urée**.

Dans notre cas concret ci-dessus,

**1 g d'urée apportant 1,45 g de PDIN** ((1 g x 28/60 N x 0,78 (taux de captation de l'azote par les microbes) x 6,25 MAT x 0,8 x 0,8 PDIN)),

**il faudra donc apporter 15,7/1,45 = 10,8 g d'urée par jour au mouton.**

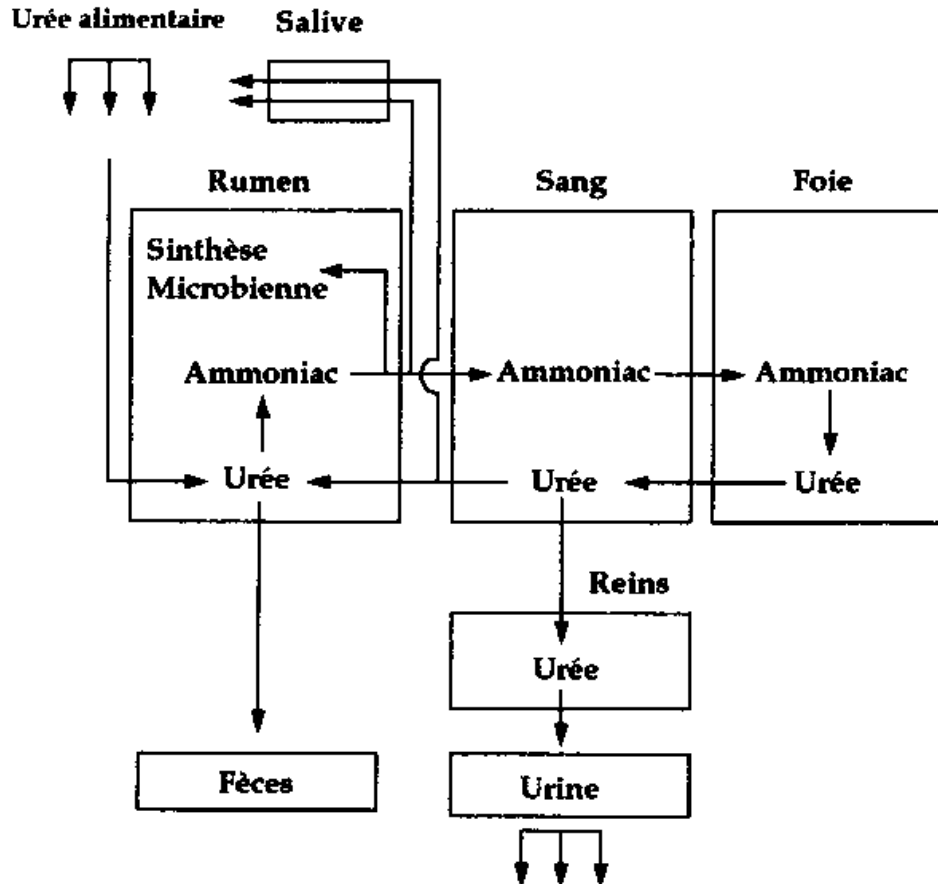
On verra plus loin au chap. 6 comment faire pratiquement.

Cet apport devra être étalé dans la journée de façon à éviter tout risque d'intoxication par excès d'ammoniac dans le rumen. La **figure 8** présente le

métabolisme simplifié de l'urée chez le ruminant.

***Figure 8: Métabolisme de l'urée chez le ruminant.***





- **Minéraux et vitamines**

La paille est également carencée en minéraux et vitamines et ne suffit pas à couvrir les besoins des microbes pour leur synthèse et leur activité.

Il s'agit des **éléments majeurs**, en particulier **P, Ca et Mg**, mais également des **oligo-éléments, Cu, Zn, Mn, Fe et S**, pour la synthèse des acides aminés soufrés dont les bactéries cellulolytiques sont riches. Les besoins exacts sont encore assez mal connus et font l'objet de travaux de recherche.

En attendant d'en savoir plus, si la ration n'est constituée que de paille, on se prémunira de tout risque de carence,

- en se référant aux chiffres clef indiqués par DURAND (1989): 1,3 g de soufre, 5 g de phosphore et 1,5 à 2,0 g de magnésium par kg de MOD,
- et en apportant un composé minéral spécifique des pailles dont nous donnons un exemple dans le tableau ci-dessous.

Les **vitamines** font pratiquement défaut dans les pailles ou tout fourrage récolté à un stade de maturité avancé. Elles sont généralement incorporées au complément minéral. Celles qui font particulièrement défaut sont les vitamines **A, D3 et E**. Le tableau ci-dessous donne une indication des apports à respecter dans les pays tempérés.

La plupart des pays en voie de développement manquent des matières premières nécessaires à la fabrication de tels compléments. Cet aspect fait l'objet d'un chapitre spécial (623).

## Exemple de complémentation minérale et vitaminique (CMV) des pailles:

|   |              |
|---|--------------|
| Composition du CMV  | <u>p.100</u> |
| CaHPO <sub>4</sub> , 2 H <sub>2</sub> O (phosphate bicalcique)            | 55           |
| NaCl (chlorure de sodium)   | 26           |
| MgSO <sub>4</sub> , 10 H <sub>2</sub> O (sulfate de magnésium)            | 09           |
| Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , 10 H <sub>2</sub> O (sulfate de sodium) | 07           |
| Soufre (fleur de,)  | 01           |
| Oligoéléments (voir ci-dessous)   | 02           |

|   |              |
|---|--------------|
| Composition du mélange oligoéléments                        | <u>p.100</u> |
| ZnSO <sub>4</sub> , 7 H <sub>2</sub> O (sulfate de zinc)    | 47,40        |
| MnSO <sub>4</sub> , H <sub>2</sub> O (sulfate de manganèse) | 23,70        |
| FeSO <sub>4</sub> , 7 H <sub>2</sub> O (sulfate de fer)     | 23,70        |
| CuSO <sub>4</sub> , 5 H <sub>2</sub> O (sulfate de cuivre)  | 04,70        |
| CoSO <sub>4</sub> , 7 H <sub>2</sub> O (sulfate de cobalt)  | 00,09        |
| SeO <sub>3</sub> Na <sub>2</sub> (sélénate de sodium)       | 00,04        |

*(CMV à distribuer à raison de, 100 g/j pour 1 UBT et, pour les races européennes, 80 g/j pour des génisses de un an et 180 g/j pour des vaches de 600 kg)*

Vitamines: A, D<sub>3</sub>, E, en particulier apport de vitamine A,

. soit sous forme hydrosoluble dans le CMV  
l'apport doit être compris entre 20 et 50.000 UI/jour.

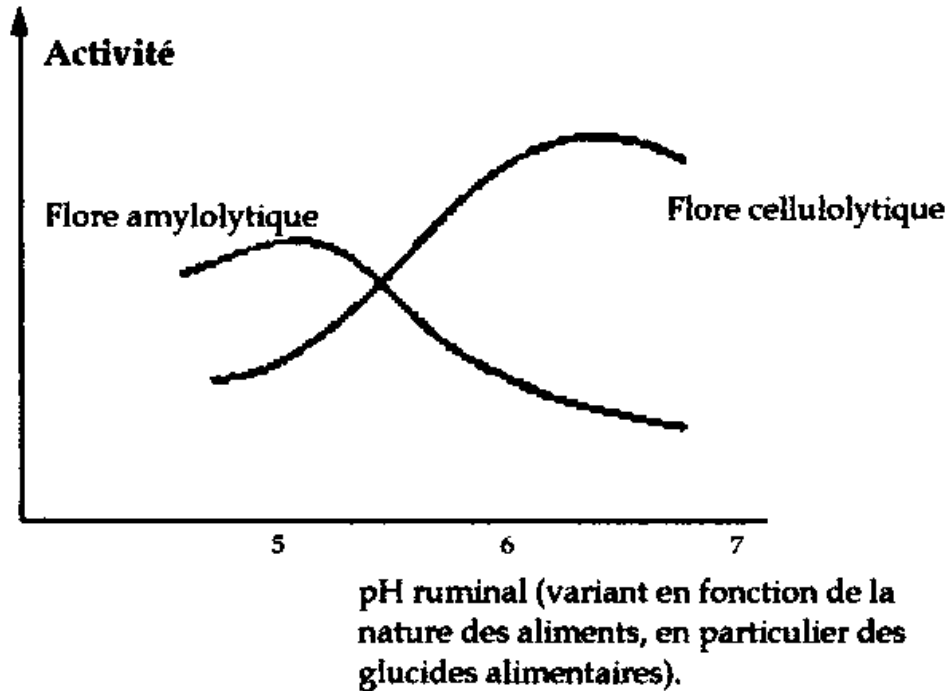
. soit sous forme d'injection intramusculaire 1 fois par mois,  
à raison de 1 à 2 millions d'UI par injection.

### **b) Les conditions physico-chimiques d'une bonne cellulolyse (fig. 9a et b)**

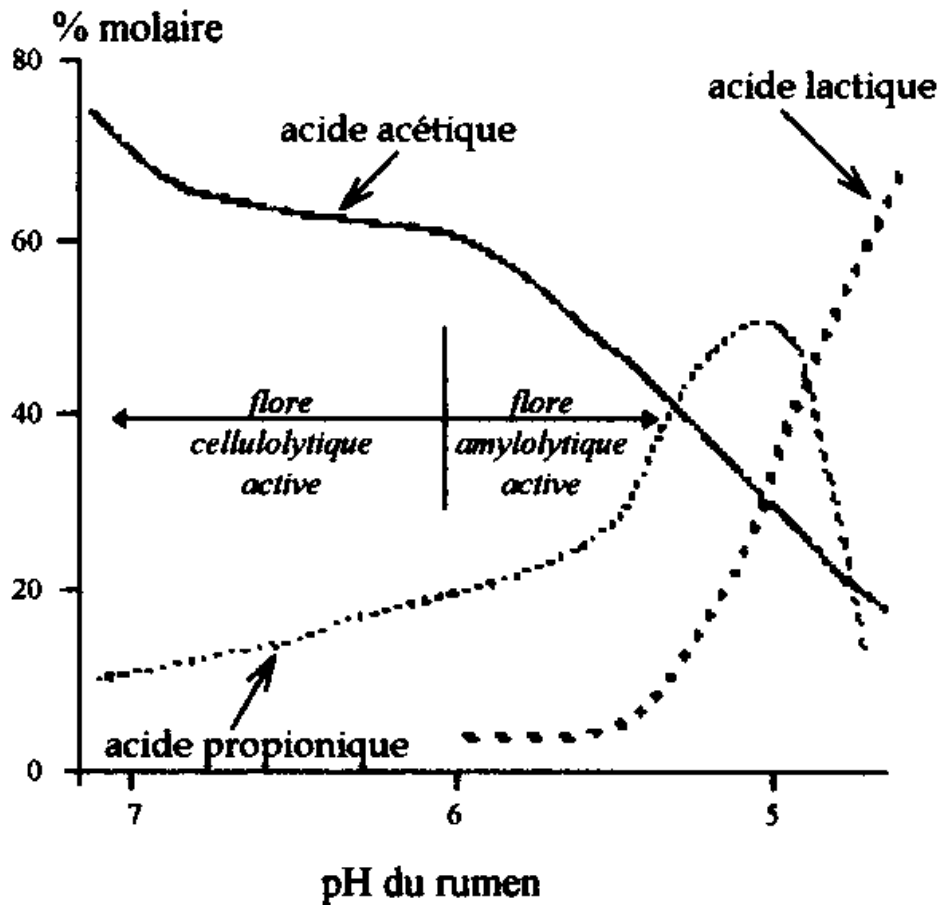
L'activité cellulolytique des bactéries diminue à des pH inférieurs à 6,5. L'addition de concentrés riches en glucides rapidement fermentescibles dans la ration, parfois inévitable dans certains cas de complémentation (chap. 6), peut entraîner une chute du pH du rumen en raison de la production rapide et importante d'acides gras volatils (AGV) qui en résulte. Dans le cas de la mélasse, souvent utilisée comme support de présentation de l'urée, on fera en sorte qu'elle soit ingérée lentement et régulièrement (chap. 6) pour éviter les variations brusques du pH dans le rumen.

#### ***Figure 9: Effet du pH du rumen sur:***

##### ***a - L'activité des bactéries cellulolytiques et amylolytiques du rumen***



***b - Les orientations fermentaires dans le rumen***



L'activité cellulolytique dépend également de la régularité des apports d'éléments nutritifs à la flore microbienne et du renouvellement ou de la régénération de cette dernière. Une conséquence pratique de cette observation est qu'il faudra adopter une méthode de distribution des compléments qui permettra de **régulariser le plus possible les apports et de se rapprocher d'une ingestion la plus étalée possible.**

### **1.3.3. Conséquences sur les quantités ingérées et la digestibilité, donc la valeur alimentaire**

Le respect des conditions permettant de favoriser la cellulolyse (essentiellement l'apport complémentaire minimum requis et régulier de l'azote, des minéraux et des vitamines) va:

- réduire le délai que requiert la fixation (colonisation) des microorganismes cellulolytiques sur les fragments de fourrage;
- faciliter leur prolifération et accélérer leur travail de dégradation des parois du fourrage. La libération des éléments digestibles et leur mise à la disposition des microbes vont également être plus rapides et plus intenses.

Il va en résulter:

- une **optimisation des processus de fermentation et, par là, une**

**"expression" de la digestibilité réelle ou potentielle du fourrage.** On dit souvent que la digestibilité a été améliorée. En fait on a simplement permis à la digestion de s'effectuer correctement par opposition à la majorité des cas pratiques où celle-ci n'est qu'incomplète parce que limitée par l'apport insuffisant aux microbes du rumen d'éléments nutritifs et par des conditions non optimales à leurs activités fermentaires.

- une **augmentation des quantités de fourrage que l'animal va pouvoir volontairement ingérer.** En effet, la fermentation plus rapide des fourrages favorise leur réduction en fines particules, un transit accru et un encombrement du rumen moins important.

Ces améliorations ne sont toutefois possibles qu'en deçà d'une certaine quantité d'apports complémentaires dont le rôle est de faciliter la cellulolyse. Au delà de cette quantité des **phénomènes d'interactions digestives fourrages/concentrés** apparaissent et le complément se **substitue au fourrage**. Ces problèmes seront examinés au chapitre 6 traitant de la complémentation.

#### **1.4. Conclusion et stratégies permettant de valoriser les fourrages pauvres**

Les graminées annuelles et pérennes des pâturages naturels consommées en saison sèche à un stade souvent tardif ainsi que les pailles et les tiges de céréales sont des fourrages pauvres caractérisés par des teneurs élevées en parois lignifiées et des teneurs très faibles en azote, en minéraux et en sucres



facilement assimilables.

Les ruminants sont seuls capables de les utiliser grâce à leur physiologie digestive particulière. L'effet simultané de la rumination et de la fermentation microbienne qui s'effectue dans leur panse - ou rumen - par l'intermédiaire des microorganismes qu'elle héberge permet de dégrader ces fourrages en fines particules et d'en extraire les éléments nutritifs. Ces derniers sont mis à la disposition de l'animal à travers les produits terminaux de cette fermentation que sont les acides gras volatils (AGV) et la matière microbienne, elle-même, digérée par la voie enzymatique dans la caillette - estomac vrai - et l'intestin grêle.

Toutefois, non seulement la digestibilité de ces fourrages est faible, mais elle n'est effectuée que lentement et ils ne sont, par là, ingérés qu'en faibles quantités. Distribués seuls à l'animal, ils ne permettent généralement pas de couvrir ses besoins d'entretien.

**Il existe différentes possibilités** pour améliorer la valeur alimentaire de ces fourrages pauvres.

- L'une est nutritionnelle, c'est la **complémentation**.

La **complémentation** consiste d'abord à **apporter les éléments nutritifs manquants** dans les fourrages pauvres (**matières azotées**, minéraux et vitamines) permettant aux **microorganismes** du rumen de mieux les digérer. C'est ce qu'on appellera la complémentation "catalytique". Si on attend de l'**animal** une

production plus substantielle cette complémentation ne suffira pas et il faudra une complémentation "supplémentaire" apportant les nutriments permettant de couvrir les besoins de cette production. Cet apport devra être réaliste sur le plan non seulement nutritionnel mais également socio-économique: disponibilité, coût, aptitude à être mise en oeuvre au niveau pratique.

- Les autres sont technologiques, ce sont les **traitements**.

Les **traitements** sont des procédés physiques, chimiques ou biologiques permettant de **modifier les propriétés physico-chimiques des parois lignifiées des fourrages** pour les rendre plus accessibles aux microorganismes du rumen et, par conséquent, plus digestibles et plus ingestibles. Suivant les productions zootecniques attendues, il conviendra de compléter parfois aussi les fourrages traités.

Comme les grands principes de la complémentation resteront sensiblement les mêmes pour les fourrages en l'état et les fourrages traités, nous nous proposons d'examiner d'abord les traitements et ensuite la complémentation.



## II. Les traitements

---

[2.1. Les traitements physiques](#)

[2.2. Les traitements biologiques](#)

[2.3. Les traitements chimiques](#)

---

Il s'agit de procédés technologiques dont le but est de rendre les constituants pariétaux des fourrages pauvres plus accessibles aux enzymes digestives des microorganismes du rumen afin d'améliorer la digestibilité et l'ingestibilité de ces fourrages.

Il existe trois grandes catégories de traitements: physiques, biologiques et chimiques.

Les traitements physiques et biologiques ne seront cités que pour mémoire et très succinctement. En effet, à l'exception du broyage, les traitements physiques sont trop onéreux et leur mise en oeuvre suppose des dispositifs industriels. Quant aux traitements biologiques ils restent encore techniquement délicats à mettre en oeuvre au niveau de la pratique.

Les deux traitements chimiques les plus utilisées dans la pratique, le traitement à l'ammoniac et le traitement à l'urée, seront en revanche replacés dans leurs contexte pour être développés en détail dans les deux chapitres suivants.

## 2.1. Les traitements physiques

---

### [2.1.1. Les traitements mécaniques](#)

### [2.1.2. Les traitements thermiques à la vapeur](#)

---

Ils modifient la structure physique des fourrages. Ce sont les traitements *mécaniques* (hachage, lacération ou défibrage et broyage) et les traitements *thermiques à la vapeur*. Il existe aussi les traitements par *irradiation* (rayons gamma,...) nous ne les citons que pour mémoire car ils sont trop onéreux et délicats pour être utilisés dans la pratique.

#### 2.1.1. Les traitements mécaniques

Ils ont pour but de réduire la taille des brins:

- **le hachage** (machines à couteaux) fournit les brins les plus longs (de 1 à 10 cm). Il ne s'agit pas de traitement à proprement parler, mais plus d'une technique de présentation de fourrages longs et assez durs facilitant leur distribution et leur préhensibilité par l'animal. Le hachage est intéressant par exemple dans le cas des tiges de maïs.
- **la lacération**, appelée aussi défibrage (appareil de type broyeur à marteaux sans grille) donne des éléments de taille variable, mais relativement courte, en raison de l'éclatement de la tige dans sa

longueur. Cette technique, qui augmente le pouvoir absorbant du fourrage, est utilisée par des industriels des pays à économie développée comme support d'aliments liquides tels que la mélasse et le lactosérum.

- **le broyage** (broyeur à marteaux ou à grilles) fournit des particules inférieures au cm.

Pour faciliter la manutention et réduire le volume, les particules résultant d'un traitement mécanique sont généralement agglomérées. L'agglomération est réalisée dans une presse à filière (fourrage *condensé* ou "*pellet*").

L'agglomération peut aussi être réalisée sans broyage préalable, soit dans une presse à filière (fourrage *compacté* ou "*cob*"), soit dans une presse à piston (fourrage *comprimé* ou "*wafer*"). Ce conditionnement réduit la taille des particules même s'il n'y a pas eu broyage préalable.

Parmi les traitements mécaniques applicables aux pailles, c'est le broyage qui a été le plus étudié (DEMARQUILLY et JOURNET, 1967; WAINMAN et BLAXTER, 1972; MELCION et DELORT-LAVAL, 1972,...) et le plus utilisé.

Les fourrages condensés, compactés ou comprimés sont généralement ingérés par le ruminant en plus grande quantité (augmentation de 60 à 80 p.100) que le fourrage sous forme longue et, cela, d'autant plus que le fourrage long est plus grossier (paille). Ce phénomène résulte du fait que les particules réduites quittent plus rapidement le rumen (régulation physique de l'appétit). Cependant

l'accélération du transit digestif se traduit par une réduction de la digestibilité en raison du temps de séjour dans le rumen insuffisant pour une action complète des microorganismes. Malgré cette réduction de la digestibilité, la valeur énergétique nette des fourrages broyés est, sauf dans le cas des graminées, assez voisine de celle des fourrages en l'état en raison d'un ensemble de facteurs favorables à une meilleure utilisation de l'énergie digestible et de l'énergie métabolisable (du moins pour l'engraissement): réduction des dépenses d'énergie liées à l'ingestion et à la rumination, diminution de la production de méthane dans le rumen, baisse de la proportion d'acide acétique (due au pH plus faible) dans le rumen,...

Ces traitements, de type industriel, présentent un intérêt mais sont pour la plupart coûteux en énergie. Ils sont de moins en moins utilisés, particulièrement depuis le développement des traitements chimiques, plus efficaces.

### **2.1.2. Les traitements thermiques à la vapeur**

Le traitement à la vapeur à haute pression provoque un gonflement des fibres et l'acidification du milieu par libération des groupements acétyles, la production de furfural et de dérivés phénoliques et la destruction plus ou moins importante des hémicelluloses. Ils sont surtout utilisés pour améliorer la valeur alimentaire des déchets de bois (BENDER et al., 1970) ou encore de la bagasse, résidu de l'extraction du jus de la canne à sucre.

Comme le combustible des usines de canne est la bagasse elle-même, ce procédé industriel est auto suffisant sur le plan énergétique. Les excédents de

bagasse peuvent ainsi être transformés judicieusement à un coût réduit en un aliment grossier dont la digestibilité peut passer de 30 p.100 pour la bagasse en l'état jusqu'à 70 p.100 pour la bagasse traitée. C'est le cas dans certaines sucreries de l'île Maurice, de l'Inde et du Brésil.

## **2.2. Les traitements biologiques**

Nous n'en citerons ici que le principe pour mémoire car ils continuent à faire l'objet de recherches. L'état de ces dernières a été récemment synthétisé par COUGHLAN et AMARAL COLLACO (1990).

Ils consistent à cultiver, sur le fourrage à traiter pris comme substrat, des champignons tels que pourriture molle, brune ou blanche dont les enzymes peuvent soit couper totalement ou partiellement les liaisons entre la lignine et les glucides pariétaux soit, et surtout, dégrader la lignine elle-même.

La croissance du champignon ou de la moisissure s'effectue au détriment de la teneur en énergie du substrat et l'intérêt nutritionnel global n'est pas compensé par l'augmentation de la teneur en protéine résultant de cette croissance. Cet aspect et les difficultés à maîtriser les cultures font que ces techniques ne sont pas encore applicables à l'échelle réellement pratique.

## **2.3. Les traitements chimiques**

C'est cette catégorie de traitements qui a retenu le plus l'attention sur le plan recherche et développement. Ces traitements sont en effet très efficaces et pour

certaines sur lesquels nous insisterons plus particulièrement, très faciles à mettre en oeuvre sur le plan pratique. Ils ont fait l'objet de nombreux articles de synthèse dont les plus importants sont GUGGOLZ et al. (1971); JOUANY (1975); JACKSON (1977 et 1978),...et d'ouvrages dont le plus complet est celui de SUNDSTOL et OWEN (1984).

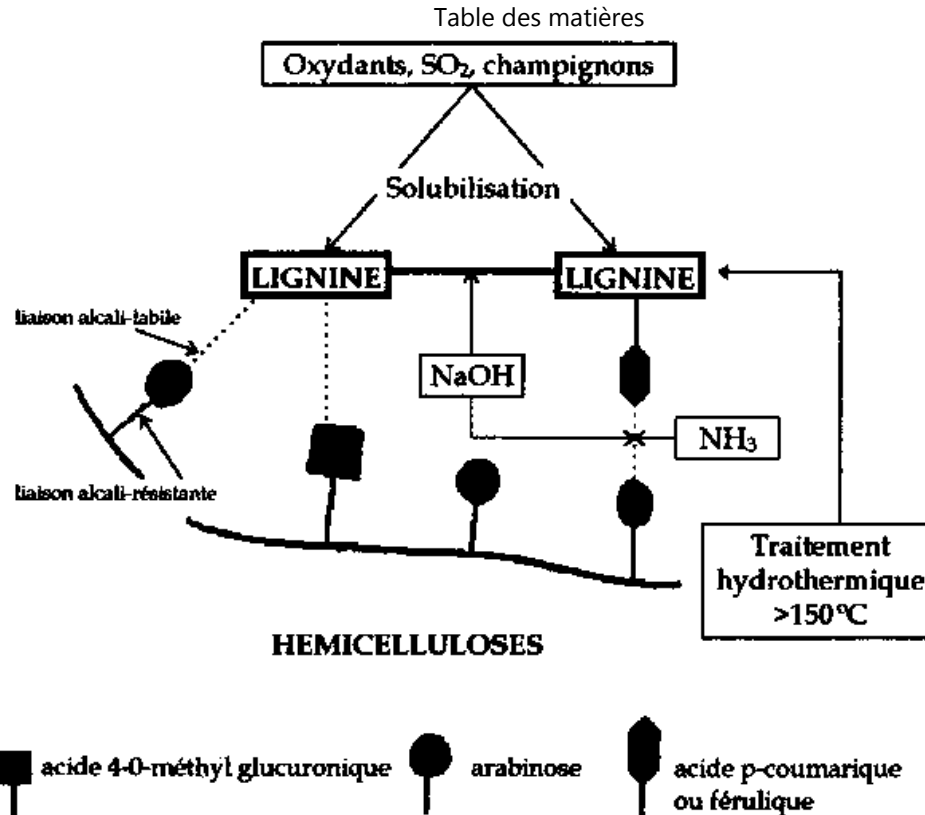
## Principe

Ces traitements font appel:

- soit à des agents oxydants (acide peroxyacétique, chlorite de sodium acidifié, ozone,...) dégradant plus ou moins efficacement la lignine,
- soit à des acides forts, comme dans l'industrie du papier,
- soit à des bases - alcalis - (chaux, potasse, **soude**,..., seules ou en association, et, plus récemment, **ammoniac**), capables d'hydrolyser (**fig. 10**) les liaisons chimiques existant entre la lignine, indigestible, et les polysaccharides pariétaux (cellulose, hémicelluloses), respectivement entièrement et partiellement digestibles.

***Figure 10: Représentation du complexe lignine-hémicellulose et mode d'action des différents traitements (Chesson, 1986)***





Ces substances ne doivent évidemment pas laisser de résidus toxiques pour le ruminant qui consomme les fourrages traités ou pour les microbes qu'il héberge dans son rumen.

L'ensemble des réactions conduit à une réduction importante de la rigidité des structures végétales, au gonflement des parois et à leur pénétration par les électrolytes et les enzymes cellulolytiques des microbes du rumen. Ces derniers peuvent ainsi coloniser plus rapidement les particules végétales. Ils peuvent alors les dégrader de manière plus rapide et plus intense grâce aux hydrolyses ayant déjà pris place.

Les oxydants sont d'un coût prohibitif et n'ont pas été utilisés dans la pratique. Ce sont essentiellement les alcalis qui ont été le plus utilisés et c'est avec la soude que les applications pratiques ont vu le jour.

### **Le traitement à la soude**

Ce traitement a été introduit par BECKMANN (Norvège) à la fin du siècle dernier. La paille était trempée dans une solution de soude à 2 p.100 puis lavée abondamment et séchée à l'air libre. Il s'agit d'un traitement par *voie humide* qui nécessitait de grandes quantités d'eau et entraînait une pollution non négligeable de l'environnement en sodium.

Cette technique a été progressivement simplifiée par les danois pour réduire les quantités d'eau nécessaires, qui varient dans un rapport de 1 à 30 suivant la réduction. Les quantités de soude nécessaires sont, quant à elles, comprises entre 40 et 60 g/kg de fourrage sec à traiter.

Il existe maintenant de trois types de traitements:

- voie *semi-humide*: la solution de soude (1,6 à 5%) est mélangée à raison de 1 à 3 l par kg de paille. La paille peut alors soit être distribuée aux animaux 24 à 48 heures après le mélange soit être ensilée.
- voie *semi-sèche*: des firmes privées danoises (Taarup et JF) ont mis au point une machine couplée à la prise de force d'un tracteur qui hache la paille et la malaxe avec une solution de soude (12%) à raison de 0,4 l par kg de paille. Le temps d'action est d'environ 8 jours. La paille peut être séchée à l'air libre.
- voie *sèche*: cette technique est utilisée à l'échelle industrielle. La solution de soude, plus concentrée (16%), est mélangée à la paille hachée à raison de 0,3 l par kg de paille; cette dernière est alors passée dans une presse à filière. L'action améliorante de la soude est très rapide (20 secondes à une minute) grâce la température et à la pression élevées régnant dans la filière.

Les traitements à la soude par voie semi-humide et semi-sèche ont été largement utilisés dans la pratique pendant les années 1970, particulièrement par les pays Scandinaves mais aussi en Tunisie (Projet FAO/SIDA/TUN/-10; KAYOULI; 1979).

### **Le traitement à l'ammoniac**

Devant leur prix et leur caractère toutefois assez dangereux les traitements à la soude ont presque tous été abandonnés **au profit du traitement à l'ammoniac**

surtout depuis que SUNDSTOL, COXWOTH et MOWAT ont proposé en 1978 un dispositif simple permettant à l'exploitant d'injecter lui-même de l'ammoniac anhydre dans la masse de paille.

Le **traitement à l'ammoniac anhydre** présente toutefois l'inconvénient de nécessiter la présence d'une industrie et d'un réseau de distribution d'ammoniac. Lorsque l'ammoniac n'est pas disponible ou que les réseaux de distribution n'existent pas, une **alternative** consiste à traiter les pailles avec une solution d'urée afin de générer de l'ammoniac par hydrolyse de **l'urée** dans la masse de la paille.

Nous nous proposons d'étudier plus en détail les modalités de ces deux groupes de techniques qui constituent les seules possibilités pratiques de traitement des pailles et autres fourrages grossiers à l'échelle de l'exploitation.



---

### III. Le traitement a l'ammoniac

---

#### [3.1. Le réactif ammoniac](#)

- [3.2. Facteurs de réussite du traitement à l'ammoniac](#)
  - [3.3. Applications pratiques](#)
  - [3.4. Conclusion](#)
- 

Ce chapitre a essentiellement pour objet de rappeler les facteurs de réussite et les modalités du traitement à l'ammoniac anhydre et de bien souligner l'importance de certains aspects pratiques qui permettent de le maîtriser.

### **3.1. Le réactif ammoniac**

Les résultats intéressants obtenus avec la soude dans l'amélioration de la valeur alimentaire des pailles ont incité beaucoup de chercheurs à étudier d'autres produits. Les premiers travaux sur l'ammoniac remontent aux années 30 en Allemagne (KRONBERGER, 1933). Ils ont été poursuivis surtout en Scandinavie, en Europe Centrale et en URSS avec des succès variables mais moins nets qu'avec la soude. C'est en 1974-1975 que la technique des traitements en tas à température ambiante par injection d'ammoniac anhydre a été lancée chez les éleveurs par la Norvège. Publiée par SUNDSTOL et al. (1978), elle s'est alors rapidement répandue dans les pays disposant d'ammoniac et désireux d'améliorer la valeur de leurs pailles.

L'ammoniac ( $\text{NH}_3$ ) est obtenu industriellement par "craquage" des hydrocarbures. Il est utilisé comme matière première de l'industrie des engrais ou directement comme engrais. Il est gazeux à pression et température ambiantes. Il est

facilement liquéfiable et se dissout aisément dans l'eau. Sa tension de vapeur est de 8,5 bars à 20°C et son point d'ébullition est de -33,4°C à la pression atmosphérique. Il est normalement disponible à un très haut degré de pureté (99,8 p.100). Son stockage (et sa distribution) à l'état liquide nécessite des conteneurs résistants à des pressions élevées (4, 6, 8.5, et 20 bars, respectivement à 0, 10, 20 et 50°C). La pression "d'épreuve" de ces réservoirs est normalisée, elle est de 29 bars (sécurité dans le cas de fortes températures supérieures à 50°C).

Compte tenu de la volatilité de  $\text{NH}_3$  à température et pression ambiantes, les traitements à l'ammoniac anhydre supposent de placer les fourrages à traiter dans des enceintes hermétiques.

L'ammoniac aqueux ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ) est une solution d' $\text{NH}_3$  dont la concentration en ammoniac, à la pression atmosphérique, dépend de la température ambiante: celle-ci passe de 400 à 185 g/kg lorsque la température passe de 10 à 50°C. Les solutions courantes contiennent 250 g d' $\text{NH}_3$ /kg et sont commercialisées en conteneurs en plastique.

C'est une base plus faible que la soude, donc un peu moins efficace en ce qui concerne l'effet alcalin d'hydrolyse des glucides pariétaux des fourrages, mais qui présente l'avantage par rapport à cette dernière d'améliorer la valeur azotée du fourrage traité.

### **3.2. Facteurs de réussite du traitement à l'ammoniac**

---

[3.2.1. Quantité d'ammoniac](#)[3.2.2. Température et durée du traitement](#)[3.2.3. Humidité à laquelle est effectué le traitement](#)[3.2.4. Nature du fourrage à traiter](#)

---

Il s'agit essentiellement de la quantité d'ammoniac, la température, la durée du traitement et de l'humidité du substrat en cours de traitement ainsi que de la nature du fourrage traité et des interactions de ces différents paramètres qu'il est difficile de dissocier.

Ces paramètres ont fait l'objet de nombreuses études et mises au point et on pourra se référer à celles de SUNDSTOL et COXWORTH (1984) et de CORDESSE (1987). Nous y ajouterons les observations intéressantes obtenues depuis et qui n'ont pas toujours été publiées.

L'effet de ces paramètres sur l'efficacité du traitement suppose de savoir quantifier cette efficacité. Ce sujet, très important et délicat, fait l'objet d'un chapitre ultérieur spécial. Pour simplifier on ne parlera surtout, ici, que d'augmentation de la valeur nutritive des pailles, laquelle sera exprimée en termes de digestibilité *in vitro* (DIV) mesurée par des méthodes de laboratoire.

### **3.2.1. Quantité d'ammoniac**

C'est le paramètre le plus important. L'ensemble des travaux réalisés sur ce sujet conduisait SUNDSTOL et al. (1978) à conclure que l'augmentation des doses

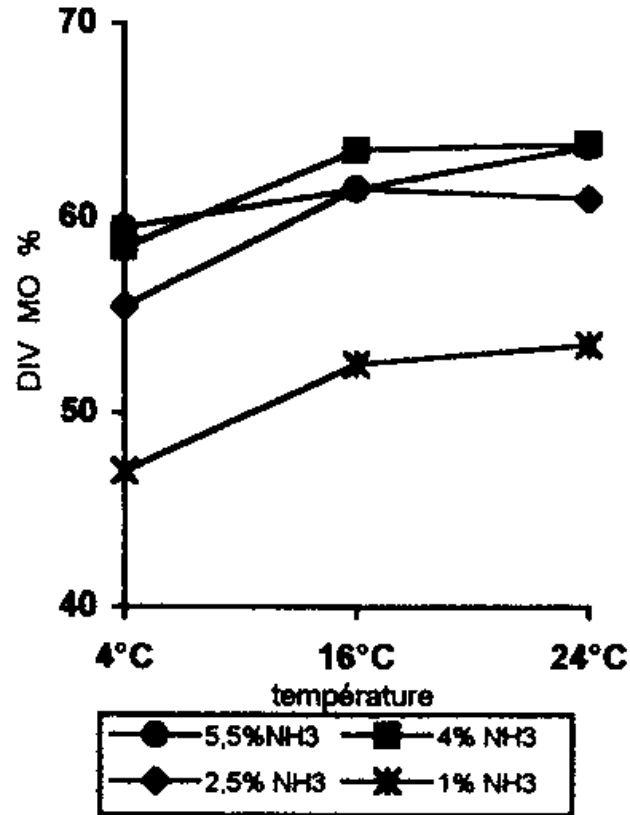
d' $\text{NH}_3$  au delà de 4,0, jusqu'à 5,5 et 7,0 kg pour 100 kg (MS) de paille n'entraînait plus qu'une amélioration marginale. La **fig. 11a** empruntée à SUNDSTOL et al. (1978), analysant l'effet de la quantité d' $\text{NH}_3$  sur l'augmentation de la digestibilité *in vitro* (DIV) d'une paille d'orge traitée pendant 4 semaines à différents niveaux d'alcali et à différentes températures, illustre bien cette observation. Ces auteurs concluaient ainsi que des **doses supérieures à 4 p.100 (de la MS de paille traitée) ne se justifient pas**, du moins dans la mesure où les autres paramètres sont respectés. **L'optimum économique se situe très certainement entre 2,5 et 3,5 kg d' $\text{NH}_3$  (apporté sous forme anhydre ou aqueuse) pour 100 kg de MS de paille traitée** (c'est à dire entre 2,1 et 3,0 kg pour 100 kg de paille à 85 p.100 de MS).

En tout état de cause, et la **fig. 11a** le montre bien, des **doses inférieures à 2,5 p.100** sur la base de la MS (soit 2,1 p.100 d'une paille à 85 p.100 MS) **sont insuffisantes** et n'auront pas l'effet attendu.

***Figure 11: Influence de la dose d'ammoniac, de la température ambiante, de la durée et de l'humidité du traitement sur l'efficacité du traitement d'une paille d'orge appréciée par la digestibilité in vitro de la matière organique (DIV MO%) (d'après Sundstol et al., 1978).***

***Figure 11a: température et dose d' $\text{NH}_3$  (durée de traitement = 4 semaines)***





*Figure 11b: température et durée (traitement à 3.4% d'NH<sub>3</sub> et 25% d'humidité)*

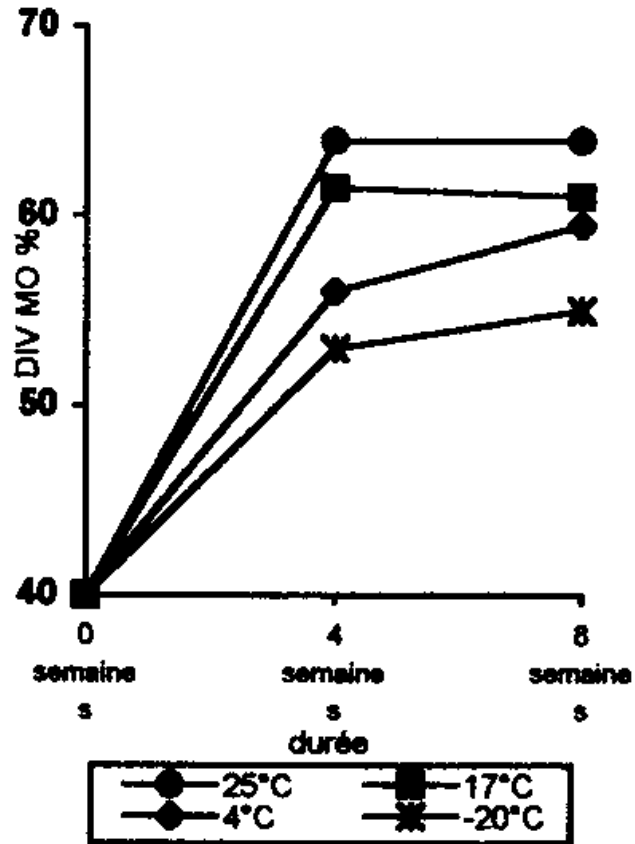
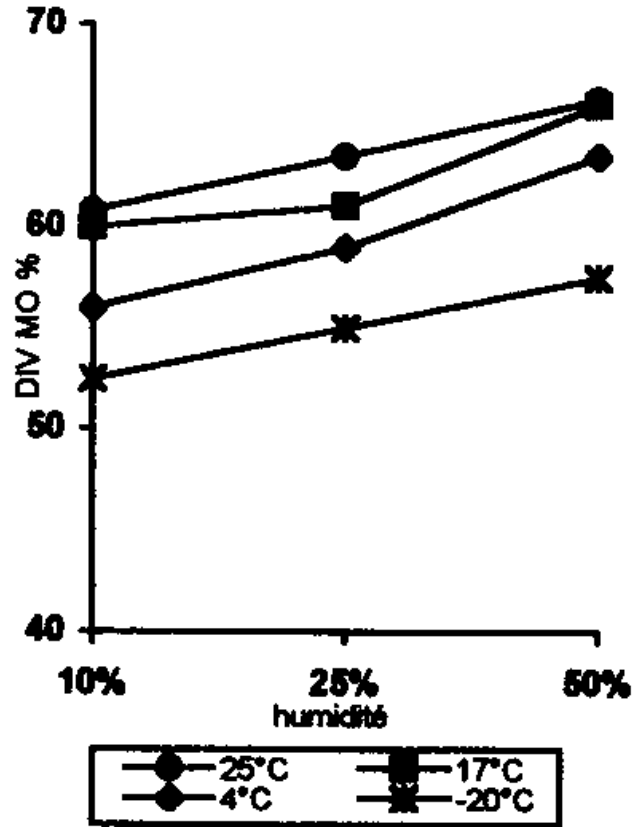


Figure 11c: température et humidité (traitement de 8 semaines à 3.4%)

Table des matières  
d' $\text{NH}_3$ )

### 3.2.2. Température et durée du traitement

Il est difficile de dissocier ces deux paramètres car les réactions chimiques de l'alcali sur la paille sont, comme la majorité des réactions chimiques, d'autant plus rapides que la température à laquelle elles s'effectuent est élevée. La **fig. 11b**, empruntée à SUNDSTOL et al. (1978) illustre bien ce phénomène.

L'élévation très rapide de température lors du traitement, due à la réaction exothermique, n'est pas suffisante à elle seule pour assurer de bonnes conditions de réaction dans le cas des traitements en tas (non calorifuges). En effet, la température de la masse du fourrage va s'équilibrer au bout de quelques jours à la température ambiante (au bout d'un peu plus longtemps, si on a injecté l' $\text{NH}_3$  sous forme liquide car son évaporation va d'abord abaisser la température). C'est par conséquent la température ambiante qui aura l'effet le plus important et déterminera l'efficacité du traitement.

Il faut savoir en outre que l'ammoniac est une base plus faible que la soude et réagit plus lentement.

L'essentiel est de respecter une durée de traitement d'autant plus longue que la température ambiante est basse, et *vice et versa*, mais avec des limites. **A partir de 17°C, il n'est plus très important d'augmenter le temps de traitement au delà de 4 semaines (fig. 11b)**. Le traitement n'est même que de quelques heures à 90-100°C. En revanche dans les régions **tempérées ou tropicales d'altitude**, où il peut geler la nuit pendant les saisons où s'effectuent les traitements, **il est**

**important de respecter des durées suffisantes**, l'efficacité du traitement continuant à s'améliorer jusqu'à 8 semaines. Pour les températures intermédiaires entre 5 et 15°C, on pourra ainsi adopter des durées intermédiaires entré 4 et 8 semaines.

**En définitive** et sur le plan **pratique**, les **recommandations ci-dessous**, préconisées par SUNDSTOL et al. (1978), peuvent constituer de bonnes indications:

| <b>température ambiante</b> | <b>durées à respecter</b>       |
|-----------------------------|---------------------------------|
| <5°C                        | plus de 8 semaines              |
| 5-15°C                      | 4 à 8 semaines                  |
| 15-30°C                     | 1 à 4 semaines                  |
| >30°C                       | moins de 1 semaine              |
|                             | <i>au moins une semaine (*)</i> |
|                             | (selon Sundstol et al., 1978)   |

(\*) Il convient aussi d'avoir à l'esprit que, indépendamment de l'effet alcalin d'hydrolyse des glucides pariétaux, l'ammoniac apporte de l'azote qui va être retenu par la paille pour partie (en gros les 2/3) par adsorption (cette partie est labile et partira progressivement si la paille traitée est laissée longtemps à l'air) et pour une autre partie (le 1/3) par réaction chimique avec les parois de la paille (seule cette partie est

solidement fixée, voir §323). Cette réaction sera d'autant plus complète que température et durée (ainsi également que humidité) du traitement seront élevées. C'est pourquoi, en Tunisie, la recommandation pratique (et nous souscrivons parfaitement à cette mesure) est, pour plus de sûreté, d'adopter une durée d'*au moins une semaine*" (dernière ligne du tableau ci-dessus) pour les températures supérieures à 30°C.

### 3.2.3. Humidité à laquelle est effectué le traitement

Le pourcentage **d'humidité à l'intérieur de la masse de fourrage traité** (donc la teneur en matière sèche de la paille elle-même dans le cas du traitement à l'ammoniac anhydre) **est un facteur d'efficacité du traitement** ammoniacal **très important**. En effet le traitement proprement dit est effectué par l'ion  $\text{NH}_4^+$  ( $\text{NH}_3$  est inerte) qui n'est libéré que si  $\text{NH}_3$  est mis en présence d'eau. **Ce paramètre est pourtant, hélas, souvent sous estimé** dans les régions où les pailles et autres résidus de culture traités sont très secs (zones méditerranéennes et zones arides, étés très secs des zones tempérées).

Les travaux sur ce sujet (WAISS et al., 1972; BORHAMI et SUNDSTOL, 1982; CORDESSE, 1982; ALIBES et al., 1983) sont moins nombreux que sur les autres facteurs parce que la gamme d'humidité des pailles inférieure à 15 p.100 a été négligée. Ces travaux indiquent une réponse de l'efficacité du traitement, en terme d'augmentation non seulement de la DIV, mais aussi de la teneur en N, à l'augmentation de la teneur en humidité du milieu de traitement. La **fig. 11c** montre

que cette réponse est quasi linéaire même à des températures basses et pour des durées de traitement élevées.

On peut retenir globalement que **l'humidité optimale pour un bon traitement se situe dans la fourchette 15-25 p.100**. Même si des humidités supérieures améliorent encore l'efficacité du traitement, d'autres inconvénients liés par exemple à l'aptitude au stockage (risques de moisissures), aux difficultés de manutention de produits trop humides, apparaissent et risquent de réduire l'effet bénéfique de l'humidité.

Dans la pratique, il est **absolument nécessaire de réhumidifier les pailles dont la teneur en MS est supérieure à 90 p.100** si on ne veut pas courir le risque de "traiter pour rien". La réhumidification de la paille, certes consommatrice de main d'oeuvre, peut se faire par arrosage, lit par lit, au moment de la fabrication de la meule. Une autre possibilité, si le produit est commercialisé localement, est de traiter avec l'ammoniaque aqueux,  $\text{NH}_4\text{OH}$ , (en respectant les poids d'alcali à apporter), garantie d'apport d'eau complémentaire puisque  $\text{NH}_4\text{OH}$  est une solution de  $\text{NH}_3$  (§31). A notre avis, il est préférable de réhumidifier plutôt que de recourir au dernier moment à cette technique, certes simple, mais assez dangereuse et à laquelle le personnel technique est moins familiarisé.

### 3.2.4. Nature du fourrage à traiter

C'est un point très important. En effet, l'ensemble des résultats bibliographiques montre que, globalement, **les pailles réagissent d'autant mieux au traitement**

**qu'elles sont, au départ, moins digestibles:** aussi le traitement peut-il ne pas être aussi efficace dans le cas de pailles de bonne qualité. Or les outils appropriés permettant de distinguer rapidement une bonne paille d'une mauvaise paille font encore défaut.

**La capacité d'un fourrage à réagir à un traitement alcalin dépend de sa famille botanique, de l'espèce à laquelle il appartient de sa variété** et de son stade de développement. Sans trop rentrer dans le détail, cette capacité est essentiellement liée à la nature des liaisons entre les acides phénoliques et la lignine (éthers ou esters, respectivement plus et moins sensibles aux alcalis). C'est d'ailleurs pour ces raisons que, d'une manière générale, les légumineuses sont beaucoup moins sensibles à l'attaque alcaline et que les traitements de tiges de légumineuses répondent beaucoup moins bien aux traitements que celles de graminées. Il existe également de grandes différences entre espèces à l'intérieur des graminées. Des travaux de recherche sont en cours et quelques auteurs (DIAS - DA - SILVA et GUEDES, 1990; BESLE et al., 1989) ont commencé à proposer des mesures (indice de saponification, densité optique) mais celles-ci restent encore trop complexes.

Cette grande variabilité dans l'aptitude des pailles à répondre aux alcalis conduit ainsi à penser **qu'il n'y aurait pas une dose, universelle pour toutes les pailles, mais des doses, plus ou moins importantes suivant leur nature botanique.** C'est sans doute en partie pour cette raison que les essais sur la réponse des pailles aux doses d'alcalis ont été aussi nombreux et leurs résultats aussi peu homogènes.



Tout ceci mène à la conclusion qu'il faudra, pour le moment, se garder de généraliser et d'utiliser dans un contexte donné des recommandations qui peuvent paraître optimistes parce qu'obtenues dans un contexte agro-climatique et sur des espèces botaniques différents.

### 3.3. Applications pratiques

---

[3.3.1. Les modalités pratiques de traitement](#)

[3.3.2. Exemples d'application pratique](#)

---

#### 3.3.1. Les modalités pratiques de traitement

Elles sont décrites dans l'annexe 2.

#### 3.3.2. Exemples d'application pratique

La Tunisie et l'Egypte ont développé le traitement à l'ammoniac anhydre sur le terrain depuis bientôt une quinzaine d'années, l'Algérie quant à elle envisage de le développer.

**La Tunisie**, qui importe l'ammoniac et l'urée pour son industrie d'ammonitrates et ses besoins en engrais, a décidé de lancer le traitement à l'ammoniac dans les grandes exploitations. Elle envisage maintenant de démarrer également le traitement à l'urée pour les exploitations plus modestes.

Elle dispose d'un centre de stockage/distribution de NH<sub>3</sub> équipé de deux cuves "mères" fixes, de 20 t et de 2 t, et de 10 camions-citernes de 500 kg. Il est actuellement géré par l'Office de l'Élevage et des Pâturages, mais doit être confié prochainement à une société privée. Huit techniciens avaient été formés en France. Ses traitements sur le terrain se sont répartis de la manière suivante:

| année                    | 1985 | 1986 | 1987 | 1988 | 1989 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 |
|--------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| nombre de bénéficiaires  | 50   | 100  | 110  | 600  | 250  | 175  | 225  | 422  | 671  |
| paille traitées (1000 t) | 0,63 | 2,11 | 1,80 | 7,59 | 4,97 | 2,92 | 2,70 | 3,41 | 5,70 |

Les pailles (blés dur et tendre, orge), conditionnées en balles de moyenne densité de 15 kg, sont traitées à raison de 3 kg d'NH<sub>3</sub> par 100 kg de paille (brut) dans des tas de 4 à 5 t. La forme standard des tas (4 lits de 7 balles sur la largeur), a été déterminée par la largeur des films de plastique commercialisés qui est de 8 m. Il s'agit d'un plastique noir de 180 µ m d'épaisseur. Point intéressant à signaler, le film de sol est supprimé et remplacé par un lit de paille en vrac; l'herméticité de la meule est alors assurée par enfouissement du rabat (70 cm) du film de couverture dans une rigole de 25 cm creusée tout autour de la meule.

La paille est réhumidifiée par arrosage ou aspersion lorsque sa teneur en matière sèche dépasse 90 p.100. Les durées de traitement recommandées sur le terrain sont de 3 semaines.

**L'Égypte**, qui dispose d'une pétrochimie, s'est engagée, en plus de la

commercialisation des mélanges mélasse/urée liquides ou en blocs, dans le traitement à l'ammoniac pour les grandes exploitations rizicoles du Delta depuis 1983. Elle vient, parallèlement, de s'engager dans le traitement à l'urée pour les petites exploitations productrices de blé de la vallée du Nil.

Elle a équipé 8 centres de stockage/distribution de  $\text{NH}_3$  dotés chacun de 1 à 2 cuves fixes de 4,5 t et de 2 à 3 camions-citernes de 1 t. Les quantités globales d'ammoniac utilisées et celles de pailles traitées correspondantes depuis le début des traitements en exploitation sont les suivantes:

| <b>année</b>               | <b>1986</b> | <b>1987</b> | <b>1988</b> | <b>1989</b> | <b>1990</b> | <b>1991</b> | <b>1992</b> | <b>1993</b> |
|----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| - t de $\text{NH}_3$       | 600         | 700         | 950         | 2700        | 6886        | 1964        | 4262        | 4130        |
| - paille traitées (1000 t) | 20,0        | 23,3        | 31,7        | 90,0        | 229,5       | 65,5        | 142         | 137,7       |

Les traitements sont effectués essentiellement avec les pailles de riz conditionnées en balles cubiques de 65 kg à raison de 3 kg d' $\text{NH}_3$  pour 100 kg de paille. Les tas sont standardisés à environ 10 t, leur section de 2 m de large est constituée de 3 lits (hauteur totale de 1,5 m), leur longueur est d'environ 20 m. Cette largeur de section de 2 m, un peu faible pour optimiser le rapport quantité de paille/quantité de plastique utilisé, est liée au fait qu'il n'existe qu'une largeur de commercialisation des films de plastique. Ces films sont fabriqués sur place et répondent aux normes d'épaisseur. La paille est réhumidifiée quand elle est trop sèche. Les durées de traitement recommandées sur le terrain sont de 10 jours.

Qu'il s'agisse de la Tunisie ou de l'Egypte, ces traitements sont parfaitement maîtrisés et donnent satisfaction au niveau de la pratique. Le personnel technique chargé des traitements a été formé et est régulièrement recyclé à travers des sessions de formation incluant des stages de terrain. Il en est de même du personnel d'encadrement zootechnique chargé du suivi des exploitations. Les exploitants sont maintenant parfaitement familiarisés avec les fourrages traités et avec les principes de leur rationnement.

**L'Algérie**, qui possède une pétrochimie et utilise l'ammoniac comme fertilisant, a prévu de lancer un programme de traitement à l'ammoniac de grande envergure (des quantités de l'ordre de 160.000 t de paille par an sont envisagées). L'équipement sera constitué de deux cuves mères de 20 t pour l'alimentation de 10 unités de traitement disposant chacune d'une citerne fixe de 4 t et de citernes tractées de 500 et 2000 kg. L'Algérie profite de l'expérience de l'Egypte et de la Tunisie en matière de traitement à l'ammoniac grâce au Projet Régional (Maghreb, Mashreq) GCP/INT/523/FRA, sur le développement de l'utilisation des résidus de culture et des sous-produits agro-industriels en alimentation animale, coordonné par la FAO.

### 3.4. Conclusion

Le traitement en tas à l'ammoniac anhydre est une technique simple, efficace et parfaitement adaptée **aux pays méditerranéens, subtropicaux et tropicaux qui disposent d'ammoniac, d'un réseau de distribution de cet ammoniac et, surtout, de l'infrastructure routière** permettant l'accès des camions ou

tracteurs équipés de cuves de 500 kg d' $\text{NH}_3$ . La formation du personnel technique est ensuite indispensable de même que l'organisation de la maintenance du matériel.

Les **points essentiels** à respecter sont,

- la **dose d'ammoniac**. Le sous dosage est rédhibitoire car on traite alors "pour rien". Le surdosage est moins grave et l'on verra plus loin (chap. 9) comment réagir dans ce cas. Les sources d'erreur sur le dosage interviennent le plus souvent avec des fourrages trop humides au départ dont on peut mal apprécier la teneur en matière sèche.
- l'**humidité** du fourrage à traiter: il est indispensable de traiter des fourrages d'une teneur en matière sèche comprise entre 80 et 85 p.100.
- l'**herméticité** parfaite de l'enceinte de traitement pour éviter la perte d'ammoniac et assurer une bonne réaction chimique à la fois alcaline et d'amélioration azotée.
- la **durée de traitement**: jamais inférieure à une semaine à plus de 30°C et de 3 à 4 semaines entre 20 et 30°C de température ambiante. Les traitements gagneront à être effectués le plus tôt possible après la moisson, saison où les températures sont favorables au traitement.
- le **maintien du fourrage traité en enceinte étanche jusqu'à son**

**utilisation.****IV. Le traitement a l'urée**

---

[4.1. Principe](#)

[4.2. Facteurs de réussite du traitement à l'urée](#)

[4.3. Considérations pratiques sur le traitement à l'urée](#)

[4.4. Conclusion sur la technique de traitement à l'urée](#)

---

Dans les pays tropicaux, le traitement des fourrages à l'ammoniac reste limité pour les raisons essentielles suivantes:

- l'ammoniac anhydre est souvent inexistant et il est difficilement concevable de l'importer aux seules fins de traitement;
- comme on l'a vu plus haut la technique de traitement nécessite un matériel coûteux (citernes spéciales, moyens de transport, plastique) et

des voies d'accès chez les paysans (route) qui font souvent défaut;

- ce type de traitement demande un certain niveau de technicité que le paysan ne possède pas. Tributaire d'un agent de développement, le paysan ne serait pas assez autonome pour réaliser lui-même ses traitements;
- enfin le traitement n'est pas dénué de risques: la manipulation de l'ammoniac anhydre, gaz toxique, est souvent délicate et nécessite un matériel parfaitement entretenu.

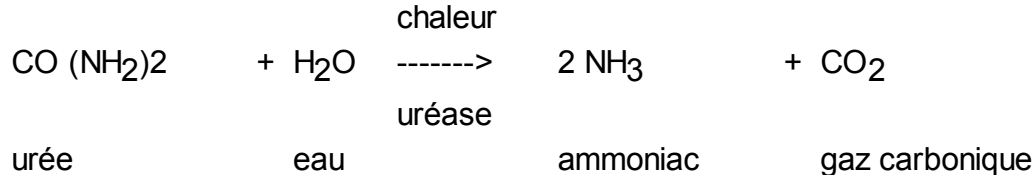
Pourtant ce même ammoniac peut aussi être généré sans aucun risque à partir de l'urée classiquement utilisée comme engrais (46 N). Cette source d'ammoniac a l'avantage, sur la précédente, d'être universellement répandue, facile à transporter, à stocker et à manipuler et moins coûteuse. La majorité des pays d'Afrique et d'Asie l'utilisent comme engrais pour la fertilisation des cultures vivrières (maïs, sorgho, mil, riz,...). Il est donc disponible localement.

#### 4.1. Principe

Le traitement à l'urée (source génératrice d'ammoniac) est une technique simple et très facilement maîtrisable par le paysan. Elle consiste à incorporer par arrosage une solution d'urée au fourrage grossier sec et à recouvrir l'ensemble avec les matériaux étanches localement disponibles.

En présence d'eau et d'enzyme, appelée **uréase** et, s'il fait **suffisamment**

**chaud**, l'urée est hydrolysée en ammoniac gazeux et en gaz carbonique selon la réaction enzymatique simplifiée suivante:



*Lorsque l'hydrolyse est complète, **une molécule d'urée (c'est à dire 60 g) génère deux molécules d'ammoniac (c'est à dire 34 g).***

**5 kg d'urée permettent donc de produire 2,83 kg d'ammoniac.**

C'est l'ammoniac ainsi généré qui effectuera le traitement (alcalin) proprement dit en diffusant progressivement dans la masse du fourrage. Il agira de la même manière que l'ammoniac anhydre sur le matériel végétal:

- solubilisation des glucides pariétaux (notamment les hémicelluloses).
- gonflement du matériel végétal en milieu aqueux, facilitant l'accès des microorganismes cellulolytiques du rumen.
- diminution de la résistance physique des parois, facilitant le travail de mastication par l'animal et la digestion par les microbes.
- comme dans le cas du traitement à l'ammoniac anhydre le fourrage



sera en outre enrichi en azote.

**Il en résultera pour le fourrage une augmentation de sa digestibilité (de 8 à 12 points), de sa valeur azotée (qui sera plus que doublée) et de son ingestibilité (de 25 à 50%), donc de sa valeur alimentaire.**

## 4.2. Facteurs de réussite du traitement à l'urée

---

[4.2.1. Présence d'uréase](#)

[4.2.2. Dose d'urée](#)

[4.2.3. Quantité d'eau à rajouter](#)

[4.2.4. Température ambiante et durée de traitement](#)

[4.2.5. Qualité initiale du fourrage à traiter](#)

[4.2.6. Herméticité du milieu de traitement](#)

---

Le traitement dit à l'urée est basé sur la transformation de l'urée en ammoniac. Pour qu'un tel traitement soit réussi, il faut d'abord que la majorité de l'urée apportée soit hydrolysée en  $\text{NH}_3$  et ensuite que ce dernier diffuse correctement pour se fixer sur le fourrage et le modifier chimiquement. Il convient donc de réunir les conditions favorables à une **bonne uréolyse** et à un **bon traitement ammoniacal** sachant que ces deux processus prendront place simultanément dans la masse du fourrage.

Les conditions de réussite du traitement alcalin ayant déjà été étudiées, l'objet de

ce chapitre est d'étudier plus en détail les conditions de réussite de l'uréolyse en voyant comment cette dernière peut éventuellement affecter le traitement ammoniacal proprement dit.

Les conditions pratiques de la réussite du traitement sont la **présence d'uréase**, la **dose d'urée** (qui va déterminer la dose d'ammoniac à laquelle sera traité le fourrage), l'**humidité**, la **température** et la **durée du traitement**, l'**herméticité du milieu de traitement** et, enfin, la **qualité initiale du fourrage** à traiter. Elles sont interdépendantes et il est difficile de les dissocier les unes des autres.

#### 4.2.1. Présence d'uréase

L'hydrolyse de l'urée est une **réaction enzymatique** qui ne peut s'effectuer qu'en présence d'uréase, enzyme "coupant" la molécule d'urée. Cette réaction est très **complexe**.

L'**uréase est produite** par les **bactéries uréolytiques**. Ces dernières sont présentes dans le sol et, aussi, dans les urines et les déjections humaines et animales (l'uréase est présente dans le rumen). Ainsi, **en milieu agricole** et paysan, l'**uréase présente dans le milieu** (encore appelée d'**origine tellurique**) **ne fera généralement pas défaut** et viendra contrebalancer sa teneur parfois insuffisante dans les pailles (cf, entre autres les travaux de WILLIAMS et al., 1984 a et b et de YAMEOGO et al., 1993).

Les conditions de traitement doivent ainsi favoriser le développement des bactéries uréolytiques au sein du fourrage traité: humidité, température, durée, au détriment des microorganismes susceptibles de provoquer des moisissures et des putréfactions.

Le seul cas (§423) où il peut être nécessaire d'en ajouter artificiellement est celui du traitement à l'urée effectué en présence de quantités très réduites d'eau et à des températures tempérées, voire fraîches.

#### 4.2.2. Dose d'urée

Les premiers traitements de paille à l'urée ont fait l'objet de nombreuses controverses en ce qui concerne les doses d'urée à appliquer car on minimisait le degré d'uréolyse et, par là, **la quantité d'ammoniac produite - elle seule responsable de l'efficacité du traitement alcalin - (cf chap. 3)**. Il est maintenant bien établi que les **doses optimales se situent entre 4 et 6 kg d'urée par 100 kg de paille brute**, ce qui correspond à un traitement ammoniacal se situant entre les valeurs de 2,4 et 3,4 kg d' $\text{NH}_3$  par 100 kg de paille brute (soit, si la paille a une teneur en matière sèche de 90%, des doses d' $\text{NH}_3$  comprises entre 2,7 et 3,8 kg par 100 kg de MS de paille). Elles correspondent à celles recommandées pour le traitement à l'ammoniac anhydre.

Des doses d'urée plus élevées n'entraînent pas d'amélioration supplémentaire significative de la valeur alimentaire de la paille (SCHIERE et IBRAHIM, 1989). Ces derniers auteurs ont même été jusqu'à vulgariser au Sri Lanka des doses de

4% d'urée. La controverse en la matière est très certainement à rechercher dans l'ensemble des raisons suivantes:

- le traitement à l'urée s'effectue à une humidité plus élevée que celui effectué à l'ammoniac anhydre. A dose d' $\text{NH}_3$  égale, il est donc plus efficace, et la tendance est de réduire la dose d'urée;
- le traitement alcalin, s'il est plus efficace, est plus lent que celui à l'ammoniac car il s'effectue en présence des composés intermédiaires (carbamates) de la production de l'ammoniac. Or ces derniers freinent la fixation de l' $\text{NH}_3$  et l'hydrolyse des parois végétales (SAHNOUNE, 1990). La majorité des travaux sur le traitement à l'urée ont été effectués en régions chaudes donc sur des durées assez courtes (10 j à 3 semaines). Même si la température accélère la vitesse de traitement (§424), il est possible que le traitement ne soit pas achevé. La "réponse" à des doses d'urée plus élevées peut ainsi ne pas s'exprimer totalement. La conclusion "hâtive" est alors de ne traiter qu'à des doses moins élevées.
- comme l'a montré (SAHNOUNE, 1990), l'hydrolyse de l'urée peut s'arrêter ou ralentir lorsque la quantité d'ammoniac libre (non encore fixée) à l'intérieur de la masse traitée est importante. Il est ainsi vraisemblable que pour des doses d'urée élevées et des durées de traitement courtes la réponse à la dose d'urée puisse ne pas être décelée, la totalité de l'urée n'ayant pas eu le temps de se transformer.

- enfin, la réponse du traitement alcalin dépend de la qualité initiale du fourrage à traiter (chapitre 3). Il est vraisemblable que des doses considérées comme optimales sur certaines pailles de riz ne le soient plus sur certaines pailles de blé ou certains fourrages naturels.

En outre, elles augmentent le coût du traitement chez des paysans dont les moyens financiers sont limités.

Des tentatives ont été faites pour **diminuer la dose d'urée à 2-3% en y associant de la chaux,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$**  qui favoriserait l'hydrolyse de l'urée mais, surtout, le traitement alcalin. Les travaux sur cet aspect sont encore au stade des essais et les références sur la réponse des animaux sont encore trop rares pour pouvoir vulgariser la technique (ZAMAN et OWEN, 1990; WANG et FENG, 1993; KAYOULI, 1994 a et b). Un essai récent de BUI VAN CHINH et al. (1994) au Vietnam avec une paille de riz traitée à raison de 2,5 kg d'urée, 0,5 kg de chaux et 0,5 kg de sel donne toutefois des résultats intéressants sur des bovins en croissance (§7332).

**En conclusion et en pratique**, la majorité des travaux et des observations de terrain conduit à recommander la dose de **5 kg d'urée par 100 kg de fourrage en l'état (ramassé sec)**. Elle a été largement utilisée **avec succès** dans les différents cas pratiques auxquels nous avons été confrontés.

#### 4.2.3. Quantité d'eau à rajouter

L'hydrolyse de l'urée ne peut s'effectuer qu'en présence d'eau. **La quantité d'eau à ajouter dans le fourrage est donc un facteur déterminant de la réussite du traitement.**

L'hydrolyse de l'urée s'effectue d'autant mieux qu'il y a plus d'eau. Comme cette réaction a lieu en milieu complexe constitué de fourrages dans lesquels la solution d'urée est incorporée, il existe des limites pratiques à cette humidité. Or les travaux sur la compréhension de l'uréolyse en milieu hétérogène (eau plus fourrages) sont très peu nombreux (WILLIAMS et al., 1984 a et b; SAHNOUNE et al., 1991 et 1992; YAMEOGO et al., 1993; entre autres).

C'est pourquoi, tant dans les pays tempérés que dans les pays tropicaux, les travaux ayant cherché à définir la quantité d'eau idéale à ajouter sont parfois contradictoires (WILLIAMS et al., 1984; WAISS et al., 1972; SUNDSTOL et al, 1978; SCHIERE et IBRAHIM, 1989; MANDELL et al, 1988; SAHNOUNE et al, 1989; REDDY et al, 1989; ALHASSAN et ALIYU, 1991; STIEFEL et al., 1991; MAO et FENG, 1991; NYARKO et al, 1993; CHENOST, 1993; KAYOULI, 1988, 1994 a et b).

L'élément de décision pratique est moins la quantité d'eau à ajouter que le taux d'humidité le meilleur possible. L'ensemble des travaux de recherche, des essais et des observations en vraie grandeur permet d'affirmer que pour réussir l'uréolyse complète en milieu hétérogène,

***L'humidité finale du traitement ne devrait jamais être inférieure à 30 p.100***

(ou, exprimé autrement, la teneur en matière sèche finale du fourrage traité jamais supérieure à 70 p.100).

La limite supérieure de cette humidité tient aux raisons suivantes:

- il est pratiquement impossible d'ajouter des quantités trop importantes d'eau sur de la paille. Les pertes de solution par ruissellement seraient trop importantes et, surtout, la masse du fourrage serait trop molle,
- **l'ammoniac généré doit diffuser correctement dans la masse du fourrage.** Or l'ammoniac étant **hygroscopique**, il risquerait d'être **"piégé" par l'eau** avant de se fixer sur les parois végétales,
- **une masse trop humide favorisera le développement de moisissures** si l'herméticité n'est pas parfaite,
- un apport excessif d'eau favorisera le lessivage de l'urée vers le fond du silo dans le cas de fourrages peu absorbants, provoquant un surdosage et, même, un pourrissement du fourrage dans les parties inférieures du silo, augmentant le risque d'intoxication des animaux.

En revanche,

- **l'humidité facilite le tassement** de la masse de fourrage et, par conséquent, une meilleure évacuation de l'air et un milieu plus ammoniacal si l'enceinte de traitement est bien hermétique. Cet aspect

texture/tassement sera évoqué au §43.

***L'humidité finale ne devra ainsi jamais être supérieure à 50 p.100.***

***Elle devra donc se situer dans la fourchette 30-50 p.100.***

Le **tableau 3** donne un exemple concret des quantités d'eau minima et maxima à ajouter suivant la teneur en matière sèche de la paille. Une faible variation de cette dernière peut entraîner des différences importantes dans les quantités d'eau à rajouter. Il conviendra d'être très vigilant en zone tropicale sahélienne où non seulement les pailles ou les fourrages naturels sont très secs (MS% souvent supérieur à 92) mais où le degré hygrométrique de l'air est très bas favorisant une évaporation rapide et intense. Il faudra être vigilant, dans l'autre sens, dans le cas des pailles tempérées plus humides (teneur en MS% de 85, voire même moins).

***Tableau 3: Quantité d'eau en l'à rajouter à 100 kg de paille pour obtenir une humidité finale de 30 et 50% suivant la teneur MS de la paille***

| <b>Eau à ajouter (l/100 kg de paille)</b> | <b>MS p100 de paille initiale</b> | <b>Humidité finale (p100)</b> |
|---|-----------------------------------|-------------------------------|
| 23  | 85                                |                               |
| 30  | 90                                | 30                            |
| 38  | 95                                |                               |
| 75  | 85                                |                               |



|    |    |    |
|----|----|----|
| 85 | 90 | 50 |
| 95 | 95 |    |
| 50 | 90 | 39 |

*dans le cas d'un traitement à 5 kg d'urée pour 100 kg de paille brûlée*

Exemple: calcul de la quantité d'eau à ajouter à une paille d'une teneur en MS de 90%, traitée avec 5 kg d'urée, pour atteindre une humidité finale de 30%

*humidité = 30% soit MS = 70%*

*MS% = (90 + 5)/(100 + 5 + x) = 70/100*

*= poids sec (paille + urée)/poids total (paille + urée + eau ajoutée)*

*x = 30 litres*

La décision d'ajouter plus (pailles et atmosphère ambiante très sèches) ou moins (pailles manifestement moins sèches) d'eau, dans les limites indiquées plus haut, dépendra de l'appréciation de facteurs spécifiques propres à chaque situation:

- ne pas restreindre l'eau si elle n'est pas limitée: d'une part le tassement n'en sera que facilité et, d'autre part le maintien d'une humidité correcte dans la masse du fourrage n'en sera que favorisé si l'atmosphère est sèche et que les matériaux de couverture disponibles sont peu performants?

- ne pas en mettre trop si les pailles ne sont pas trop sèches et que les conditions atmosphériques risquent d'humidifier le milieu de traitement?

En conclusion et pratiquement, **la quantité d'eau recommandable à ajouter est de 50 litres d'eau par 100 kg de fourrage en l'état** (pendant la saison sèche). Cette quantité a d'ailleurs largement fait ses preuves dans de très nombreuses situations. **Il n'y a aucun problème à ce qu'elle se situe entre 40 et 80 l.**

#### 4.2.4. Température ambiante et durée de traitement

La température ambiante joue un rôle déterminant sur la durée du traitement à travers son influence sur

- le développement des bactéries uréolytiques,
- la vitesse et l'intensité de la réaction d'uréolyse (la vitesse est doublée à chaque augmentation de la température de 10°C, elle est inversement ralentie de moitié à chaque diminution de 10°C),
- l'efficacité du traitement alcalin.

Le traitement alcalin (§32) est correctement réalisé au bout d'une semaine à des températures supérieures ou égales à 30°C et au bout de une à quatre semaines à des températures comprises entre 15 et 30°C. Aux remarques près évoquées au §32, ces durées sont donc les mêmes pour le traitement à l'urée **dans la**

**mesure où, toutefois, la réaction d'uréolyse s'est elle-même déroulée normalement entre temps.**

**La température idéale de l'uréolyse est de 30 à 40°C** (30°C est d'ailleurs la température de référence pour le dosage de l'urée par action de l'uréase en laboratoire).

A des températures supérieures à 25-30°C, l'uréolyse est achevée au bout de quelques jours en milieu hétérogène, du moins dans la mesure où l'humidité n'est pas limitante. C'est ainsi qu'à des températures ambiantes comprises entre 30 et 40°C, l'efficacité du traitement est maximale au bout d'une semaine. STIEFEL et al (1991), en Inde, ont observé sur paille de riz traitée à 4-5 kg d'urée et 60 litres d'eau pour 100 kg de paille, la même efficacité de traitement sur des durées très courtes de 8, 5 et même 4 jours.

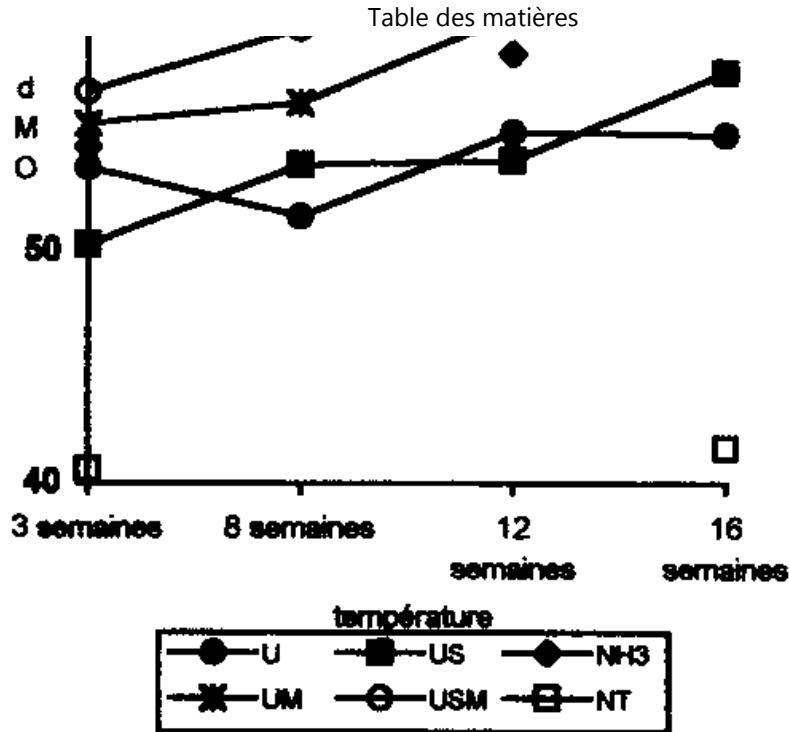
A des températures ambiantes plus basses l'activité des bactéries uréolytiques est ralentie et l'uréolyse est plus lente. Ainsi, dans le cas des pays tempérés ou des hauts plateaux tropicaux comme Madagascar ou la région du Kilimandjaro où, malgré des journées chaudes, les nuits peuvent être très fraîches (il peut même geler) pendant la période des traitements, il convient de respecter des délais plus longs. Ces derniers sont sensiblement les mêmes que ceux imposés pour un bon traitement alcalin. Des traitements de 3 semaines se révèlent suffisants puisqu'on ne constate que de très faibles teneurs en urée résiduelle et une augmentation correcte de la digestibilité (**tableau 4**). Cinq semaines y ont été recommandées comme sécurité. En effet, et nous l'avons bien montré (**fig. 12**) sur des pailles

traitées au mois de septembre en Auvergne (nuits fraîches) l'efficacité du traitement, mesurée en termes de digestibilité in vivo, s'améliore encore avec la durée du traitement. MAO et FENG (1991) ont observé, en Chine, que l'hydrolyse de l'urée est quasi-complète après trois semaines à 25°C, alors qu'à 15°C il était nécessaire d'attendre au moins deux mois pour avoir un traitement correct.

**Tableau 4: Teneurs en matières azotées totales, degré d'uréolyse et digestibilité de quelques échantillons de pailles et de fourrages pauvres traités en conditions d'exploitation suivant diverses modalités pratiques dans différents projets de développement. (Chenost. 1993: Chenost et al., 1993: Kayouli. 1994 a et b et 1995)**

**Figure 12: Evolution avec le temps de la digestibilité in vivo de la matière organique (dMO) d'une paille de blé traitée à l'urée seule (U), ou additionnée de soja cru (US), de mélasse (UM), ou de soja et de mélasse (USM). Comparaison avec la paille non traitée (NT) et traitée à l'ammoniac (NH3). (Chenost et Besle. 1993).**





*(Quantités utilisées pour 100 kg de paille à 90% MS: urée: 6 kg, mélasse: 14 kg, soja: 1,2 kg, NH3: 3,5 kg. Quantités d'eau calculées pour atteindre une humidité finale de 25 p.100 pour chaque traitement)*

L'adjonction d'une source d'uréase, telle que la farine de soja cru ou, mieux

encore, le *Canavalia ensiformis* (Jack bean) qui en sont très riches, accélère la réaction d'uréolyse en venant compenser la déficience des bactéries uréolytiques et réduit la durée de traitement (SAHNOUNE et al, 1991; CHENOST et BESLE, 1992). Il a été démontré qu'à des températures supérieures à 25°C et, surtout, à des teneurs en humidité supérieures à 25-30%, cette addition n'est plus nécessaire (WILLIAMS et al., 1984 a et b; SAHNOUNE et al, 1991; IBRAHIM et al, 1984; CHERMITI, 1994).

**En pratique:** la température ambiante dans les pays tropicaux est élevée et n'est pas un facteur limitant pour le traitement à l'urée, sauf dans les cas particuliers d'altitude. L'addition d'uréase, qui ne peut qu'engendrer des frais supplémentaires pour le paysan, n'est pas nécessaire aux humidités pratiquées. Aux doses de 5 kg d'urée solubilisée dans 50 litres d'eau pour traiter 100 kg de fourrages secs, **les températures tropicales sont idéales** à la fois pour l'uréolyse et le traitement alcalin qui peuvent ainsi être réalisés,

- en **deux semaines** pour les régions **tropicales sèches ou humides de plaine**,
- en **trois à cinq semaines en zones tropicales de montagne, ainsi qu'en zones méditerranéennes** où les températures peuvent chuter la nuit.

#### 4.2.5. Qualité initiale du fourrage à traiter

Le traitement à l'ammoniac répond d'autant mieux que le fourrage est pauvre (§324). Il en est donc de même pour le traitement à l'urée. (CHENOST et

DULPHY, 1987; TUAH et al, 1986; KIANGI et al, 1981; DIAS - DA - SILVA et GUEDES, 1990; BA, 1993; COLUCCI et al., 1992; SCHIERE et IBRAHIM, 1989).

**En pratique:** Les principaux fourrages auxquels on aura à faire sont les pailles de céréales à petits grains (riz, blé,...), les tiges de céréales comme le maïs, le sorgho, le mil,... ainsi que les graminées locales ramassées en saison sèche (pailles de brousse), ou encore des foins médiocres comme ceux de vesce-avoine en zone méditerranéenne. **Bien que, dans l'état actuel des connaissances, il soit difficile de distinguer une bonne paille d'une mauvaise paille et, surtout, l'aptitude d'une paille à répondre au traitement, on ne fera pas d'erreur en la traitant et sa valeur alimentaire n'en aéra qu'améliorée.**

D'une manière générale les pailles d'orge sont meilleures que les pailles de blé, dur ou tendre. Aussi certains spécialistes du Maroc recommandent-ils de ne pas traiter les pailles d'orge pour mettre en revanche plus l'effort sur les pailles de blé.

Il est généralement recommandé **de ne traiter que des fourrages "morts"** (**desséchés** et pas verts) **non humides** afin d'éviter les erreurs de surdosage d'eau et d'urée. Certains essais pratiques de sauvegarde de foins humides au Cameroun (LHOSTE, communication personnelle) et de traitement de pailles de mil et de sorgho juste après récolte (MS p.100 de 60) au Burkina Faso (ACHARD, communication personnelle) ont toutefois déjà été réalisés avec succès en incorporant une solution d'urée en petites quantités. **Il conviendra d'être très vigilant avant de généraliser cette pratique.**

#### 4.2.6. Herméticité du milieu de traitement

Le dernier facteur de réussite du traitement est l'herméticité de l'enceinte de traitement, tant du point de vue des pertes de la solution d'urée introduite ou de l'ammoniac généré que du point de vue du maintien de l'anaérobiose (garantie contre le développement de moisissures au sein de la masse de fourrage traité qui est humide). En effet l'ammoniac, plus léger que l'air, diffuse dans la masse de fourrage et a tendance à s'échapper quand la paille n'est pas suffisamment tassée et l'enceinte pas suffisamment étanche. La pression d' $\text{NH}_3$  généré progressivement à partir de l'urée au sein de la masse de fourrage est toutefois beaucoup moins importante que dans le cas du traitement par injection d' $\text{NH}_3$  anhydre gazeux.

**Aussi l'étanchéité de l'enceinte de traitement est-elle relativement moins importante pour les traitements à l'urée que pour le traitement à l'ammoniac anhydre.** Du type d'enceinte dépendra la réalisation de l'herméticité tant des parois que de la couverture. Nous étudierons cet aspect en même temps que les **modalités pratiques du traitement à l'urée.**

#### 4.3. Considérations pratiques sur le traitement à l'urée

---

[4.3.1. Les types de traitements et de stockage](#)

[4.3.2. Les opérations pratiques du traitement](#)



[4.3.3. Calendrier des travaux et traitement à l'urée](#)[4.3.4. Autres traitements à l'urée: Utilisation de l'urine](#)

---

L'objet de ce paragraphe est de suivre la réflexion et les questions qui se posent au moment de choisir les modalités de mise en oeuvre de la technique. Ces modalités doivent être adaptées aux conditions locales, les plus simples et les plus efficaces possible, et répondre aux principes de base étudiés plus haut.

L'ensemble des résultats expérimentaux et des résultats de "terrain" acquis dans différentes conditions agro-climatiques et socio-économiques, en particulier d'Afrique, d'Asie et à Madagascar, montrent bien que:

**il n'existe pas de solution standard, universelle, mais des solutions raisonnées suivant les conditions spécifiques propres à chaque situation.**

Celles-ci ont été évoquées dans différentes publications ou rapports (SCHIERE et IBRAHIM, 1989, DOLBERG et al., 1981 a et b; KAYOULI, 1988, 1994 a et b; CHENOST, 1993, 1995), nous en examinerons quelques unes à titre d'exemples.

#### **4.3.1. Les types de traitements et de stockage**

La stratégie et le type de traitement vont dépendre des trois points suivants:

- du conditionnement de la paille ou du fourrage à traiter:

- en vrac: haché ou en brins longs,
  - en gerbes: mécaniques ou manuelles,
  - en balles pressées.
- 
- de la quantité de fourrage à traiter, elle même dépendant du nombre d'animaux et du temps pendant lequel ceux-ci recevront le fourrage traité,
  - des possibilités matérielles et financières de l'éleveur et de sa disponibilité (calendrier des travaux agricoles).

En outre le fourrage traité peut se conserver pendant plusieurs mois si la masse de fourrage traité est bien refermée après chaque ouverture pour la reprise. Il serait par conséquent possible de traiter en une seule fois tout le fourrage nécessaire pour tous les animaux pendant toute la saison sèche. Cela n'est pas toujours faisable.

Il va donc en découler différents types de traitements et de stockage.

Nous nous proposons d'abord de les passer en revue et ensuite d'en décrire les modalités de mise en oeuvre.

### **a) Le trou ou la fosse**

C'est un dispositif simple et peu coûteux, mais qui peut conduire à de grosses erreurs s'il n'est pas raisonné et maîtrisé.

Il ne peut s'envisager **que dans des sols lourds et fermes** dont la **coupe** est **franche** et n'entraîne pas de désagrégation des parois et **que dans des parties topographiquement surélevées** ou, tout au moins, ne présentant aucun **risque** d'entrée d'eau soit par **ruissellement** (éviter les creux) soit par **infiltration** souterraine (éviter la proximité des rizières ou des plans d'eau). Il est à proscrire dans le cas de sols légers ou sableux dont les parois se désagrègent facilement et s'éboulent et dans les cas où le fourrage, une fois traité, sera utilisé jusqu'en début de saison des pluies (infiltration, moisissures).

Ces trous ont fait leurs preuves en saison sèche dans certains pays (Tanzanie, Madagascar,...) où les sols ferrallitiques sont cohérents et où les paysans (particulièrement Madagascar) sont très familiers du travail de ces sols par creusement (avec l'"*angady*", une bêche à lame longue et étroite). Ils peuvent être tapissés avec des feuilles de bananier (**photo 7**) ou des bandes de plastique (**photo 8**).

*Photo 7: traitement à l'urée par la technique de la fosse: l'herméticité est réalisée, ici, avec des pétioles (on peut aussi utiliser les limbes) de bananier (Tanzanie). Photo. Chenost.*

*Photo 8: traitement à l'urée par la technique de la fosse: l'herméticité est réalisée avec des bandes de plastique tressé utilisé pour la fabrication des sacs (Madagascar). Photo. Chenost.*

Ils ne doivent être ni trop profonds (problèmes de reprise du fourrage traité) ni

trop grands (problèmes de couverture, risque d'exposition aux éventuelles pluies). Des dimensions de 2 m x 1 m sur 1 m de profondeur conviennent parfaitement.

Ce sont donc des **dispositifs à n'utiliser que pour des petites quantités** (200 à 300 kg) **de fourrage à traiter**.

**Nous ne recommandons généralement pas les fosses** compte tenu du travail important nécessaire pour les creuser et des risques d'inondation en saison des pluies qui entraîne une perte de fourrages et/ou la détérioration de la fosse.

### **b) Tranchée semi-enterrée**

C'est toujours un trou (pas de murs construits) mais creusé dans un talus ou une déclivité de terrain. Les deux avantages par rapport au trou sont l'accès plus direct et les risques de contamination par l'eau moins importants.

Là aussi il faut des sols fermes argileux. Les tranchées sont réalisées avec succès sur les hauts plateaux malgaches dont la topographie des sols est parfaitement appropriée.

### **c) Silo couloir**

Par rapport au trou ou à la tranchée le couloir implique une élévation de parois (de murs).

Le coût de ces silos dépendra de leur taille mais, surtout, de la nature des

matériaux utilisés pour construire les murs. Ceux-ci peuvent être construit en **briques cuites** ou **parpaings**.

Ces silos sont efficaces mais nécessitent un certain investissement (briques, ciment) dont le coût ne peut pas toujours être supporté par tous les paysans.

C'est ainsi qu'une solution locale a été développée à grande échelle au Niger, depuis 1988 (KAYOULI, 1988), reprise ensuite dans d'autres pays d'Afrique (dont la Mauritanie et Madagascar). Il s'agit de murs construits en briques de *banco* (**photo 9**). Le banco est un aggloméré de terre et de paille (ou autre produit fibreux) fabriqué par les paysans et fréquemment utilisé pour leurs habitations (cases, greniers de stockage, murs de la cour, etc....). La construction du silo peut être isolée ou s'appuyer sur un mur déjà existant dans la cour (**photo 10**); elle ne demandera plus dans ce cas que les deux murs latéraux. Si le silo est grand, une petite porte peut être aménagée sur un des murs pour faciliter les opérations de traitement et de reprise du fourrage. Le silo en banco est très performant. Il est tout à fait adapté aux zones sahéliennes et soudaniennes de l'Afrique où il est très couramment utilisé.

[\*Photo 9: traitement à l'urée dans des batteries de deux silos en banco \(Mauritanie\). Photo. Chenost.\*](#)

[\*Photo 10: traitement à l'urée dans des batteries de deux silos en banco \(Mauritanie\). Photo. Chenost.\*](#)

#### **d) Silos en tiges de mil, de sorgho ou de maïs**

Dans les zones du Sahel, les paysans ramassent souvent une partie des tiges de céréales pour confectionner des clôtures et des constructions d'habitation. C'est sur ce principe qu'a été développée, dans certaines régions du Niger, l'utilisation des palissades traditionnelles en tiges de mil tissées pour réaliser des silos comparables aux enclos traditionnels. Ces palissades sont renforcées par des piquets en bois et doublées de nattes d'*Andropogon gayanus*, tressé (seko) (**photo 11**) par les paysans, sur les parois intérieures pour assurer une étanchéité minimum. Ce système est particulièrement adapté en zones pastorales sahéliennes.

**[Photo 11: réalisation d'une enceinte en séko pour le traitement à l'urée \(Niger\). Photo. Kayouli.](#)**

#### **e) Paniers en bambou**

Le bambou (malais *bambu*) est une graminée très utilisée par les paysans dans de nombreux pays d'Asie pour les constructions d'habitations, de clôtures, etc.... Des grands récipients ou cylindres (appelés "baskets" - paniers) en bambou dont les parois ont été préalablement enduites de bouse de vaches ou de buffles pour améliorer l'étanchéité ont été utilisés efficacement au Bangladesh (DOLBERG et al, 198 la et b) pour traiter des pailles (**photo 12**).

**[Photo 12: paniers et abris pouvant servir pour le traitement des pailles à](#)**

[l'urée \(Cambodge\). Photo. Kayouli.](#)

[Photo 12': paniers et abris pouvant servir pour le traitement des pailles à l'urée \(Cambodge\). Photo. Kayouli.](#)

## **f) Silos en bois et en bambou**

La plupart des paysans de Thaïlande, du Laos, du Nord du Vietnam et du Cambodge **stockent** leur pailles de riz dans des enclos en bois ou en tiges de bambou. Ces enclos couverts par un toit incliné sont souvent surélevés sur pilotis ou planchers en bois pour éviter la pénétration des eaux de ruissellement et l'accès des animaux. Ce type de stockage est utilisé avec succès au Laos pour le traitement des pailles à l'urée. L'étanchéité des parois est assurée en les doublant de matériaux locaux tels que feuilles de bananier, branches de cocotier, sacs d'engrais usagés, ou nattes tressées en bambou (palissades traditionnelles) ou en paille elle-même (**photos 13,14,15 et 16**).

[Photo 13: grenier abrité sur pilotis aménagé pour le traitement à l'urée grâce à des bandes de plastique et des nattes tressées \(Cambodge\). Photo. Kayouli.](#)

[Photo 14: silo local en charpente de BOIS et en murs de nattes tressées pour le traitement à l'urée \(Cambodge\). Photo. Kayouli.](#)

[Photo 15: abri local aménagé pour le traitement à l'urée grâce à des murs](#)

[en gerbes de paille \(Cambodge\). Photo. Kayouli.](#)

[Photo 16: aménagement d'un grenier sur pilotis pour le traitement des pailles à l'urée \(Cambodge\). Photo. Kayouli.](#)

[Photo 16': aménagement d'un grenier sur pilotis pour le traitement des pailles à l'urée \(Cambodge\). Photo. Kayouli.](#)

### **g) Constructions existantes mais non utilisées: cases, grenier,...**

Toute construction en dur, en banco ou en tiges de céréales peut bien sûr servir d'enceinte pour le traitement à l'urée dans la mesure où on s'est assuré préalablement de l'étanchéité de ses parois.

### **h) Autres possibilités**

Une méthode de stockage de paille ramassée en vrac avait été récemment développée avec succès au Niger par PEYRE de FABREGUES et DALIBARD (1990). Il s'agit de meules consolidées sur leur pourtour par une armature en grillage métallique de type Ursus, non recouvertes mais arrondies sur le sommet pour éviter les infiltrations d'eau de pluie. Ce type de meule pourrait être utilisé pour traiter à l'urée dans la mesure où l'herméticité serait assurée par badigeonnage de boue, de lisier ou de banco.

Des poches de butyle, supposant certes un investissement au départ mais réutilisables car résistantes et de surcroît facilement transportables, peuvent



également être utilisées pour des petites quantités comme l'ont fait la Syrie et la Jordanie (**photo 17**) pour leurs essais de démonstration. Des dimensions d'1 à 1,5 m de diamètre et 1,5 m de long (volume utile de 1,50 à 2,25 m<sup>3</sup>) permettent de traiter de 150 à 200 kg de paille hachée quand on les remplit sur une hauteur de 1 m (de façon à disposer d'un rabat de 50 cm pour les fermer).

**[Photo 17: démonstration de traitement à l'urée dans une poche de butyle \(Jordanie\). Photo. Chenost.](#)**

#### **i) Meules traditionnelles de paille en gerbe:**

Dans certains pays d'Asie et à Madagascar les paysans confectionnent des petites gerbes de 200 à 300 g avec leurs pailles de riz. Ils les empilent selon des couches croisées en meules de forme parallélépipédique ou ronde dont les gerbes du haut inclinées servent de toit (**photos 18 et 19**).

**[Photo 18: meules de pailles traditionnelles avec auto couverture par des gerbes inclinées en toit \(Cambodge\). Photo. Kayouli.](#)**

**[Photo 19: meules de pailles traditionnelles avec auto couverture par des gerbes inclinées en toit \(Cambodge\). Photo. Kayouli.](#)**

**[Photo 19': meule traditionnelle à Madagascar. Photo. Chenost.](#)**

De telles meules sont suffisamment compactes et étanches pour pouvoir y réaliser

le traitement en arrosant chaque couche au moment de la construction. Nous avons réalisé cette technique avec succès au Cambodge dans le cadre du Projet FAO, TCP/Cambodge/2254 (E).

Dans le cas de Madagascar où les conditions atmosphériques pendant la période d'utilisation des pailles sont encore incertaines avant l'installation de la saison sèche, nous avons traité ces gerbes par la technique du trou et de la tranchée.

### **j) Meules de fourrages pressés en balles**

A l'exception de cas particuliers (Opération fauche/pressage en Mauritanie, Projet de développement laitier en Tanzanie), les presses à fourrages sont encore peu utilisées en Asie et en Afrique. Elles sont en revanche déjà bien répandues au Maghreb, en Egypte et au Proche Orient.

Dans tous ces cas, le traitement à l'urée s'effectue par arrosage, lit par lit, de la solution d'urée au moment de la construction de la meule. La hauteur de la meule devra rester raisonnable (quatre à cinq couches) pour faciliter la reprise après traitement. Cette technique est maintenant vulgarisée avec succès pour le traitement des pailles (**photo 20**) au Maroc, en Jordanie et dans d'autres pays méditerranéens. Elle a également été testée en vraie grandeur pour le traitement des tiges de maïs en Tanzanie (**photo 21**) dans la région du Kilimandjaro/Arusha (CHENOST et al., 1993) et au Portugal (DIAS DA SILVA et al., 1988).

**[Photo 20: aspersion manuelle de la solution d'urée pour le traitement en tas](#)**

[\(Tunisie\). Photo. Chenost.](#)

[Photo 21: traitement en tas de tiges de maïs pressées par aspersion mécanisée lit par lit à l'échelle de la coopérative \(Tanzanie\). Photo. Chenost.](#)

**k) Couverture de meules avec de la boue**

Les films de plastique coûtant cher et n'étant souvent pas réutilisables après le traitement, parce que troués ou déchirés, diverses solutions de remplacement ont été envisagées et sont en cours d'étude.

Au Moyen Orient et en Afrique du Nord les paysans ont, dans certaines régions, l'habitude de protéger leurs pailles stockées au champ en meules traditionnelles en badigeonnant le sommet (réalisé en forme de toit à deux pentes) et les côtés avec de la boue. Il est logique de penser que cette couverture puisse être efficace pour les traitement à l'urée où le dégagement de l'ammoniac est progressif et sans augmentation de pression. Les premiers essais contrôlés réalisés en Tunisie (BEN SALEM al., sous presse) ont été satisfaisants.

Dans le cadre des opérations fauche/pressage, en Mauritanie, où les films de plastique sont inexistantes et où le faible degré hygrométrique de l'air impose l'étanchéité, les efforts s'orientent sur l'utilisation du banco, soit frais comme la boue, soit en brique pour la réalisation de couloirs.

A noter que la couverture avec de la boue est également applicable pour des

meules de paille non pressée en balles.

## **I) Cas particulier des balles rondes**

Nous le citerons pour mémoire car il n'a été utilisé en France que pour la conservation des spathes (CHENOST et al., 1986) et des tiges de maïs (CHENOST et al., 1991) et, à titre expérimental, pour le traitement mécanisé (à très faible teneur en eau) des pailles au champ (CHENOST et BESLE, 1992).

L'urée est introduite au moment de la fabrication des balles rondes grâce à un dispositif placé au dessus du pick-up de la presse (**photo 22**), soit sous forme solide pour les spathes et les tiges, fourrages humides (MS p.100 voisine de 40 p.100), soit sous forme de solution eau/urée/farine de soja cru, (§424), par un système de buses, pour le traitement des pailles et fourrages secs. Les balles de tiges, de spathes ou de pailles sont ensuite introduites dans une gaine de plastique.

**[Photo 22: traitement mécanisé de paille de blé au champ: l'eau et l'urée sont injectées ici séparément sur le pick-up de la presse à balle ronde \(France\). Photo. Chenost.](#)**

### **4.3.2. Les opérations pratiques du traitement**

Elles sont décrites dans l'annexe 1.

#### **A - Traitement de petites quantités en enceinte**

C'est le cas le plus fréquent. Comme il est difficile de traiter de la paille hachée en tas ou en meutes de grande taille (cohésion de la masse de fourrage) on cherche à **traiter la quantité de fourrage nécessaire aux animaux pendant une période de temps unitaire minimum, à définir**. Cette dernière devra être au moins égale au délai d'achèvement d'un deuxième traitement, préparé à l'avance, et ouvert lorsque le fourrage traité en cours de consommation est terminé, et ainsi de suite. Les traitements et l'exploitation du fourrage traité s'effectuent ainsi grâce à **une "batterie" de deux enceintes (photos 9 et 10)**. C'est ce que les égyptiens ont vulgarisé sous le terme "système des trois murs" (three wall-system). **Ce délai est, en général, de 3 semaines (§424)**.

Pour déterminer le volume et les dimensions de l'enceinte, il faut connaître les quantités de fourrage nécessaires et la densité de ce dernier une fois mis dans l'enceinte.

- **quantités:**

**La consommation volontaire d'un bovin** recevant un **fourrage traité** se situe en moyenne à **2,0 kg de matière sèche (MS) par 100 kg de poids vif par jour**. Ainsi, une vache de 300 kg a besoin de 6 kg par jour, pertes entre enceinte et auge comprises.

Prenons l'exemple d'un éleveur ayant 2 vaches de 300 kg à nourrir. Quelle quantité de fourrage (sec) doit-il traiter pour 3 semaines?

6 kg/j/vache

soit, pour 2 vaches pendant 21 jours:

6 kg x 2 vaches x 21 jours = arrondi à 250 kg

- ***volume occupé (densité):***

Notre expérience montre que, suivant l'énergie avec laquelle elle est tassée dans un trou, une tranchée ou un couloir, et suivant son degré d'humidification, une paille ou un fourrage naturel en vrac a une densité comprise **entre 80 et 120 kg (sec au départ) par m<sup>3</sup>**. Cette densité peut facilement atteindre **plus de 100 kg dans le cas de paille hachée finement ("tubin" au Proche Orient où la paille est souvent séparée du grain dans des batteuses à poste fixe qui hachent la paille)**.

Dans notre exemple il faudra donc prévoir, par silo ou par trou, un volume de 2,5 à 3,0 m<sup>3</sup> pour de la paille.

La forme à donner devra privilégier des sections d'attaque les plus petites possible par rapport à la longueur afin de pouvoir refermer facilement après chaque reprise du fourrage traité pour éviter des rentrées d'air trop importantes. La longueur de l'enceinte sera ainsi proportionnelle au poids de fourrage traité.

***B - Traitement de grandes quantités en meule ou tas***

Le traitement est généralement effectué en tas, comme pour le traitement à l'ammoniac anhydre. La solution est apportée couche par couche de balles et le

tas est recouvert d'une bâche hermétique. La taille de la meule dépend,

- de la taille et de la densité de pressage des balles. Des balles cubiques classiques de 35 x 50 cm de section et de 80 cm de longueur pressées à **moyenne densité (100 kg/m<sup>3</sup>)** pèsent en général de 10 à 15 kg,
- des dimensions du film de plastique. Cet aspect est évoqué plus haut (§332) à propos du traitement à l'ammoniac anhydre en tas.

#### 4.3.3. Calendrier des travaux et traitement à l'urée

Il est préférable de traiter au début de la saison sèche juste après la récolte, non seulement parce que l'eau et les stocks de fourrage sont encore là, mais aussi parce que le paysan est plus disponible et qu'il dispose de la trésorerie lui permettant d'acheter l'urée.

Il sera également possible de ne manipuler le fourrage qu'en une seule fois en effectuant le traitement au moment de la construction de la meule traditionnelle.

En outre, il ne fait pas encore trop chaud et le travail physique en est facilité. Dans la majorité des cas observés, une famille peut traiter une tonne de paille en 4 heures.

Pour une meilleure organisation du travail, il est évidemment conseillé de procéder aux préparatifs un ou deux jours avant la date du traitement.

#### 4.3.4. Autres traitements à l'urée: Utilisation de l'urine

L'urine peut être utilisée comme source d'urée. En effet, bien qu'elle contienne 90 à 95 p.100 d'eau, l'urée est le plus important de ses constituants solides et il représente plus de 70 p.100 de l'azote urinaire. La composition de l'urine est toutefois très variable. Elle dépend des quantités d'eau ingérées, de la quantité et de la qualité des protéines ingérées et de la concentration en énergie de la ration (qui affecte l'efficacité de l'utilisation des protéines). Elle dépend aussi de l'espèce animale et du stade physiologique de l'animal. La quantité d'urée par litre d'urine varie ainsi de 2 à 25 g chez les mammifères domestiques (DIAS - DA - SILVA, 1993).

Les premiers essais sur l'utilisation de l'urine comme source d'urée pour traiter les pailles ont été réalisés en Asie du Sud-Est au début des années 1980. La revue de DIAS DA SILVA (1993) montre que les résultats de tels traitements sont variables suivant les auteurs. L'urine est apportée dans des rapports (en poids) paille/urine allant de 1/1 à 1/3. L'humidité à laquelle est effectué le traitement est donc parfois élevée. Les améliorations de la digestibilité mesurée sur animaux ou estimée en laboratoire sont variables mais peuvent atteindre des valeurs voisines de celles obtenues avec des traitements à l'urée classique. Pourtant les quantités d'urée apportées par de tels traitements sont inférieures à celles des traitements classiques. Il est vraisemblable que l'humidité a un rôle favorable sur l'efficacité du traitement mais l'acceptabilité des pailles ainsi traitées n'est pas toujours améliorée. DIAS DA SILVA (1993) conclut dans sa revue qu'il est **encore nécessaire d'étudier plus en détail les modalités de traitement avant de**



## **pouvoir utiliser l'urine dans la pratique.**

Enfin, un des facteurs purement pratiques pour lesquels le traitement à l'urine ne s'est pas encore réellement développé est la **difficulté de récolte et de stockage** de ce produit.

### **4.4. Conclusion sur la technique de traitement à l'urée**

En définitive, le traitement à l'urée est une technique simple, peu onéreuse et efficace. Elle est souple et peut être adaptée à de nombreuses situations, fort différentes les unes des autres. Le traitement à l'urée a suffisamment fait ses preuves en milieu paysan pour pouvoir être démystifié. L'essentiel est de bien prendre en compte l'ensemble des facteurs conditionnant sa réussite et qui viennent d'être exposés par rapport aux contraintes auxquelles on a à faire face.

Le point sur lequel on ne reviendra pas, quoique controversé, est la quantité d'urée. Il ne faut **pas**, à notre avis, descendre **en dessous de 5 kg par 100 kg** de fourrage sec, surtout lorsque l'étanchéité est assurée par des matériaux locaux.

Les points auxquels il conviendra de prêter une attention particulière sont la durée du traitement, les quantités d'eau à rajouter au fourrage à traiter et l'herméticité du milieu de traitement. L'importance de ces points dépend en réalité du climat, des quantités et du conditionnement du fourrage à traiter et de la durée de stockage.

En climat tropical classique, l'expérience montre que le traitement peut être terminé au bout de trois voire deux semaines. En climat tropical d'altitude, en revanche, il convient de prolonger cette durée. Cinq semaines se sont avérées nécessaires dans le cas des hauts plateaux où le risque de gelées nocturnes est élevé. Mieux vaut traiter plus longtemps que pas assez puisque l'ammoniac dégagé assure la conservation. La seule contrainte peut être liée au calendrier des autres travaux agricoles: on essaiera autant que possible de traiter pendant des périodes creuses.

Certains malentendus peuvent exister en ce qui concerne l'herméticité et l'économie réalisable en utilisant des matériaux locaux au lieu du plastique. L'herméticité est certes moins importante que dans le cas du traitement à l'ammoniac anhydre où la pression élevée fait partir le gaz avant sa fixation. En fait cette herméticité sera d'autant moins à négliger que les quantités de fourrage à traiter seront petites. En effet la partie périphérique de tout traitement en contact avec l'air est forcément abîmée ou moisie donc impropre à la consommation par les animaux. Dans le cas de grandes quantités à traiter (meules de grande taille) il est possible d'être moins vigilant et de couvrir sommairement, la paille périphérique jouant le rôle d'auto couverture pour la masse interne. La partie endommagée restera peu importante par rapport à la partie interne intacte et la perte est négligeable au regard de l'économie réalisée sur le plastique. Ceci est difficile dans le cas de traitements en petites quantités où la partie endommagée peut, à la limite, devenir proportionnellement plus importante que la partie intacte si on n'a pas pris de précautions suffisantes. Les résultats de contrôle sur l'utilisation des matériaux locaux (**tableaux 4 et 5**)

montrent qu'il est possible d'obtenir des traitements efficaces au niveau villageois lorsque le plastique n'est pas disponible ou qu'il est trop coûteux.

Beaucoup a été dit et se dit sur les quantités d'eau à ajouter. Celles-ci se situent dans une fourchette qui est finalement assez large puisque comprise entre 40 et 80 l par 100 kg de paille. Il n'existe pas de règle universelle et la décision dépendra du bon sens: ne pas se contraindre à peu d'eau si celle-ci est abondante; en revanche la réduire, mais dans des limites raisonnables compatibles avec la nécessité d'un tassement correct et avec l'hygrométrie ambiante (attention aux climats secs et chauds où l'évaporation est intense) quand elle est limitée et chère.

Le traitement à l'urée **ne doit pas poser de difficultés si les agents d'encadrement ont été bien formés et en ont compris les principes de base**, à prendre en compte pour trouver les solutions pratiques régionales adaptées. C'est une technique utilisable aussi bien à l'échelle artisanale du petit paysan qu'à grande échelle par des coopératives ou des exploitations importantes dans les pays où l'ammoniac industriel n'existe pas.

**Tableau 5: Effet du type d'enceinte et de couverture sur la valeur alimentaire de pailles de riz traitées à l'urée en milieu villageois asiatique**

|                    | urée    | digestibilité | N x<br>6,25 |            |
|--------------------|---------|---------------|-------------|------------|
| Type de traitement | (p.100) | (p.100)       | (p.100)     | Références |

|                                 | kg) |    | MS) |  |
|---------------------------------|-----|----|-----|--|
| TEMOIN                          | 0   | 41 | 3.1 | SAADULLAH <i>et al.</i><br>(1981a)     |
| FOSSE                           | 5   | 54 | 6.7 |  |
| PANIER DE BAMBOU                | 5   | 52 | 7.1 |  |
| FEUILLE COCOTIER ET<br>BANANIER | 5   | nd | 6.3 |  |
| TAS OUVERT                      | nd  | 53 | nd  | IBRAHIM <i>et al.</i> (1984)           |
| COUVERT AVEC<br>PLASTIQUE       | nd  | 60 | nd  |  |
| TEMOIN                          | 0   | nd | 2.8 | TORO <i>et</i><br>MAJGAONKAR<br>(1987) |
| SANS COUVERTURE                 | 4   | nd | 8.4 |  |
| TEMOIN                          | 0   | 42 | 4   | KAYOULI. 1995                          |
| TAS OUVERT                      | 5   | 47 | 7   |  |
| AVEC NATTES EN<br>BAMBOU        | 5   | 52 | 10  |  |
| AVEC PLASTIQUE                  | 5   | 54 | 13  |  |



---

## V. Effets des traitements sur les fourrages

---

[5.1. Aspect](#)

[5.2. Composition chimique](#)

[5.3. Valeur alimentaire](#)

[5.4. Conclusion sur les traitements](#)

---

L'effet du traitement sur les fourrages va dépendre essentiellement de la **qualité du traitement proprement dit**, c'est à dire du respect des différents paramètres discutés plus haut. Il va dépendre aussi de la **nature du fourrage traité**.

L'objet de ce chapitre est de,

- **donner les points de repères indicateurs d'un bon traitement** permettant d'apprécier l'efficacité d'un traitement donné sur le **terrain**,
- **quantifier l'effet du traitement sur la valeur alimentaire** des fourrages traités,

- **présenter et discuter des résultats de terrain** obtenus sur différents fourrages et dans différentes conditions agro-climatiques.

Il est évident que ce dernier point ne prendra sa véritable signification que lorsqu'on abordera les résultats obtenus sur animaux qui sont finalement les meilleurs "juges" de l'efficacité des traitements dans la mesure où, toutefois, les fourrages traités auront été correctement distribués (rationnement).

Il sera à chaque fois question des traitements à l'ammoniac anhydre et des traitements à l'ammoniac généré par l'urée (appelés traitement à l'urée, pour simplifier, bien que l'urée ne soit pas l'agent direct de traitement).

### 5.1. Aspect

C'est déjà sur l'aspect du fourrage à l'ouverture du traitement qu'on pourra juger si celui-ci a été réussi ou non. Les caractéristiques d'un bon traitement sont:

#### Odeur

Le critère odeur s'applique aussi bien pour le traitement à l'ammoniac qu'à l'urée. Une forte odeur piquante d'ammoniac doit se dégager de la masse du fourrage et se maintenir lorsqu'on prélève une poignée de ce fourrage hors de l'enceinte. Une absence ou une faible odeur est équivalente d'échec ou de traitement peu efficace. Dans le cas d'absence d'odeur ammoniacale, il sera même possible de déceler une odeur désagréable de mauvaise fermentation ou de moisissure.

L'odeur ammoniacale peut inquiéter les non avertis qui peuvent se demander comment leurs animaux accepteront ce nouveau fourrage. L'expérience montre que cette odeur n'est pas gênante pour les animaux. L'annexe 2 indique les consignes pratiques à respecter.

## Couleur

Des fourrages bien traités prennent une couleur ocre brun à marron (**photo 29**). Ce changement de couleur est très net dans le cas des pailles parce qu'elles sont plus claires au départ que d'autres fourrages comme les tiges de maïs par exemple. Il est facile déjuger de la qualité d'un traitement au sein de la masse traitée à l'homogénéité de la couleur: des zones plus claires indiquent une moins bonne réaction du fourrage à l'ammoniac à cet endroit. Cela est dû à un sous dosage d'ammoniac localisé à cette zone. Cette observation est surtout faite dans les traitements à l'urée où l'arrosage de la solution d'urée n'a pas été effectué uniformément. On peut d'ailleurs observer dans ce cas des zones plus foncées, à la limite noirâtres, qui correspondent à des surdosages. On contournera cette difficulté en mélangeant les parties claires et les parties foncées avant la distribution du fourrage à l'animal.

**[Photo 29: effet d'un bon traitement à l'urée sur la couleur de la paille \(pailles de riz, respectivement du Cambodge et de Madagascar\). Photo. Kayouli.](#)**

**[Photo 29': effet d'un bon traitement à l'urée sur la couleur de la paille](#)**

[\(pailles de riz. respectivement du Cambodge et de Madagascar\). Photo. Chenost.](#)

## **Texture**

Un fourrage bien traité devient plus souple. Cela est particulièrement net dans le cas des fourrages traités à l'urée car il y a eu adjonction d'eau. Les fourrages traités à l'ammoniac anhydre sont de toutes façons plus souples après traitement.

Dans le cas de traitements de fourrages humides au départ et/ou s'il y a eu mauvaise répartition de la solution, il est possible de constater des poches non seulement brunes à noirâtres, mais également déliquescents et dégageant une très forte odeur ammoniacale: elles indiquent un surtraitement consécutif à un surdosage dans une zone très humide où l'ammoniac dégagé a été "piégé" par l'excès d'eau: il conviendra d'éliminer cette partie de fourrage et de ne pas la donner aux animaux.

Toujours dans le cas des traitements à l'urée ayant fait appel à des quantités d'eau importantes, le fourrage situé au fond du silo ou de l'enceinte de traitement peut être plus humide et plus foncé sur une épaisseur de 10-20 cm: il est conseillé de le mélanger au reste pour homogénéiser l'ensemble si ce lit de fourrage n'est pas déliquescents, Il faut l'éliminer s'il est trop mou et trop noir.

## **Absence de moisissures**

Un fourrage bien traité est exempt de moisissures que l'atmosphère ammoniacal



empêche en effet de se développer. On peut d'ailleurs utiliser cette propriété de l'ammoniac pour conserver des fourrages humides qu'on ne peut pas ensiler (nous l'avons fait par exemple à grande échelle avec des spathes et des tiges de maïs en région tempérée).

L'absence de moisissures est un indice de bonne herméticité de l'enceinte du traitement. On peut s'en rendre compte dans le cas de traitements de fourrages en vrac à l'urée, pourtant manifestement réussis, mais sur lesquels on peut noter le développement de moisissures blanches en surface et sur les bords parce que ces parties n'étaient plus sous atmosphère ammoniacale. Ces cas, pas graves, sont plus fréquents avec le traitement à l'urée, où il y a eu réhumidification du fourrage, qu'avec le traitement à l'ammoniac anhydre, plus sec. Ces moisissures de pourtour peuvent, paradoxalement, apparaître sur des traitements à l'urée réalisés aussi bien à forte qu'à faible humidité. Elles sont cependant d'autant plus probables que la masse du fourrage est humide. Elles sont inexistantes si la masse, même humide, est enfermée hermétiquement.

Dans certains cas, rares, de traitement/conservation de fourrages humides (MS inférieure à 40 p.100, comme des tiges de maïs ramassées en balles rondes pas assez ressuyées au préalable) en région tempérée, nous avons parfois constaté le développement, suivant des veines bien délimitées au sein de la balle, d'une moisissure verte. Ce cas est rare mais dangereux car cette moisissure est toxique. La distribution d'un tel fourrage est à proscrire car il y a risque d'intoxication rapide et grave.

D'une manière générale on évitera de distribuer aux animaux des pailles ou des fourrages contaminés par des moisissures quelle qu'elles soient: on triera si manifestement le traitement est bon et que les moisissures ne sont observées que dans les parties périphériques de l'enceinte où il y a eu contact avec l'air; on éliminera la totalité du fourrage en cas de contamination trop importante.

## 5.2. Composition chimique

---

[5.2.1. Cellulose brute de Weende](#)

[5.2.2. Fractionnement glucidique de Goering et Van Soest \(1970\)](#)

[5.2.3. Teneur en N ou en N x 6,25 \(équivalent azoté ou Matières Azotées Totales, MAT\)](#)

[5.2.4. Teneur globale en minéraux \(cendres\)](#)

---

Les analyses chimiques classiques (bromatologiques) ne permettent pas d'évaluer correctement la qualité nutritionnelle des fourrages pauvres très lignifiés comme, notamment, les pailles. Il en est de même des fourrages traités (CHENOST et REINIGER, 1989).

### 5.2.1. Cellulose brute de Weende

Il s'agit d'un critère très global et hétérogène sur le plan biochimique qui n'est pas suffisamment précis pour renseigner sur la teneur en constituants pariétaux des pailles en l'état et, même, des pailles traitées. La teneur en cellulose brute ne

permet pas de distinguer une paille traitée d'une paille non traitée. Or son dosage coûte cher. **Il sera donc inutile de le faire.**

### 5.2.2. Fractionnement glucidique de Goering et Van Soest (1970)

Cet ensemble de dosage permet déjà de mieux identifier,

- la teneur globale en éléments pariétaux (c'est l'NDF, neutral detergent fiber),
- et la composition de cette fraction pariétale:
  - ADF, acid detergent fiber, représentant l'ensemble lignine + cellulose;
  - NDF - ADF, représentant grossièrement les hémicelluloses;
  - la lignine ADF, représentant la lignine;
  - ADF - lignine ADF, représentant grossièrement la cellulose vraie.

Toutefois, là encore, ces différents critères ne renseignent pas assez sur la nature même de la fraction pariétale des fourrages pauvres: structure et, surtout, répartition de la lignine dans ces parois qui va être responsable en fait de leur dégradabilité donc de leur digestibilité. Ils ne renseignent pas sur la nature des modifications biochimiques entraînées par le traitement. C'est ainsi, comme le montre le **tableau 6**, que malgré une augmentation de digestibilité consécutive au traitement, les teneurs en NDF des fourrages traités restent inchangées. Comme

indiqué au chapitre 1, le traitement agit en effet sur la rupture des liaisons lignines/hémicellulose et cellulose (**fig. 10**) que ne peuvent pas refléter ces dosages. Ces derniers ne sont donc **pas intéressants au niveau de la pratique**.

**Tableau 6:** *Effet du traitement à l'urée (5%) sur la composition chimique et la digestibilité in sacco de la paille de blé (n = 16) (BA. 1993)*

Composition (en % de la matière sèche)

| Paille      | Matière Sèche | Matières Minérales | Matières Azotées Totales | Neutral Detergent Fiber (NDF) | Acid Detergent Fiber (ADF) | Scid Detergent Lignin (ADL) | Digestibilité (%) |
|-------------|---------------|--------------------|--------------------------|-------------------------------|----------------------------|-----------------------------|-------------------|
| non traitée | 90            | 9                  | 3                        | 76                            | 47                         | 4                           | 46                |
| traitée     | 64            | 7                  | 14                       | 75                            | 49                         | 5                           | 59                |

### 5.2.3. Teneur en N ou en N x 6,25 (équivalent azoté ou Matières Azotées Totales, MAT)

L'azote apporté par le traitement, qu'il vienne de l'ammoniac anhydre ou de l'urée, va être retenu en partie par la paille. Le taux de fixation quantifie la proportion de l'azote retenu par rapport à l'azote injecté ou apporté par le traitement (**fig. 13**). Calculé sur tout un ensemble d'essais réalisés en été sur des pailles, par la

méthode des tas en région tempérée, soit en station soit en exploitation, avec des doses d' $\text{NH}_3$  comprises entre 3,5 et 5,0 kg par 100 kg de paille et sur des pailles d'origines botaniques très diverses, ce taux se situe à une moyenne de 30 p.100 (DEMARQUILLY et al., 1989).

**Figure 13: Représentation schématique des proportions (p.100) respectives de l'azote du traitement perdu, fixé et utilisable par les microorganismes du rumen**

De ce taux de fixation dépend la teneur en azote du fourrage traité. C'est un bon indicateur de l'efficacité du traitement.

La partie fixée est elle même composée de deux fractions comme l'illustre la **figure 13**:

- une fraction (un peu moins de la moitié) est "fixée" par adsorption de l'ammoniac sur le végétal. Cette fraction est cependant labile et sera progressivement perdue après ouverture du traitement si la paille traitée est laissée longtemps à l'air. Cette fraction, soluble dans l'eau, est utilisée par les microbes du rumen;
- une autre fraction, (un peu plus de la moitié), qui n'est plus de l'ammoniac, et qui est fixée chimiquement sur les parois de la paille et insoluble dans l'eau. Une partie (25 à 30 p.100 de l'azote fixé) est soluble dans les détergents neutres et peut être utilisée par les microbes du

rumen. L'autre partie (30 à 35 p.100 de l'azote fixé), très solidement fixée aux parois indigestibles, est insoluble dans les détergents neutres, elle n'est pas utilisée par les microbes du rumen.

La revue bibliographique de DEMARQUILLY et al. (1989) montre une **augmentation moyenne de la teneur en MAT de:**

**58 g +/- 20 g par kg de MS de paille.**

Cette augmentation est très variable et semble indépendante de la teneur initiale en matières azotées des pailles. Elle dépend relativement peu de la dose d'ammoniac quand celle-ci est comprise entre 3,5 et 5,0 p.100 (le taux de fixation diminue quand la dose augmente) mais elle est en revanche d'autant plus importante que la teneur en humidité est élevée et que la paille reste plus longtemps sous atmosphère ammoniacale, surtout quand la température extérieure est faible. Elle augmente avec la durée du traitement.

En conclusion on retiendra que **l'augmentation de la teneur en MAT est un bon indicateur de l'efficacité du traitement**

*Cas particulier des traitements à l'urée:*

La teneur en MAT du fourrage après traitement peut être sujette à discussion et source de mauvaise interprétation suivant que l'uréolyse a été totale ou partielle. Il est bien entendu qu'en traitant avec l'urée on recherche de toutes façons une

uréolyse totale pour obtenir un traitement ammoniacal maximal (cf §42 les facteurs de réussite du traitement à l'urée).

Toutefois il se peut que, pour des raisons diverses (§42), l'uréolyse n'ait pas été complète et qu'il reste de l'urée dans le fourrage. Dans ce cas la teneur en azote du fourrage traité sera élevée. Or le traitement "alcalin" du fourrage n'aura été que partiel puisque la "dose" d' $\text{NH}_3$  libérée n'aura pas été celle prévue. Cette teneur en N élevée ne sera donc pas un indicateur de l'efficacité du traitement alcalin car elle inclura de l'azote propre à l'urée résiduelle.

Faut-il faire le dosage systématique de l'urée résiduelle? Ce dosage est délicat et cher, il suppose des laboratoires équipés. On ne pourra généralement pas le faire dans la pratique.

Cependant il y a moyen de contourner cette difficulté à partir du seul dosage de l'azote total comme nous allons le montrer par le calcul suivant:

*Prenons l'exemple d'une paille ayant une teneur initiale en MAT de 4 p.100 et traitée avec 6 kg d'urée pour 100 kg de MS:*

***1ère hypothèse, l'uréolyse n'a pas eu lieu: tout l'azote apporté se retrouve sous forme d'urée,***

*soit  $6 \times 46/100^{(1)} \times 6,25 = 17,25$  points de MAT*

***la paille après traitement a donc une teneur en MAT de 4 +***

$$17,25 = 21,25 \text{ p.100}$$

**2ème hypothèse, l'uréolyse a été totale: tout l'azote apporté s'est transformé en NH<sub>3</sub>,**

soit  $6 \times 57/100^{(2)} \times 82/10^{(3)} \times 6,25 = 17,5$  points de MAT  
(ammoniac)

dont en gros le  $1/3^{(4)}$  a été fixé par la paille, soit  $17,5 \times 1/3 = 5,8$  points de MAT

**la paille après traitement a donc une teneur en MAT de  $4 + 5,8 = 9,8$  p.100**

(1) 46 g d'N pour 100 g d'urée

(2) 57 g d'NH<sub>3</sub> sont générés par 100 g d'urée (§41)

(3) 82 g d'N pour 100 g d'NH<sub>3</sub>

(4) ce taux de fixation est sans doute un peu sous-estimé car, dans le cas du traitement à l'urée, on ajoute de l'eau qui favorise le taux de fixation de l'ammoniac.

Ainsi, dans le cas d'un traitement à l'urée dont on ne serait pas sûr de la bonne réussite de l'uréolyse, un dosage de la teneur en N x 6,25 (Kjeldahl) suffira dans une première approche pour renseigner sur l'importance de l'uréolyse:

*celle-ci aura été d'autant moins complète que la teneur en MAT sera supérieure*



*à celle (de l'ordre de 9-12 p.100) théoriquement atteinte avec une uréolyse complète et aura même des chances d'avoir été nulle si la teneur en MAT atteint des valeurs supérieures à 20 p.100, du moins avec une paille à 4 p.100 de MAT au départ et avec une dose d'urée de 6 kg par 100 kg de paille.*

Cela ne veut pas forcément dire que la paille sera inutilisable mais il faudra veiller à son ingestion régulière et être vigilant sur sa complémentation en énergie fermentescible (apportant des PDIE) car étant riche en urée, donc en azote non protéique (ANP), elle apportera plus de PDIN que prévu (égalité PDIN = PDIE non réalisée).

Cependant, dans les pays tropicaux la température favorise l'uréolyse qui est quasi totale et l'augmentation des teneurs en N x 6,25 observées au **tableau 7** (66 g +/- 30 g par kg MS) constitue un bon indicateur de la réussite du traitement.

**Tableau 7: Effet du traitement des pailles à l'urée sur l'augmentation de leur teneur en matières azotées totales en zones chaudes**

| Paille | Urée (%) | N x 6,25 |     |                   | Références             |
|--------|----------|----------|-----|-------------------|------------------------|
|        |          | NT       | T   | Augmentation T-NT |                        |
| RIZ    | 5        | 3.1      | 6.7 | 3.6               | DOLBERG et al. (1981a) |
| ORGE   | 4        | 4        | 14  | 10                | ABDOULI et al. (1988)  |
| BLE    | 4        | 4        | 14  | 10                | GUPTA et al. (1986)    |

|            |   |     |      |     |                             |
|------------|---|-----|------|-----|-----------------------------|
| BLE        | 5 | 5   | 11   | 6   | NYARKO et al. (1993)        |
| BLE        | 5 | 5.5 | 12   | 6.5 | RAMANA et al. (1989)        |
| RIZ        | 5 | 4.8 | 9.2  | 4.4 | GIHAD et al. (1989)         |
| RIZ        | 5 | 4   | 8    | 4   | WANAPAT et al. (1985)       |
| RIZ        | 5 | 4   | 16   | 12  | GUPTA et al. (1986)         |
| BLE        | 4 | 2.4 | 9.5  | 7.1 | RAHMAN et al. (1987)        |
| RIZ        | 4 | 5.9 | 8.5  | 2.6 | TRUNG et al. (1988)         |
| ORGE       | 5 | 3   | 8    | 5   | KADZERE et MEULEN (1986)    |
| RIZ        | 5 | 2.9 | 6.7  | 3.8 | SAADULLAH et al. (1981a)    |
| RIZ        | 6 | 4.1 | 8.2  | 4.1 | DJAJANEGARA et DOYLE (1989) |
| RIZ        | 6 | 4.5 | 14   | 9.5 | KAYOULI (1988)              |
| BLE        | 5 | 3   | 14   | 11  | BA (1993)                   |
| MOYENNE    |   | 4.0 | 10.6 | 6.6 |                             |
| écart type |   | 1.0 | 3.0  | 3.0 |                             |

NT Paille non traitée

T Paille traitée

#### 5.2.4. Teneur globale en minéraux (cendres)

La teneur en cendres totales est un élément intéressant qui renseignera sur l'importance de la contamination des fourrages souillés au départ par de la terre ou du sable et de l'importance de la fraction minérale dans le cas des pailles de riz, très riches en minéraux (à cause de la silice). Elle constitue un indicateur de pertes d'éléments solubles au cours du traitement si le fourrage traité a une teneur en cendres nettement supérieure au fourrage non traité.

### **5.3. Valeur alimentaire**

---

[5.3.1. Digestibilité de la matière organique \(dMO\)](#)

[5.3.2. Valeur azotée](#)

[5.3.3. Ingestibilité et quantités ingérées](#)

---

#### **5.3.1. Digestibilité de la matière organique (dMO)**

La digestibilité d'une paille ou d'un fourrage pauvre est améliorée par le traitement ammoniacal. La même étude bibliographique que celle utilisée pour étudier l'augmentation de la teneur en azote sur un ensemble de traitements à l'ammoniac anhydre et à l'urée montre que les augmentations de la dMO sont très variables et reflètent les différences dans les techniques, les doses d'incorporation d'ammoniac, la température extérieure, la durée du traitement, le type de fourrage traité, mais aussi la méthode de mesure de la digestibilité (quantité et nature de la complémentation apportée pour l'expression de la digestibilité potentielle, prise en compte des phénomènes de digestibilité associative pour calculer la digestibilité

de la paille à l'intérieur de la ration).

L'augmentation  $\Delta$  de la dMO est en moyenne d'autant plus importante que la digestibilité du fourrage non traité (dmo.i, digestibilité de la matière organique initiale) est faible et, dans une moindre mesure, que l'augmentation  $\Delta$  de la teneur en MAT est importante:

$$\Delta \text{ dmo} = 20,32 - 0,247 \text{ dmo.i} + 0,032 \Delta \text{ MAT (\%MS)} + 3,14$$

$$R = 0,591$$

$$n = 56$$

**Cette augmentation est de 14,2 11,9 et 9,8 points, respectivement pour des digestibilités initiales de 30,40 et 50 p.100**

*Comment prédire cette augmentation sur le terrain en l'absence de mesure sur animaux?*

Il est important de rappeler que, comme pour les paille non traitées, les analyses chimiques classiques ne permettent pas de prédire la digestibilité des pailles traitées de manière correcte.

Il faudra donc faire appel, chaque fois que possible, aux tests biologiques de laboratoire (CHENOST et REINIGER; 1989).

Sans rentrer dans le détail ici, il est possible de résumer en disant que les seuls tests relativement simples sont:

- les mesures de **digestibilité *in vitro*** (DIV),
- les mesures de **digestibilité *in sacco*** (sachets de nylon).

Ces deux groupes de mesures impliquant la présence d'animaux porteurs de fistules du rumen (animaux donneurs) consommant une ration "cellulolytique" (dont les microbes du rumen sont capables de dégrader correctement les parois du fourrage testé);

- les mesures faisant appel à des enzymes cellulolytiques (cellulases) dont l'activité doit être parfaitement normalisée, ce sont les ***digestibilités cellulase***.

Ces mesures **ne renseignent toutefois que sur les variations relatives de la digestibilité** (augmentation par rapport à la digestibilité initiale du fourrage non traité). Les valeurs ne sont donc pas à considérer comme des valeurs réelles de dMO si on n'a pas établi préalablement, sur des fourrages de digestibilité *in vivo* (mesurée sur animaux) connue, les équations permettant le "passage" de ces valeurs aux valeurs *in vivo* correspondantes. Ces mesures supposent deux analyses, avant et après traitement.

Le **tableau 4** donne les valeurs de N x 6,25 et de digestibilité estimée par les méthodes ci-dessus obtenues sur divers fourrages et pailles traités à l'urée sous différentes conditions climatiques en vraie grandeur chez les paysans. L'augmentation moyenne de digestibilité est de 10 points, valeur tout à fait comparables aux normes généralement admises présentées plus haut.

### 5.3.2. Valeur azotée

Le traitement augmente la teneur en matières azotées totales ainsi que leur digestibilité apparente. La résultante est une augmentation de la teneur en matières azotées digestibles (MAD) du fourrage qui passe ainsi en moyenne de 0 avant traitement à des valeurs comprises entre 30 et 40 g/kg MS après traitement (**tableau 8**).

**Tableau 8:** *Augmentation (moyenne, écart) de la valeur alimentaire de pailles de blé et d'orge traitées à l'ammoniac anhydre (traitement en tas. 5 kg/100 kg de paille) (d'après INRA. 1988)*

| Paramètres      | Non traitée | Traitée   |
|-----------------|-------------|-----------|
| MAT(p100 MS)    | 3-5         | 9-10      |
| MAD (g/kg MS)   | 0           | 30-40     |
| dMO (p100)      | 35-45       | 50-60     |
| UFL (par kg MS) | 0,40-0,45   | 0,55-0,65 |
| PDIN (g/kg MS)  | 22          | 44        |
| PDIE (g/kg MS)  | 44          | 55        |
| MAND (g/kg MS)  | 40          | 60        |

Comment les MAD sont-elles utilisées par l'animal?

Sans trop ici rentrer dans le détail nous résumerons en disant que l'augmentation de la valeur azotée est inférieure à celle qu'on aurait été en droit d'attendre au regard de l'augmentation de la teneur en MAT. En effet, le traitement entraîne une augmentation de l'excrétion fécale azotée (BORHAMI et JOHNSEN, 1981; WINTHER et al., 1983; CHENOST et DULPHY, 1987; RAMIHONE, 1987; DEMARQUILLY et al., 1989; MASON et al., 1989, entre autres), cette augmentation étant due à,

- de l'azote fixé aux parois indigestibles,
- de l'azote microbien provenant de reprises de fermentations microbiennes dans le gros intestin, et n'ayant pas pu être digéré (HASSEN et CHENOST, 1992),
- enfin, d'une mauvaise utilisation par les microorganismes du rumen de l'azote du traitement, pourtant dégradé à 90 p100 (MICHALET-DOREAU et GUEDES, 1989), comme semble l'indiquer la présence d'azote sous forme soluble dans les fèces de fourrages traités (HASSEN et CHENOST, 1992).

En termes plus pratiques, ce dernier point veut dire que,

- on surestime encore très certainement la valeur azotée des fourrages traités si on la calcule par les méthodes classiques qui ne prennent pas en compte ce phénomène. Aussi conviendra t-il, comme on le verra au chapitre 6, d'être vigilant sur la quantité et la qualité de la

complémentation azotée des fourrages traités pour les valoriser pleinement et cela d'autant plus que les performances attendues des animaux qui les reçoivent seront élevées,

- les fèces d'animaux consommant des fourrages traités sont plus riches en azote (**tableaux 9 et 10**).

**Tableau 9:** Influence du traitement alcalin (soude, ammoniac, urée) sur la teneur en azote des fèces émises par des mouton en digestibilité (d'après INRA, 1988: Demarquilly et al., 1989 et Kayouli. 1994b)

| Fourrages (paille, tiges) | MAT p100 MS des fèces correspondantes |       |        |
|---------------------------|---------------------------------------|-------|--------|
|                           | INRA, 1988                            |       |        |
| Non traités               | 9.5                                   | ± 0,6 | n = 7  |
| Traités NH3               | 15.6                                  | ± 2,6 | n = 7  |
| Traités urée              | 13.8                                  | ± 1,3 | n = 4  |
| Traités NaOH              | 10.8                                  | ± 0,9 | n = 4  |
| Demarquilly et al., 1989  |                                       |       |        |
| Non traités               | 6.3                                   | nd    | n = 18 |
| Traités NH3               | 11.4                                  | nd    | n = 18 |
| Kayouli, 1994 b           |                                       |       |        |
| Non traités               | 6.4                                   | 1.8   | n = 5  |



|             |      |     |         |
|-------------|------|-----|---------|
| Traités NH3 | 11.4 | 2.6 | $n = 5$ |
|-------------|------|-----|---------|

*nd = non déterminé*

**Tableau 10:** Influence des traitements alcalins (ammoniac, soude) sur la quantité de matières azotées non digestibles (MAND, rejetées dans les fèces de moutons en digestibilité) par kg de paille ingérée (d'après Demarquilly et al., 1989)

| Nature du traitement            | g MAT/kgMS |              | g MAND/kg MS    |                       | MAND dues au traitement en p100 des MAT apportées par ce traitement (*) |
|---------------------------------|------------|--------------|-----------------|-----------------------|---|
|                                 | paille     |              | paille ingérées |                       |   |
|                                 | Valeurs    | Augmentation | Valeurs         | Augmentation          |   |
| Non traitée (NT), n = 18        | 33.5       |              | 38.0            |                       |   |
| Traitée ammoniac (T NH3) n = 18 | 97.5       | 64.0         | 56.5            | (TNH3 - NT) = 18,5    | 29 (1)  |
|                                 |            |              |                 | (TNH3 - TNaOH) = 12,1 | 19 (3)  |
| Traitée soude                   | 33.5       | 0.0          | 44.4            | (TNaOH - NT)          | 10 (2)  |

|                     |  |  |  |  |       |  |
|---------------------|--|--|--|--|-------|--|
| (T NaOH), n =<br>18 |  |  |  |  | = 6,4 |  |
|---------------------|--|--|--|--|-------|--|

(\*): la part des MAT apportées par le traitement à l'ammoniac apparemment, non utilisées (1) est due à l'effet alcalin (2) et à la fraction d'ammoniac réellement indigestible (3)

Toutefois, et en définitive, le **tableau 8** indique que les pailles, ou tout **fouillage pauvre traités à l'ammoniac ou à l'urée**, ont une **valeur azotée** non seulement **plus élevée** mais presque **équilibrée** par rapport aux fourrages non traités auxquels il fallait rajouter de l'azote pour en exprimer la valeur PDIE (qui n'était que potentielle).

### 5.3.3. Ingestibilité et quantités ingérées

L'ingestibilité d'un fourrage est une caractéristique propre au fourrage lui-même qui traduit son aptitude à être volontairement ingéré en quantité plus ou moins importante. Le système INRA (1988) définit une valeur d'encombrement (VEF) exprimée en unités d'encombrement, UE. Plus la valeur d'encombrement d'un fourrage est élevée, moins ce fourrage est ingestible. Elle est indépendante, pour une espèce donnée, de l'appétit de l'animal qu'on exprime par sa capacité d'ingestion, CI (INRA, 1988).

La Capacité d'Ingestion varie suivant la race, le sexe, l'état physiologique (gestation, lactation, engraissement, etc...) et les conditions de milieu dans lequel

est placé l'animal.

Ainsi, la **quantité d'un fourrage donné que peut ingérer un animal est le quotient,**

**Capacité d'Ingestion CI (kg MS / Valeur d'encombrement (UE)**

*de l'animal*

*du fourrage qu'il reçoit à volonté*

Les mesures d'ingestibilité et de capacité d'ingestion sont délicates et s'effectuent en station, dans des conditions bien standardisées, sur un grand nombre d'animaux et avec de nombreuses répétitions dans le temps.

On dispose d'assez peu de mesures d'ingestibilité comparée fourrages non traités/fourrages traités. Le traitement des pailles augmente leur ingestibilité (diminue leur VEF) dans des proportions très variables suivant qu'il a été plus ou moins bien réussi et suivant la nature des pailles. Le traitement à l'ammoniac des pailles entraîne une diminution moyenne de leur valeur d'encombrement de 1,80 à 1,30 (INRA, 1988). **Leur ingestibilité augmente donc d'environ 40.p.100.**

Sur un plan plus pratique on ne pourra, en fait, parler réellement que d'augmentation des quantités ingérées, avec toutes les sources de variabilité que cela suppose (types d'animaux, conditions d'alimentation: part du complément dans la ration, conditions de milieu, réussite du traitement,...).

Le **tableau 11** donne des valeurs, extraites de 17 essais d'alimentation, de

quantités de MS ingérées par des bovins et des buffles consommant des pailles de riz traitées ou non. L'augmentation moyenne de MS ingérée/j/animal par rapport à la paille non traitée est de 30 p.100 (valeurs extrêmes comprises entre 15 et 50 p.100). Ces augmentations sont du même ordre de grandeur que celles relevées dans divers essais effectués avec des bovins en croissance en région tempérée (Demarquilly et al., 1989).

Ces chiffres ne sont qu'indicatifs. En effet **l'augmentation des quantités ingérées due au traitement est très variable**. Elle dépend de,

- la qualité du traitement,
- la part que représente la paille dans la ration totale ingérée: réponse d'autant plus importante que la proportion de paille dans la ration est élevée (chap. 6),
- l'état nutritionnel de l'animal: réponse d'autant plus importante que l'état nutritionnel de l'animal au départ est mauvais.

Point important: l'augmentation des quantités de fourrage ingérées due au traitement est en définitive le meilleur critère de la réussite du traitement en plus du changement de leur aspect examiné au §51.

Le **tableau 8** résume les augmentations moyennes de la valeur alimentaire des pailles permises par un traitement à l'ammoniac réussi.

**Tableau 11: EFFET DU TRAITEMENT A L'UREE (4 à 6 kg/100 kg de paille) DE PAILLES DE RIZ SUR LES QUANTITES DE PAILLE INSEREES ET SUR LES CROISSANCES DE JEUNES BUFFLES ET BOVINS (à même complémentation NT/T)**

En conclusion, l'augmentation des quantités volontairement ingérées d'un fourrage traité par l'animal constituera, avec son changement d'aspect (couleur, odeur, texture), le meilleur critère de réussite du traitement. Ce seront d'excellents points de repère pour l'agent de terrain.

#### **5.4. Conclusion sur les traitements**

Les traitements à l'ammoniac, qu'ils soient effectués directement à l'ammoniac anhydre (ou aqueux) ou indirectement à l'urée, permettent d'améliorer la digestibilité et l'ingestibilité des fourrages pauvres. Ils permettent en outre d'en améliorer la valeur azotée, ce qui leur confère un avantage supplémentaire par rapport au traitement à la soude ou aux autres réactifs alcalins. Il n'y a pas de grosses différences entre les deux groupes de techniques dans leurs effets sur les fourrages, du moins lorsque les traitements sont effectués à quantité égale d'ammoniac (c'est à dire, pour le traitement à l'urée, lorsque l'hydrolyse de l'urée ajoutée est totale). L'avantage de l'urée par rapport à l'ammoniac semble être la possibilité de réduire la quantité d'urée par rapport à la quantité théorique sans diminuer l'effet améliorateur, cela sans doute en raison du fait que l'action de l'ammoniac généré est améliorée par l'humidité plus importante du traitement à l'urée. En revanche il semble que la réponse à des doses croissantes d'urée soit

moins nette qu'avec l'ammoniac anhydre.

Le traitement à l'ammoniac anhydre suppose l'existence d'ammoniac dans le pays, d'un réseau de distribution de cet ammoniac, du matériel approprié (citernes, camions,...) et du personnel technique formé pour le manipuler. Cette technique ne s'adresse donc qu'à des pays et des exploitations équipés et organisés. La Tunisie et l'Egypte constituent de bons exemples de mise en place d'une telle technique.

Lorsque l'ammoniac fait défaut ou lorsque l'organisation de sa distribution et de sa manipulation serait trop difficile ou trop onéreuse, le traitement à l'urée est une alternative parfaitement valable. Les résultats d'analyse et les observations effectués sur le terrain sont en accord avec les résultats classiques. Ils montrent ainsi que le traitement à l'urée est efficace même quand il a été effectué avec des matériaux locaux. Ils montrent également que les conditions de traitement et les paramètres adoptés étaient corrects, cette technique a été introduite dans de nombreux pays dont la majorité l'utilise maintenant de manière courante. Elle est particulièrement adaptée à la petite exploitation isolée. Elle peut aussi être mise en place dans des exploitations de taille importante ou à l'échelle de la coopérative. Dans ce dernier cas il est même possible de la mécaniser.

Le traitement des fourrages pauvres ne constitue pas le seul moyen d'améliorer leur utilisation par l'animal. Les éléments nutritifs manquants dans le fourrage peuvent être apportés par d'autres aliments qui viennent en complément du fourrage pauvre.

Le chapitre suivant étudie les diverses possibilités de cette complémentation, d'une part comme valorisation des fourrages en l'état et, d'autre part, comme apport permettant d'optimiser l'utilisation des fourrages traités.

---



---

## VI. La complémentation

---

[6.1. Rappel des principes nutritionnels](#)

[6.2. Applications pratiques](#)

[6.3. Conclusion](#)

---

La valeur alimentaire potentielle d'une paille ou d'un fourrage pauvre en l'état ne peut pas être exprimée si les microbes de la panse de l'animal qui le consomme ne reçoivent pas les éléments nutritifs dont ils ont besoin sous forme d'un apport minimum (chap. I). Si on attend de l'animal des productions plus élevées, il faudra lui apporter les compléments "supplémentaires" lui fournissant les nutriments nécessaires à ces productions.

L'objet de ce chapitre est, en s'appuyant sur ce qui a été dit au chapitre 1, de décrire ce que doivent être les quantités et la nature des **apports complémentaires pour que l'animal puisse valoriser le fourrage distribué** dans les deux grandes situations nutritionnelles rencontrées,

- **régimes d'entretien** ou même seulement de subsistance où les rations sont essentiellement constituées de fourrages non traités;
- **régimes de production** où on examinera le cas des fourrages en l'état et celui des fourrages traités.

Ces deux situations seront illustrées par des exemples concrets.

## 6.1. Rappel des principes nutritionnels

---

[6.1.1. Complémentation minimale: Optimisation de la cellulolyse dans le rumen](#)

[6.1.2. Complémentation pour assurer une production zootechnique](#)

---

### 6.1.1. Complémentation minimale: Optimisation de la cellulolyse dans le rumen

C'est la complémentation nécessaire au bon fonctionnement des microorganismes du rumen. Nous en avons examiné les principes au chapitre 1.



Rappelons qu'elle doit d'abord **apporter aux microorganismes du rumen les éléments nutritifs** dont ils ont besoin pour se multiplier et pour dégrader (cellulolyse) les polysides des parois de la paille ou du fourrage pauvre et, ensuite, assurer toutes **les conditions nécessaires au maintien d'une bonne cellulolyse.**

Il s'agit d'apporter essentiellement,

- de l'azote sous une forme fermentescible générant l'ammoniac nécessaire à la synthèse microbienne. L'azote non protéique tel que l'urée est la source de choix lorsqu'on ne dispose pas de ressources azotées locales. Cet apport devra être effectué de la façon la plus régulière possible tout au long de la journée afin d'optimiser la cellulolyse et le rendement de la synthèse protéique microbienne,
- des minéraux et des vitamines.

Ce sujet a fait l'objet de nombreux travaux depuis plusieurs décennies; le **tableau 12** donne un ordre de grandeur de l'amélioration de la valeur nutritive des fourrages pauvres permise par la complémentation en azote non protéique.

**Tableau 12:** *Effet de la complémentation par l'urée sur la digestibilité d'une paille d'orge (Orskov et Grubb. 1978)*

| URÉE | DIGESTIBILITE | DIGESTIBILITE | MS INGEREE |
|------|---------------|---------------|------------|
|      |               |               |            |

| (g/l) | MS (%) | MO (%) | (kg/l) |
|-------|--------|--------|--------|
| 0     | 45.1   | 45.8   | 0.42   |
| 6     | 46.0   | 46.7   | 0.45   |
| 12    | 47.8   | 49.0   | 0.44   |
| 18    | 47.2   | 48.3   | 0.46   |

## 6.1.2. Complémentation pour assurer une production zootechnique

---

[6.1.2.1. Les phénomènes de substitution](#)

[6.1.2.2. Conséquence sur la nature et la quantité de l'énergie complémentaire](#)

[6.1.2.3. Conséquences sur la nature et la quantité des matières azotées complémentaires](#)

[6.1.2.4. Cas des fourrages traités](#)

---

Cette complémentation a comme objectif d'**apporter en plus à l'animal** suffisamment d'**éléments nutritifs** pour lui permettre de **réaliser les performances souhaitées**. En effet les pailles, même correctement complétementées pour couvrir les besoins des microbes du rumen, ne permettent guère de couvrir que les besoins d'entretien de l'animal qui les consomme.

Ces apports ne vont plus être seulement azotés. Ils seront également énergétiques. Ils seront effectués proportionnellement aux besoins de production

et de manière telle qu'ils,

- **ne pénalisent pas l'activité cellulolytique** du rumen et
- **assurent un bon équilibre des produits terminaux de la fermentation** et de la digestion de la ration totale afin de réaliser les productions souhaitées.

### 6.1.2.1. Les phénomènes de substitution

La complémentation "catalytique" (§13 et 14) favorise les fermentations cellulolytiques et, par là, permet d'augmenter les quantités de fourrage que l'animal va pouvoir volontairement ingérer. Toutefois, au delà de cette complémentation minimum et avec des proportions croissantes de compléments dans la ration, on va assister à des **phénomènes d'interactions digestives** négatives **fourrages/concentrés (tableau 13)** et à une **substitution** du fourrage par le complément:

**taux de substitution** = quantité de fourrage (kg) ingérée en moins/kg de complément offert en plus

**Tableau 13:** *Influence du niveau de complémentation sur la digestibilité des pailles (Dulphy. 1978)*

|  | <b>Concentré</b> | <b>MAT p.100 MS de</b> | <b>Digestibilité M.O. de</b> |
|--|------------------|------------------------|------------------------------|
|  |                  |                        |                              |

| <b>Paille</b> | <b>Nature</b>            | <b>Niveau (% ration)</b> | <b>à la ration</b> | <b>la paille</b> |
|---------------|--------------------------|--------------------------|--------------------|------------------|
| paille de blé |                          | 15                       | 8,9                | 46.1             |
| non traitée   | <i>Mais</i>              | 30                       | 8.8                | 43.0             |
|               |                          | 45                       | 8.9                | 39.5             |
| paille de blé | <i>Tourteau de soja</i>  | 7.5                      | 7.1                | 42.2             |
| non traitée   | <i>Tourteau de soja</i>  | 15                       | 10.9               | 45.8             |
|               | <i>T. de soja + Mais</i> | 30                       | 12.2               | 44.8             |

On peut dire, pour simplifier, que tant que les glucides fermentescibles représenteront moins de 10 à 15 p.100 de la matière sèche totale ingérée, la cellulolyse sera favorisée et les quantités de fourrage ingérées augmenteront. Le **taux de substitution** sera alors **négatif** et on pourra parler de **complémentation** vraie ou "**catalytique**".

**Au delà** de cette limite les conditions ruminales de la cellulolyse ne seront plus réunies et la quantité de fourrage ingérée diminuera, **le taux de substitution**

**prendra alors des valeurs positives.** Il pourra même atteindre des valeurs supérieures à 1 lorsque l'augmentation d'un kg de complément entraînera une diminution de fourrage ingérée de plus de un kg.

Le taux de substitution est proportionnel à la qualité du fourrage offert: voisin de 1,0 avec des fourrages très ingestibles de faible encombrement comme des jeunes repousses de graminées, faible (entre 0,2 et 0,4) avec les fourrages encombrants peu ingestibles comme les foin médiocres ou les pailles. Il dépend aussi de la quantité des compléments ajoutés (ces derniers "encombrent" en effet le rumen) et de leurs caractéristiques. Il est élevé avec les compléments riches en énergie rapidement fermentescible en raison de la chute du pH dans le rumen consécutive à la production rapide d'AGV qu'ils entraînent et qui n'est pas favorable à l'activité cellulolytique.

### **6.1.2.2. Conséquence sur la nature et la quantité de l'énergie complémentaire**

La fraction énergétique de la complémentation devra être apportée de **manière à ce que la diminution de l'activité cellulolytique soit la plus faible possible.** L'ensemble des nombreux travaux de recherche sur ce sujet permet de dire que les **compléments énergétiques devraient être:**

- **le plus riche possible en parois facilement dégradables**, comme l'herbe et les fourrages verts de bonne qualité, les pulpes de betteraves, et d'agrumes, les

drèches de brasserie,..., ils peuvent alors représenter jusqu'à la moitié de la matière sèche totale de la ration et **le moins riche possible en amidon**. Si ce n'était pas le cas, ils ne devraient pas représenter plus du tiers de la matière sèche totale de la ration. Lorsqu'on ne pourra pas faire autrement, les amidons de maïs et de riz permettent une meilleure cellulolyse que ceux d'orge. Un niveau élevé d'azote dans la ration permet également de limiter l'effet dépressif sur la digestibilité du fourrage pauvre, c'est ce qu'illustre le tableau ci-dessous :

| niveau azoté (MAT p.100 MS ration) | niveau énergétique de la ration | digestibilité de la MS de la paille |
|------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|
| faible (6,6)                       | faible                          | 53,4                                |
| faible (6,4)                       | fort                            | 41,0                                |
| fort (10,4)                        | fort                            | 53,3                                |

source: ANDREWS et al, 1972

- **le plus étalé possible dans le temps**, ce qui implique des apports fractionnés ou; mieux, continus grâce à leur mélange avec la ration de base.

Ces **recommandations** ne sont pas seulement **valables pour les fourrages grossiers en l'état mais également, et sans doute plus encore, pour les fourrages traités**. En effet le traitement a pour intérêt d'améliorer la digestibilité et l'ingestibilité du fourrage pauvre. Ainsi le risque d'une complémentation trop importante et non appropriée est d'une part une substitution du fourrage traité par

le complément (plus importante qu'avec le fourrage non traité parce que de meilleure qualité) et, d'autre part, une diminution de la digestibilité propre du fourrage traité par suite des effets de digestibilité associative négative. Le résultat final est que la contribution propre du fourrage traité dans l'apport d'éléments digestibles dans la ration va être réduit et que, à la limite, on aura "gommé" l'effet du traitement (**tableau 14a**).

**Tableau 14a:** Exemples de l'effet du niveau et de la nature de la complémentation sur la digestibilité des pailles traitées

| <b>Référence</b>                 | <b>Digestibilité de la Matière Sèche (%)</b> |                            |
|----------------------------------|--|----------------------------|
|                                  | <b>de la paille dans la ration</b>           | <b>de la ration totale</b> |
| <i>1/Horton, 1978</i>            | (paille de blé)                              |                            |
| NT seule                         | 45.5   |                            |
| T NH3 seule                      | 53.3   |                            |
| augmentation T-NT                | 7.8  |                            |
| NT + 30% de concentré            |  | 58.9                       |
| T NH3 + 30% de concentré         |  | 62.6                       |
| augmentation T-NT                |  | 3.7                        |
| <i>2/Fahmy et Sundstol, 1984</i> | (paille d'orge)                              |                            |
| T NH3 seule                      | 53.0   | 53.0                       |
| T NH3 + 70% de pulpe             | 40.0   | 70.0                       |

|                          |      |      |
|--------------------------|------|------|
| T NH3 seule + 70% d'orge | 22.0 | 65.0 |
|--------------------------|------|------|

*NT = non traité*

*T = traité*

### 6.1.2.3. Conséquences sur la nature et la quantité des matières azotées complémentaires

a/ Les **protéines dégradables** et les diverses formes d'azote non protéique (ANP).

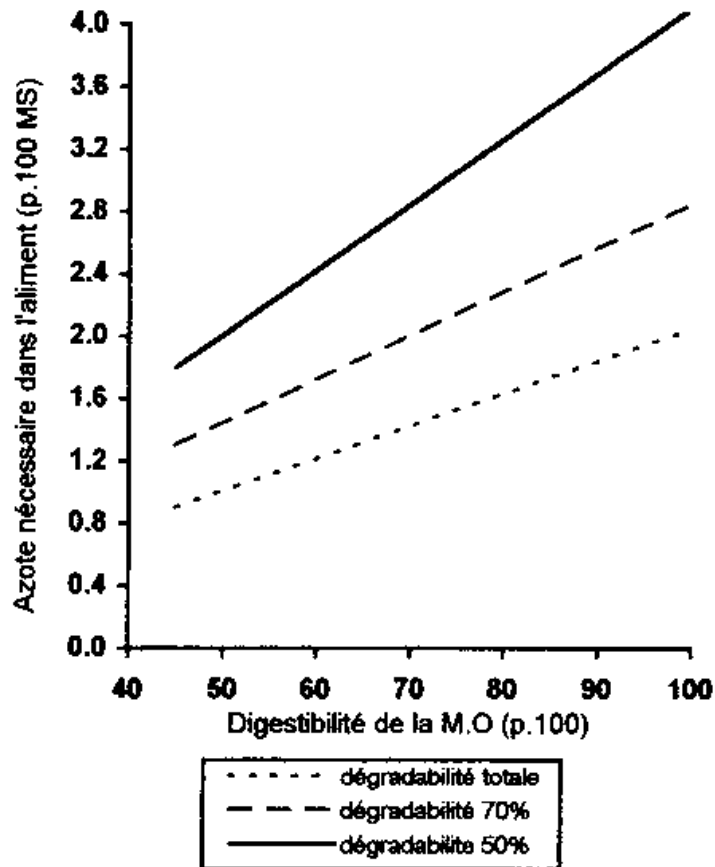
Elles **fournissent l'ammoniac nécessaire à la flore cellulolytique** pour l'élaboration de leur propre substance **et doivent être apportées proportionnellement à la quantité d'énergie digestible de la ration.**

On estime qu'une teneur en azote de 1 p.100 (6,25 p.100 de MAT) est suffisante pour les rations contenant moins de 50 p.100 d'énergie digestible (ce qui correspond aux pailles en l'état distribuées seules). Cet apport doit être porté à 1,5 voire 2,0 p.100 (9 à 12 p.100 de MAT/MS environ) lorsque la quantité d'énergie digestible est accrue du fait de la complémentation énergétique ou du traitement des pailles. Cette interaction énergie/azote est bien illustrée par la **figure 14** empruntée à ØRSKOV (1977).

***Figure 14: Effet de la concentration énergétique des aliments sur la quantité théorique d'azote alimentaire nécessaire pour satisfaire les***



***besoins de la synthèse microbienne dans le rumen. Les quantités nécessaires sont présentées pour trois niveaux de dégradabilité de l'azote alimentaire (Ørskov. 1977).***



Plus simplement, l'objectif qui est d'optimiser la synthèse microbienne (145 g de

MAT par kg de MOF ou, grossièrement, de MOD) est réalisé quand l'apport de PDIN est égal à l'apport de PDIE.

*Equilibrer une ration revient à réaliser l'égalité des apports PDIN et PDIE des différents constituants de la ration.*

b/ L'**azote** supplémentaire **nécessaire aux besoins de production** de l'animal, à apporter selon les mêmes règles.

Toutefois, les travaux de recherche de ces dernières années ont montré que, particulièrement dans le cas des fourrages pauvres, il est également utile d'apporter, en plus de l'azote dégradable, les matières azotées supplémentaires sous la forme **la moins dégradable possible (PDIA)**: tourteaux tannés, protéines d'origine animale, protéines végétales riches en tannins comme les légumineuses arbustives (*Leucaena leucocephala*, *Gliricidia*, *Sesbania*, *Acacia*, etc.) qui améliorent encore leur valeur alimentaire. Ce phénomène est clairement illustré dans le **tableau 14b**.

En effet ces protéines, assurent la fourniture des acides aminés nécessaires à l'animal hôte pour réaliser sa production (lait, croissance, travail, reproduction). La seule synthèse des protéines microbiennes ne peut couvrir la totalité des besoins azotés de la plupart des animaux en production. Il est par conséquent **souhaitable d'apporter une petite quantité de protéines d'origine alimentaire** échappant à la dégradation dans le rumen.

Elles **sont en outre utiles pour les microorganismes du rumen** qui peuvent utiliser de manière bénéfique (synergique) des acides aminés et des polypeptides courts. Cette constatation, relativement récente (RAMIHONE, 1987; RAMIHONE et CHENOST, 1988; SILVA et al., 1989) est encore trop peu prise en considération. Elle est illustrée dans le **tableau 14b** montrant l'effet bénéfique de sources protéiques peu dégradables sur l'activité cellulolytique dans le rumen. On mentionnera également les observations d'OOSTING (1993) qui montrent bien l'effet synergique des protéines de pommes de terre, très peu dégradables, qui améliorent le rendement de la synthèse microbienne (PDIM) en même temps qu'elles apportent les acides aminés au niveau de l'intestin (PDIA, azote peu dégradable, "by-pass N"). A noter que certains compléments protéiques comme la farine de poisson apportent également des acides gras à chaînes ramifiées indispensables à la synthèse microbienne et à l'animal hôte.

**Tableau 14b:** Effet de la farine de poisson (FP) (50 g/kg de paille) et de la pulpe de betterave (PB) (150 g/kg de paille) sur l'ingestion et la digestibilité d'une paille complétementée avec de l'urée ou traitée à l'ammoniac (Si/va et al., 1989)

| Paille                | COMPLEMENT | PAILLE INGEREE<br>MO (g/j) | DIGESTIBILITE DE LA<br>PAILLE (%) |
|-----------------------|------------|----------------------------|-----------------------------------|
| Non traitée +<br>urée | -          | 414                        | 49                                |
| Non traitée +<br>urée | FP         | 480                        | 56                                |
| Non traitée +<br>urée | PB         | 505                        | 57                                |

| Non traitée +<br>urée | PB      | 505 | 57 |
|-----------------------|---------|-----|----|
| Non traitée +<br>urée | FP + PB | 480 | 59 |
| Traitée               | -       | 729 | 57 |
| Traitée               | FP      | 690 | 59 |
| Traitée               | PB      | 717 | 59 |
| Traitée               | FP + PB | 658 | 64 |

Enfin, point important mis en évidence dans les années 1960-70 par EGAN (1965) et plus récemment PRESTON et LENG (1980) avec des fourrages tropicaux de qualité médiocre, un **mauvais état nutritionnel** des animaux, consécutif à une absorption insuffisante d'acides aminés au niveau intestinal, peut limiter l'ingestion de fourrages pauvres. De l'azote exclusivement non protéique n'autoriserait pas des niveaux d'ingestion et, par la, des performances élevés. Ainsi la fourniture de protéines "protégées" stimulerait l'appétit de l'animal hôte et, par conséquent, l'ingestion des fourrages pauvres comme les pailles.

#### 6.1.2.4. Cas des fourrages traités

Le traitement améliore certes la valeur azotée des fourrages et la synthèse microbienne mais (chapitre 5) pas dans des proportions aussi importantes que celles qu'on pouvait théoriquement espérer (importance des MAND dans les MAT apportées par le traitement). L'ensemble des résultats de recherche montre

qu'une complémentation protéique des fourrages traités à travers des protéines peu dégradables est particulièrement indiquée (**tableaux 15a et 15b**).

**Tableau 15a:** *Effet de la nature de la complémentation azotée d'une paille de blé traitée à l'ammoniac sur les croissances de génisses frisonnes Pie Noire (complémentation iso PDI pour une croissance de 350 g/j) (Chenost et Besle, 1993)*

| REGIMBE                      | PNT  | PNH3 |                   |                        |                   |
|------------------------------|------|------|-------------------|------------------------|-------------------|
|                              |      | Urée | Tourteau de Colza | Tourteau de soja tanné | Farine de poisson |
| MS ingérée (kg/j)            |      |      |                   |                        |                   |
| <i>paille</i>                | 5.07 | 6.82 | 7.09              | 6.90                   | 6.80              |
| <i>pulpe (*)</i>             | 3.10 | 2.40 | 1.95              | 2.20                   | 2.30              |
| <i>complément azoté</i>      | 0.49 |      | 0.66              | 0.35                   | 0.27              |
| <i>urée</i>                  | 0.10 | 0.09 |                   |                        |                   |
| <i>minéraux et vitamines</i> | 0.10 | 0.10 | 0.10              | 0.10                   | 0.10              |
| GMQ (g/j)                    | 347  | 266  | 392               | 381                    | 431               |

(\*): pulpe de betterave déshydratée

**Tableau 15b:** Effet de la complémentation par la farine de poisson sur la digestibilité de MS d'une paille de riz traitée à l'urée et sur les performances animales (Saadullah et al., 1982)

| Régime                     | 1    | 2     | 3     | 4     |
|----------------------------|------|-------|-------|-------|
| Paille de m traitée (kg/j) | 2.6  | 2.3   | 23    | 2.4   |
| Jacinthe d'eau (kg/j)      | 0.2  | 0.1   | 0.1   | 0.1   |
| Farine de poisson (kg/j)   | 0.0  | 0.1   | 0.2   | 03    |
| Digestibilité MS (%)       | 50   | 57    | 60    | 62    |
| Gain Moyen Quotidien (g/j) | 57.0 | 198.0 | 205.0 | 192.0 |

Un essai conduit sur génisses FFPN de deux ans (CHENOST et al., 1993) recevant des pailles traitées ou non, complétementées par de la pulpe de betteraves et, pour la paille traitée, un complément azoté de dégradabilité variable (allant de l'urée à la farine de poisson) mais couvrant dans chaque cas les besoins théoriques en PDI nécessaires pour une croissance de 350 g/j, illustre bien tout ce qui vient d'être dit (**tableau 15a**):

- part de la paille dans la ration ne descendant pas au-dessous de 70%.
- complémentation énergétique (pulpes) "cellulolytique".
- réponse du croît à la qualité (faible dégradabilité) des protéines

complémentaires.

A cet égard, il est important de souligner que cette réponse du croît, allant même au delà des prévisions (350 g/j), reflète:

- l'importance de la nature des protéines et leur effet synergique, sous estimés dans le calcul des rations,
- le fait que la valeur azotée de la paille traitée, pourtant calculée à partir des prévisions au laboratoire des valeurs PDI, avait très certainement été surestimée (relative mauvaise utilisation de l'azote apporté par le traitement évoqué plus haut), puisque l'apport était pourtant iso PDI d'un lot à l'autre et supposé couvrir un croît de 350 g/j.

Il convient de noter que ces compléments ne sont pas exclusivement azotés. Ils apportent aussi une quantité d'énergie non négligeable. Aussi, est-il important de prendre celle-ci en considération lors de l'équilibre des rations (PDIN = PDIE).

**En conclusion**, la valeur alimentaire des fourrages pauvres est améliorée d'abord par l'addition d'azote non protéique (urée) qui exerce un effet positif sur leur digestion et leur ingestibilité. Cependant, il y a lieu d'être très vigilant sur la quantité et la qualité de la complémentation énergétique. La réponse à cette complémentation en sera totalement dépendante, ainsi que la contribution de la paille dans l'apport des éléments nutritifs nécessaires. Ainsi la complémentation énergétique devra rester dans certaines limites (30 à 50 p.100 de la ration) afin de ne pas altérer la cellulolyse. Cela est particulièrement important dans le cas



d'un fourrage traité si on veut conserver le bénéfice nutritionnel (et économique) du traitement.

En deçà de ces limites, il sera important, comme l'ont fait remarquer quelques auteurs (DOYLE et al, 1986; SCHIERE et IBRAHIM, 1989; DOLBERG, 1993) à partir d'essais de recherche, mais également de suivis de terrain en vraie grandeur, de "tester" et d'établir des courbes de réponse des compléments de la paille traitée. Les observations effectuées en Chine (DOLBERG et FINLAYSON, 1995) donnent des exemples de la réponse de la croissance de bovins à des quantités croissantes de tourteau de coton apporté comme seul complément de pailles traitées à l'urée.

## 6.2. Applications pratiques

---

[6.2.1. Complémentation avec l'urée seule](#)

[6.2.2. Mélanges mélasse-urée](#)

[6.2.3. Cas particulier: Complémentation avec des blocs multinutritionnels](#)

[6.2.4. Complémentation avec des fourrages verts et des résidus de culture](#)

[6.2.5. Complémentation avec des sous-produits locaux](#)

[6.2.6. Complémentation "classique" avec des concentrés commerciaux](#)

---

Les principes nutritionnels ayant été rappelés, l'objet de ce paragraphe est de proposer aux agents de terrain des exemples concrets montrant comment

raisonner la complémentation des fourrages pauvres à partir de ces bases en faisant le plus possible appel aux ressources fourragères dont ils peuvent disposer localement et le moins possible à des aliments ou des concentrés importés qui ne répondent pas toujours à ces principes.

Les situations fourragères étant très nombreuses et diverses, il n'est pas possible de les passer toutes en revue. Aussi mettrons nous plus particulièrement l'accent sur l'exemple des blocs multinationnels et quelques cas représentatifs des possibilités d'utilisation des ressources locales.

### 6.2.1. Complémentation avec l'urée seule

Ce type de complémentation, justifié si on respecte (cf. §1322) le calcul des quantités d'urée à apporter en fonction de la quantité d'énergie ingérée sous forme de paille non traitée, est parfois utilisé en zone sahéenne où on ne dispose pas de support de présentation de **l'urée** comme la mélasse. L'idée est de l'apporter à l'animal sous forme d'une **solution dans l'eau**, non pas à boire évidemment, ce qui serait trop dangereux, mais en **arrosant le fourrage offert à l'auge** avec cette solution.

Des déboires ont cependant déjà été observés, même en stations expérimentales, et cette technique ne peut être mise aux mains de l'éleveur qu'avec beaucoup de précautions. Ces déboires tiennent au risque d'ingestion intempestive et/ou trop rapide de la solution d'urée. Les risques de surdosage sont fréquents, il en est de même des risques de confusion entre la solution d'urée et l'eau de boisson,...

Enfin, même si des précautions élémentaires permettent d'éviter ces erreurs grossières, on aura toujours du mal à bien maîtriser l'ingestion progressive de la solution d'urée. Il suffira en effet d'une mauvaise imprégnation du fourrage par cette solution pour qu'elle s'écoule progressivement au fond de l'auge et que l'animal la boive "d'un trait".

Le tableau ci-dessous donne les quantités d'urée recommandables à distribuer à des moutons et des bovins consommant une paille "classique" d'une teneur en MAT de 3 p.100 MS et d'une digestibilité de 40 p.100. Ces quantités ont été calculées sur les mêmes bases que celles utilisées au §1322.

| animaux | poids vif (kg) | paille ingérée (kg/j) | quantités d'urée (g/j) |
|---------|----------------|-----------------------|------------------------|
| ovins   | 30             | 0,7-1,0               | 11-15                  |
| bovins  | 250 (1 UBT)    | 3,0-4,0               | 45-60                  |

### 6.2.2. Mélanges mélasse-urée

C'est le procédé qui a le plus fait ses preuves depuis de très nombreuses années.

Le principe est de mélanger l'urée à la mélasse, en l'état ou additionnée d'eau selon sa viscosité (d° Brix, en étroite relation avec sa teneur en sucres).

L'essentiel réside alors à faire **ingérer ce mélange par petites quantités de façon régulière et continue par l'animal: aspersion dans l'auge sur la ration de fourrage pauvre** (pailles, tiges de maïs, de sorgho,...); système de roues à lécher trempant dans le bac de mélasse dont le niveau même n'est pas accessible

à l'animal; adjonction de substances (lignosulfites,...) amères ou de goût dissuasif permettant de réduire l'appétibilité" du mélange et, par là, la quantité et la vitesse d'ingestion, etc.

L'étalement le plus homogène possible de l'ingestion permet,

- d'une part, d'éviter tout risque d'intoxication par ingestion brusque d'urée;
- d'autre part, comme mélasse et urée sont rapidement fermentées dans le rumen en AGV et en  $\text{NH}_3$ , de **synchroniser et de régulariser l'apport des éléments nutritifs** dont les microorganismes ont besoin et d'éviter les variations brutales de pH dans le rumen (chap. 1) et, par là, de faciliter leur synthèse et de ne **pas pénaliser la cellulolyse**.

Ces mélanges sont tout indiqués pour y **inclure minéraux et vitamines** nécessaires à la cellulolyse et aux besoins de l'animal.

Il existe de nombreux exemples pratiques d'utilisation. Les plus judicieux à citer ici sont ceux de l'Egypte et de la Tanzanie.

**L'Egypte** dispose de deux sucreries de canne à sucre dans la vallée du Nil et de nombreux élevages basés, dans le delta, sur l'exploitation du berseem (*Trifolium alexandrinum*) en hiver et des pailles de riz en été. Elle a décidé au début des années 1980, à travers le Projet FAO/PNUD puis CEE sur l'amélioration de l'alimentation animale, de créer une unité de fabrication d'un mélange

mélasse/urée (MUFeed) près d'Alexandrie à Noubariya. Cette unité, en fonction depuis 1983, a maintenant une capacité de 45 t/j pour le mélange liquide (de 6 t/j pour le mélange solide vendu sous forme de blocs) et commercialise le mélange dont la composition est indiquée ci-dessous aux éleveurs du delta qui peuvent, en outre, disposer des services des différents centres de traitements de la paille à l'ammoniac.

### **Formule du mélange liquide mélasse/urée (MUFeed) commercialisé en Egypte:**

|                 |              |
|-----------------|--------------|
|                 | <u>p.100</u> |
| mélasse         | 91,36        |
| urée            | 2,50         |
| mélange minéral | 1,14         |
| eau             | 5,00         |

*Le mélange minéral contient 14,6 p.100 de P; 5,0 p.100 de Mg; 6,6 p.100 de S; vitamine A, 230.000 UI/kg; vitamine D, 46.000 UI/kg; vitamine E, 1.270 ppm; Fe, 3.700 ppm; Zn, 3.000 ppm; Mn, 2.500 ppm; Cu, 630 ppm; Co, 60 ppm; I, 200 ppm (Barker et al., 1987)*

**La Tanzanie** s'est lancée en 1983/84 dans le même type de réalisation, à une échelle toutefois plus modeste, dans le cadre de son Projet FAO de

**développement de la production laitière chez les petits exploitants de la région Kilimandjaro/Arusha**, productrice de café et de banane. Elle profitait là de la proximité de l'industrie sucrière dans la plaine Masaï. Il s'agit du programme MMU (mélange mélasse urée) développé autour d'un centre coopératif de mélange et d'un réseau de distribution/stockage du mélange dans les coopératives rurales de la région.

Le mélange contient **3 p.100 d'urée** et des minéraux.

Il est distribué sur la base d'un apport quotidien recommandé de **0,5 kg/j/100 kg de poids vif** aux vaches laitières (Tanzanian Zebu Shorthorn de 250 à 300 kg de poids vif et faibles productrices -5 à 6 kg de lait/j en plus du lait tété par le veau) par aspersion sur le fourrage dans l'auge (feuilles de bananiers, herbe coupée le long des routes, et, en saison sèche les tiges du maïs cultivé dans la plaine).

Les résultats des enquêtes menées chez les éleveurs ont permis de noter une **amélioration de la production laitière moyenne de 0,5 kg de lait par kg de MMU distribué**, (LAURENT et CENTRES, 1990).

### **6.2.3. Cas particulier: Complémentation avec des blocs multinutritionnels**

---

[6.2.3.1. Objectif](#)

[6.2.3.2. Principes de fabrication et ingrédients](#)

[6.2.3.3. Technique de fabrication](#)

### 6.2.3.1. Objectif

La distribution des compléments liquides à base de mélasse/urée dans les élevages en stabulation (ou, même, dans les ranches) n'est pas adaptée aux petits éleveurs à cause des problèmes de préparation et de transport de ces mélanges. Les compléments classiques, quant à eux, ne sont pas facilement accessibles aux paysans tant pour des raisons de disponibilité que de trésorerie. L'emploi de l'urée comme seul complément des fourrages pauvres peut parfois entraîner des cas d'intoxication.

La nouvelle génération de compléments alimentaires des ruminants dans les pays en voie de développement est une approche innovatrice basée sur la fabrication et la distribution de blocs multinutritionnels qui apportent les nutriments nécessaires pour une meilleure valorisation des fourrages pauvres dans ces pays. Mise au point en Australie pour les animaux au pâturage (BEAMES, 1963), elle a alors été reprise par différents auteurs (LENG, 1984; SUDANA, 1985; KUNJU, 1986; SANSOUCY, 1986 et 1995; SANSOUCY et al, 1988) soucieux de la diffuser dans les pays en voie de développement. Elle fait l'objet de nombreux projets de développement lancés par le Groupe des Ressources fourragères de la FAO dans de nombreux pays (**annexe 7**).

Le but de la fabrication et de l'utilisation des blocs multinutritionnels est de constituer un mélange approprié contenant de l'urée et des sous-produits locaux pour mieux entretenir les ruminants pendant la saison sèche en améliorant

l'utilisation des fourrages grossiers et des pâturages pauvres. Les principaux avantages de ces blocs multinutritionnels sont les suivants:

- une complémentation "catalytique" pour les microbes du rumen qui favorise les fermentations ruminales et, par là, améliore la digestibilité et l'ingestibilité du fourrage ainsi que la nutrition azotée de l'animal grâce à une synthèse accrue des microbes du rumen.
- une complémentation minérale qui fait souvent défaut chez les paysans.
- une facilité de manipulation et de transport, très appréciable pour les éleveurs transhumants.
- une diminution des risques d'intoxication par l'urée.
- la possibilité de fabrication artisanale et de commercialisation à l'échelle villageoise.
- une diminution du coût de la complémentation.

### **6.2.3.2. Principes de fabrication et ingrédients**

#### **a - Principes**

Le principe est de fabriquer un mélange pouvant, après séchage, garder une structure suffisamment cohérente pour pouvoir se transporter sans se déliter mais



suffisamment préhensile pour pouvoir être léché par l'animal.

Plusieurs formules ont été développées (**tableau 16**). Il n'existe pas de formule standard mais des formules adaptées à chaque situation suivant la disponibilité, le prix, et les caractéristiques nutritionnelles des différentes matières premières et des sous-produits existant localement. Les caractéristiques physico-chimiques de certains composants, tels que la mélasse et le son de céréales, varient beaucoup d'un pays à un autre. Leur utilisation selon une proportion donnée peut ainsi ne pas conduire forcément aux mêmes résultats, Il est ainsi conseillé de procéder à des tests préalables afin de mettre au point et de vulgariser une formule définitive.

**[Tableau 16: Exemples de formules de blocs multinutritionnels appliqués dans la pratique \(composition en %\)](#)**

**b - Caractéristiques des ingrédients**

Quelle que soit la formule appliquée, les éléments communs à tout bloc sont:

- l'urée, ingrédient "stratégique",
- un aliment fibreux,
- des minéraux,
- la mélasse (facultative),
- des liants.

**- l'urée:**

il s'agit de l'urée engrais (46 N). Son incorporation est en général limitée à 10 p.100 afin d'éviter tout risque d'intoxication. C'est le composant principal du bloc sur le plan alimentaire.

### **- l'aliment fibreux:**

il a pour principale fonction d'absorber l'humidité du bloc et de lui conférer une bonne structure. L'ingrédient le plus fréquemment utilisé est le **son de céréales** (blé, riz, sorgho, mil ou maïs). En plus de son rôle d'absorbant le son (surtout le son de blé) apporte de l'azote, de l'énergie (amidon) et du phosphore sous une forme assimilable par le ruminant. D'autres produits tels que les coques d'arachide finement broyées, la paille très finement broyée, la bagasse fine, les feuilles séchées d'arbustes fourragers finement broyées (*Leucaena* spp,....) peuvent remplacer partiellement ou totalement le son de céréales.

### **- les minéraux**

le sel apporte le chlorure de sodium (NaCl); il favorise également la prise des blocs et régularise leur ingestion. Le sel ordinaire de cuisine est souvent utilisé. Le gros sel et les blocs de sel ou de natron, traditionnels dans certains pays, peuvent être également incorporés dans le mélange. Le taux d'incorporation est généralement compris entre 5 et 10%. Dans certains pays où le degré hygrométrique est supérieur à 60 p.100 et pendant la saison des pluies, il est recommandé de limiter son incorporation à 5 p.100.

Le carbonate de calcium, le phosphate bicalcique et la farine d'os enrichissent les

blocs en P et Ca. Lorsqu'ils ne sont pas disponibles localement et/ou que leur coût est prohibitif ils peuvent être remplacés par de la chaux et des superphosphates. La composition minérale de ces éléments est donnée dans le **tableau 17**.

**Tableau 17:** *Composition en calcium et en phosphore de quelques sources minérales pouvant être incorporées dans les blocs multinutritionnels (p.100)*

| Sources                           | Calcium | Phosphore |
|-----------------------------------|---------|-----------|
| Carbonate de calcium              | 33-38   | 0         |
| Phosphate bicalcique              | 23-24   | 16-18     |
| Phosphate tricalcique naturel     | 20-34   | 10-17     |
| Farine d'os                       | 25-27   | 12-13     |
| Super phosphate triple (0-46-0)   | 16      | 20        |
| Super phosphate simple (0-16,5-0) | 20      | 7         |

**- la mélasse:**

il s'agit d'une excellente source d'énergie fermentescible optimisant l'utilisation de l'urée, des minéraux, en particulier d'oligo-éléments, et constitue un facteur d'appétabilité en raison de sa teneur en sucre. Elle ne doit pas être diluée car sa consistance est un facteur très important de la réussite du bloc. Dans le cas de fabrication en quantités importantes le degré Brix (lié à la concentration en sucres qui détermine le taux de matière sèche de la mélasse) recommandé doit être au

moins égal à 75. Le taux d'incorporation de la mélasse dans les blocs dépend de son prix et des quantités disponibles localement. On ne devrait toutefois pas dépasser un taux de 40 à 50% car une quantité trop élevée de mélasse diminuerait la dureté du bloc et allongerait son temps de séchage (d'autant plus long que le degré hygrométrique ambiant est élevé).

**Toutefois si l'utilisation de la mélasse est souhaitable pour les raisons citées plus haut, elle n'est pas obligatoire** et les pays n'en disposant pas **peuvent réaliser des blocs sans mélasse** comme l'ont montré HASSOUN et BA (1990).

**- les liants:**

**le ciment**, celui utilisé en maçonnerie. Un taux d'incorporation dans le mélange de **10%** est en général suffisant. Il n'est pas recommandé de dépasser 15%. Lorsque son prix est élevé, ce taux peut être ramené à 5 p.100 et il est utilisé en association avec l'argile. Aux doses recommandées, le ciment **ne présente pas de danger** pour l'animal (les quantités qui en sont ingérées sont de toutes façons très faibles). Un ciment vieux ou mal conservé entraîne des problèmes de cohésion du bloc.

**la chaux vive**, celle qui se présente en pierre et qui dégage de la chaleur en présence d'eau. Son broyage est nécessaire avant utilisation. La chaux éteinte sous forme de poudre est plus facile à manipuler mais n'a pas toujours donné d'aussi bons résultats. La chaux vive utilisée comme seul liant donne des résultats

comparables au ciment lorsqu'elle est incorporée à raison de 10% mais les blocs sont légèrement moins durs. La chaux présente l'avantage d'apporter du calcium et de diminuer le temps de séchage des blocs.

**l'argile**, celle utilisée dans la fabrication des briques ou des poteries artisanales. L'emploi de l'argile est plus récent mais a donné des résultats très satisfaisants (Projets FAO/TCP/Cambodge/2254, KAYOULI, 1994 b et FAO/TCP/Tanzanie/2255, PRESTON, 1993). L'utilisation combinée d'argile (20%) et de ciment ou de chaux vive (5 à 10%) améliore considérablement la dureté des blocs et réduit la durée de séchage par rapport au ciment ou à la chaux utilisés seuls. L'argile, localement disponible, est une alternative intéressante permettant de diminuer le coût de production des blocs.

### **- les autres ingrédients.**

D'autres sous-produits peuvent également être incorporés dans les blocs. Ce sont, les grignons d'olive (cas de l'Afrique du Nord et du Proche Orient), la litière sèche de volailles, des farines animales (poisson, déchets d'abattoir), des tourteaux de coton, d'arachide, de sésame, des farines de luzerne, des algues marines, des drêches de brasseries,... Enfin les blocs, surtout ceux qui ne contiennent pas de mélasse, peuvent être enrichis en oligo-éléments, particulièrement dans les zones fortement carencées ou pour des animaux dont les besoins sont élevés. Des sources de phosphore telles que le phosphate bi- ou mono-calcique ou la farine d'os peuvent être ajoutées au taux de 5%.

### **6.2.3.3. Technique de fabrication**

La technique de fabrication est simple, elle présente l'avantage de pouvoir être exécuté avec un minimum de matériel accessible au petit exploitant. Elle est exposée dans l'annexe 4 à travers deux formules différentes ayant été utilisées dans le cadre de deux projets de développement, l'une au Cambodge (FAO-TCP/Cambodge/2254, Plan de sauvegarde pour le bétail) et l'autre au Niger (FAO-PNUD/NER./89/016, Extension de la méthode de traitement à l'urée).

### **6.2.4. Complémentation avec des fourrages verts et des résidus de culture**

Il est également possible de compléter les pailles avec d'autres fourrages, plus riches. Ce sont,

- soit les fourrages verts ou les feuilles de légumineuses arbustives ou d'une manière générale d'arbustes fourragers,
- soit les fanes de légumineuses vivrières comme les pois, les arachides, le niébé,... qui sont plus digestibles que les pailles et, surtout, plus riches en matières azotées.

Cette complémentation, quoique souvent évoquée (PRESTON et LENG, 1984; DEVENDRA, 1991; PRESTON, 1995) comme nutritionnellement justifiée et bénéfique, est en général sous-estimée et sous utilisée. Il est vrai qu'elle ne s'applique pas toujours aux régions à saison sèche marquée mais plutôt aux systèmes de production mixtes agriculture-élevage des régions tropicales

humides.

Les compléments fourragers sont nombreux et très divers. Ils vont de l'herbe verte fauchée ou pâturée le long des chemins, des routes ou des bordures et diguettes de rizières aux feuilles des légumineuses arbustives utilisées comme haies ou clôtures (*Acacia spp.*, *Erythrina spp.*, *Gliricidia spp.*, *Leucaena leucocephala*, *Sesbania spp.*,...) en passant par les feuillages et fanes de cultures vivrières comme le manioc (*Maniholt esculenta*), le pois d'Angole (*Cajanus cajan*), etc...

**Les légumineuses arbustives** présentent toutefois l'intérêt, par rapport aux ressources fourragères classiques, de persister et d'être disponibles pendant la saison sèche. Elles font l'objet de travaux de recherche et de développement de plus grande envergure qu'auparavant (SPEEDY et PUGLIESE, 1992). Un des principaux objectifs actuels est de mieux les intégrer aux systèmes agricoles comme en Asie.

**Tableau 18:** *Influence de la complémentation de pailles de riz en l'état (NT) ou traitée à l'urée (T) par des légumineuses herbacées ou arbustives sur les quantités ingérées, la digestibilité et les croissances.*

(1) et (2) Straw utilization Project (1986) (3) Suriyajantratong et Willaipon (1985)

|  | Régime |   |   |   |
|--|--------|---|---|---|
|  | 1      | 2 | 3 | 4 |
|  |        |   |   |   |

|                                    |      |      |      |      |
|------------------------------------|------|------|------|------|
| <i>(1) Tourillons (98-109 kg)</i>  |      |      |      |      |
| MS ingérée (kg MS/100 kg PV)       |      |      |      |      |
| paille de riz (NT)                 | 2.7  | 2.8  | 2.5  | 2.2  |
| Gliricidia                         |      | 03   | 0.6  | 1.1  |
| Digestibilité MS (%)               | 47   | 46   | 49   | 55   |
| GMQ (g/j)                          | -113 | -54  | -94  | 10   |
| <i>(2) Taurillons (98-109 kg)</i>  |      |      |      |      |
| MS ingérée (kg MS/100 kg PV)       |      |      |      |      |
| paille de riz (T)                  | 3.2  | 3.1  | 3.4  | 2.8  |
| Gliricidia                         |      | 0.3  | 0.5  | 1.0  |
| Digestibilité MS (%)               | 41   | 45   | 50   | 52   |
| GMQ (g/j)                          | -28  | 63   | 134  | 130  |
| <i>(3) Bouvillons (140-150 kg)</i> |      |      |      |      |
| MS ingérée (kg MS/100 kg PV)       |      |      |      |      |
| paille de riz (NT)                 | 3.02 | 3.21 | 3.22 | 337  |
| Vérano                             |      | 0.44 | 0.96 | 1.36 |
| GMQ (g/j)                          | -165 | 11   | 60   | 104  |

Le **tableau 18**, donnant les résultats de quelques essais asiatiques, illustre bien l'intérêt de la complémentation des pailles avec des feuilles de légumineuses



herbacées (*Stylosanthes verano*) ou arbustives (*Gliricidia spp*). Il a été observé une substitution très faible de la paille par le fourrage vert, voire une augmentation de la quantité de paille ingérée avec des taux d'incorporation croissants dans la ration une augmentation de la digestibilité de la ration totale et, par tant, des gains de poids des animaux (taurillons et bouvillons) qui passent de valeurs négatives à des valeurs positives.

Une telle complémentation favorise la cellulolyse grâce à la présence de parois (feuilles) digestibles. Elle apporte un complément de matière organique digestible en plus des matières azotées (présentes dans les feuilles) manquantes pour une bonne utilisation digestive des fourrages pauvres. Elle permet ainsi de faire passer l'état nutritionnel de l'animal de la subsistance à l'entretien voire à une production modeste.

**Les feuilles, les fanes et les tiges de cultures vivrières** sont largement utilisées en zone agro-pastorale soudanienne et soudano-sahélienne d'Afrique où les fanes d'arachide et de niébé sont en général soigneusement ramassées et stockées après la récolte et font même l'objet d'un commerce important. Il en est de même dans certains pays du Maghreb et du Mashreq avec les fanes de pois, de pois chiches, de vesce,...

Comme les compléments fourragers évoqués plus haut, ces résidus, plus digestibles et plus riches en MAT que les pailles qu'ils complémentent, ont le même effet "catalytique" sur l'utilisation digestive de ces dernières et en améliorent ainsi la digestibilité et l'ingestibilité comme le montre le **tableau 19**.

**Tableau 19:** *Influence de la complémentation d'une paille d'orge en l'état par des fanes de pois et de vesce sur la digestibilité de la matière organique (dMO) et sur les quantités de matière sèche (MS) et de matière organique digestible ingérées (MODI) par des moutons. Comparaison avec le tourteau de coton.*

| <b>Complément</b>                | <b>MS ingérée</b> | <b>dMO</b>    | <b>MODI</b>  |
|----------------------------------|-------------------|---------------|--------------|
| <b>(% de la MS de la ration)</b> | <b>(g/j)</b>      | <b>(p100)</b> | <b>(g/j)</b> |
| <b>aucun</b>                     | 785               | 46            | 360          |
| <b>fanés de pois</b>             |                   |               |              |
| (33 p100)                        | 955               | 48            | 455          |
| (67 p100)                        | 1070              | 46            | 490          |
| <b>fanés de vesce</b>            |                   |               |              |
| (33 p100)                        | 1065              | 48            | 515          |
| (67 p100)                        | 1345              | 50            | 670          |
| <b>tourteau de coton</b>         |                   |               |              |
| (15 p100)                        | 1250              | 49            | 615          |

source: Goodchild et al., 1992

L'intérêt de ces complémentations est qu'elles ne coûtent, en général, que le prix de leur collecte.

## 6.2.5. Complémentation avec des sous-produits locaux

---

### [6.2.5.1. Complémentation "paysanne" ou "fermière"](#)

### [6.2.5.2. Rations "complètes" permettant de valoriser les fourrages pauvres](#)

---

L'objectif est d'apporter l'énergie et l'azote complémentaires pour couvrir les besoins de production de l'animal.

Cette complémentation devra non seulement respecter les caractéristiques nutritionnelles évoquées plus haut, mais, également,

- être économique,
- et être compatible avec les disponibilités locales au sens socio-économique.

Il est illusoire d'envisager des compléments à base de céréales ou d'aliments riches en amidon (racines et tubercules) lorsque ceux-ci sont destinés en priorité à l'alimentation humaine (ou parfois à l'exportation,...).

### **6.2.5.1. Complémentation "paysanne" ou "fermière"**

Nous parlerons de complémentation paysanne ou fermière en ce sens qu'elle ne

fait pas appel à des aliments composés du commerce mais à des aliments disponibles directement sur l'exploitation.

Ces aliments ne sont généralement pas très nombreux et la liste en est vite faite. Ce sont essentiellement les issues des céréales produites et transformées localement (brisures et sons de riz, sons de sorgho, de mil, de maïs,...) ou importées (surtout le blé) et les graines de coton. En effet les autres sous-produits comme les tourteaux sont généralement exportés ou, s'il en reste, ne sont accessibles que près des villes et surtout utilisés pour les monogastriques après être passés par la filière des industries de l'aliment du bétail. Il en est de même des farines de poisson et de viande. Les drêches de brasserie sont plus difficiles à transporter et sont utilisés par les élevages laitiers périurbains.

Les compléments qu'on peut qualifier de "stratégiques" sur le plan nutritionnel sont,

- les **sons et brisures de céréales** (riz, blé, mil, etc... - produit ou importé -). Ils apportent de l'énergie digestible grâce à l'**amidon** qui reste après extraction de la farine. Certains amidons comme celui du riz présentent en outre la propriété de ne pas être dégradés en totalité dans le rumen et d'apporter ainsi des sources de glucose au niveau de l'intestin grêle grâce à la digestion enzymatique (cet aspect souligné par PRESTON et LENG, 1984, est important avec des fourrages de qualité médiocre). Ils apportent des **MAT assez peu dégradables** donc intéressantes comme source d'acides aminés précurseurs de glucose.

Enfin les issues de riz apportent des acides gras à longue chaîne faisant souvent défaut dans des rations à base de fourrages pauvres.

- les **graines** (et tourteaux) **de coton**. Elles apportent des MAT relativement dégradables et de l'énergie (parois, amidon, matières grasses). Comme les brisures de riz elles apportent également, en plus des protéines, les acides gras "alimentaires" manquants.
- les **déchets et farines animales** (viande, sang et os, poisson,...). Ce sont les compléments de choix de tels fourrages en particulier des fourrages traités qu'ils permettent de bien valoriser. Leur intérêt majeur est la fourniture de protéines peu dégradables. Les farines de poisson fournissent également les acides gras faisant défaut avec ces rations. Cependant ces compléments, souvent chers, sont généralement mieux valorisés par les monogastriques.

L'annexe 6 regroupe les caractéristiques nutritionnelles de ces principales ressources fourragères.

### 6.2.5.2. Rations "complètes" permettant de valoriser les fourrages pauvres

Bien qu'il ne s'agisse pas à proprement parler d'une technique de complémentation, il peut être intéressant d'évoquer ces types de rations qui ont été testées et utilisées en particulier dans les pays du Proche Orient (Projet

UNDP/FAO Syrie, HADJIPANAYIOTOU et al., 1989) et en Tunisie (KAYOULI et al.; 1993).

Les fourrages pauvres (pailles et/ou tiges de maïs) constituent le "support" d'une association de sous-produits locaux, voire également de fourrages verts, soit mélangés dans l'auge, soit ensilés ensemble, couche par couche. Le fourrage pauvre constitue ainsi la fraction fibreuse de la ration en même temps qu'il relève le taux de matière sèche du mélange permettant ainsi d'assurer les conditions optimum du processus d'ensilage et, de toutes façons, du fonctionnement du rumen. Des exemples de telles rations ou d'ensilages sont donnés dans le **tableau 20**. Elles se prêtent parfaitement à l'engraissement en lots de moutons ou de bovins.

En plus de la partie fibreuse que constitue la paille, les autres éléments constitutifs de ces rations sont généralement,

- des pulpes d'agrumes, apportant de l'énergie sous forme de parois digestibles,
- de la litière de volailles, fournissant l'azote dégradable,
- des sons ou issues de céréales, apportant à la fois de l'énergie et de l'azote peu dégradable,
- enfin, des sous-produits divers d'intérêt nutritionnel variable comme, en zone méditerranéenne, les grignons d'olive.

**Tableau 20:** Exemples d'utilisation de rations à base de sous-produits locaux et de paille par des ovins, des caprins et des bovins en région méditerranéenne et au Proche Orient, (d'après Kayouli et al., 1993: Hadjipanayiotou. 1993 et Hadjipanayiotou et al., 1993)

|                                 | Kayouli et al., 1993 |                      | Hadjipanayiotou (1993) |                      | Hadjipanayiotou et al. (1993) |         |           |
|---------------------------------|----------------------|----------------------|------------------------|----------------------|-------------------------------|---------|-----------|
|                                 | témoin               | ration expérimentale | témoin                 | ration expérimentale | ration expérimentale          |         |           |
|                                 | (mouton Barbarine)   |                      | (béliers Awassi)       |                      | génisses                      | agneaux | chevreaux |
|                                 |                      |                      |                        |                      | (Frisonnes)                   | (Chios) | (Damas)   |
| <b>Quantités ingérées (g/j)</b> |                      |                      |                        |                      |                               |         |           |
| concentré                       | 1010                 | 380                  | 971                    | 478                  | 2646                          | 606     | 534       |
| paille                          | 200                  |                      | 583                    | 382                  | 890                           | 205     | 182       |
| ensilage                        |                      | 1140                 |                        | 698                  | 3488                          | 261     | 35        |
| foin (d'avoine)                 |                      |                      |                        |                      | 874                           | 196     | 174       |
| Poids initial (kg)              | 213                  | 21.2                 | 60                     | 60                   | 340                           | 48.5    | 41.3      |
| Poids final (kg)                | 36.4                 | 38.0                 | 67                     | 67                   | 360                           | 50.4    | 43.2      |

| <i>GMQ (g/j)</i>              | 221                     | 253                | 114                     | 103                | 759                 | 70   | 66                 |
|-------------------------------|-------------------------|--------------------|-------------------------|--------------------|---------------------|------|--------------------|
| IC (kg MS<br>ing./kg<br>gain) | 55                      | 6                  | 13.6                    | 15.1               | 10.4                | 18.1 | 14                 |
|                               | <b>ensilage<br/>de:</b> | <b>proportions</b> | <b>ensilage<br/>de:</b> | <b>proportions</b> | <b>ensilage de:</b> |      | <b>proportions</b> |
|                               |                         | <b>(p.100)</b>     |                         | <b>(p.100)</b>     |                     |      | <b>(p.100)</b>     |
|                               | grignons<br>d'olives    | 45                 | pulpe de<br>betterave   | 80                 | pulpes d'agrumes    |      | 80 à 85            |
|                               |                         |                    | (17%<br>MS)             |                    | (18% MS)            |      |                    |
|                               | litière de<br>volaille  | 45                 | litière de<br>volaille  | 20                 | litière de volaille |      | 20 à 15            |
|                               |                         |                    | (90%<br>MS)             |                    | (78% MS)            |      |                    |
|                               | son de<br>blé           | 10                 |                         |                    |                     |      |                    |

Distribuées en libre service, de telles rations présentent l'intérêt nutritionnel d'un apport continue et régulier de l'ensemble des nutriments contribuant ainsi à la bonne utilisation digestive du fourrage pauvre.

### 6.2.6. Complémentation "classique" avec des concentrés commerciaux



On ne s'étendra pas sur ce type de complémentation qui,

- d'une part, n'est souvent pas adapté, tant sur le plan nutritionnel qu'économique, pour valoriser les fourrages pauvres et,
- d'autre part, n'est pas du ressort des pays à difficultés nutritionnelles (utilisation de céréales en alimentation animale) à l'exception toutefois de certains pays du Maghreb et du Proche Orient où les céréales (orge) peuvent être moins chères que la paille pendant certaines périodes (saison sèche) de l'année. Ceci encourage alors les éleveurs à les utiliser de manière exagérée et conduit à des accidents digestifs parfois mortels (acidoses, entérotoxémie,...). Dans ces derniers cas, c'est d'ailleurs la paille ou les parcours qui constituent les "compléments" des concentrés en tant qu'apport d'éléments fibreux à la ration.

### 6.3. Conclusion

En conclusion, l'objectif final de la complémentation des fourrages pauvres est d'en faciliter l'utilisation digestive et d'en augmenter les quantités ingérées. Ceci ne peut être obtenu que par **l'optimisation de la cellulolyse** dans le rumen.

La **complémentation minimale**, que nous avons qualifiée de **catalytique**, vise précisément à favoriser cette cellulolyse grâce à l'apport aux microbes du rumen des éléments manquant dans le fourrage. Ce sont les **matières azotées** (dégradables ou non protéiques comme **l'urée**), les minéraux et les vitamines A et

## D3.

L'exemple typique d'une telle supplémentation est le **bloc multinu**tritionnel à lécher. Les réalisations et exemples pratiques en ce domaine sont nombreux et encourageants. Cette complémentation permet de faire passer l'état nutritionnel de l'animal d'une situation déficitaire à une situation de subsistance ou d'entretien.

Pour faire passer cet état nutritionnel à une situation de production, il faudra des apports plus importants et une **complémentation de production**. Cette complémentation devra toutefois **ne pas remettre en cause la cellulolyse**. Elle devra donc être nutritionnellement compatible avec une bonne cellulolyse. Ce principe s'applique d'ailleurs à la fois aux fourrages en l'état et aux fourrages traités. Il conviendra de porter une attention particulière à la quantité et à la qualité de cette complémentation et, cela, encore plus avec les fourrages traités si on ne veut pas perdre le bénéfice du traitement et ne pas avoir "traité pour rien".

- *la quantité*: le **fourrage pauvre devrait continuer à représenter la majeure partie des quantités de matière sèche ingérées** par l'animal,
- *la qualité*: aliments riches en **fibres digestibles** comme les fourrages verts, les pulpes d'agrumes et de betteraves,...; aliments apportant des **matières azotées de bonne qualité (peu dégradables)**.

**Les compléments stratégiques** sont les issues de céréales, les graines protéagineuses et oléagineuses (ou leurs tourteaux), les feuilles et gousses

d'arbres et de légumineuses fourragères et, surtout, les déchets et farines de poisson et de viande. Il ne s'agit pas des concentrés commerciaux qui ne sont généralement pas conçus dans ce sens.

**Les résultats en termes zootechniques** seront examinés au chapitre suivant regroupant essais et constatations de terrain avec des fourrages en l'état et/ou traités.



## **VII. Résultats zootechniques de l'utilisation des fourrages pauvres par l'animal et témoignages concrets**

---

[7.1. Rappel du contexte général](#)

[7.2. Fourrages pauvres non traités complémentés par des blocs multinutritionnels](#)

[7.3. Utilisation des fourrages traités par l'animal](#)

[7.4. Blocs multinutritionnels ou fourrages traités à l'urée?](#)

[7.5. Conclusion](#)

---

## 7.1. Rappel du contexte général

Les objectifs et les systèmes de production de la majorité des pays tropicaux en voie de développement diffèrent beaucoup de ceux des pays tempérés ou à économie développée. En outre, l'alimentation des ruminants dépend généralement de pâturages pauvres et de résidus de culture de qualité médiocre dont, par surcroît, les disponibilités ne sont souvent que saisonnières. La productivité des animaux qui en résulte est donc faible ou modérée. Envisager des niveaux de production très élevés impliquerait le recours à des quantités importantes de compléments à base de céréales et de tourteaux qui sont souvent importés et coûteux. De tels systèmes sont irréalistes. Les objectifs primordiaux de la majorité de ces pays sont plutôt de:

- maintenir le poids ou même la survie des animaux pendant la saison sèche,
- disposer d'animaux en état au début des travaux de labour et de trait,
- accroître la production laitière de chaque vache dans des limites réalistes modestes (un à deux litres en plus par animal et par jour),
- obtenir des bovins en croissance à l'embouche des gains de poids de l'ordre de 300 à 600 g/j.

L'objet de ce chapitre est de montrer comment les techniques de valorisation des fourrages pauvres peuvent contribuer à réaliser ces objectifs.

Nous examinerons également les cas particuliers des systèmes de production animale plus intensifs (Maghreb, Proche Orient, Chine,... dont l'élevage est bien intégré à la céréaliculture) où ces techniques peuvent présenter un intérêt pour certaines catégories d'animaux.

Les améliorations permises par ces techniques devront toujours être raisonnées afin de rester nutritionnellement réalistes et économiques.

## **7.2. Fourrages pauvres non traités complémentés par des blocs multinutritionnels**

---

### [7.2.1. Témoignages](#)

### [7.2.2. Effets sur l'ingestion et les performances](#)

---

#### **7.2.1. Témoignages**

Lorsque les animaux reçoivent les blocs multinutritionnels de façon régulière pendant une période suffisamment longue (plusieurs semaines), les paysans sont unanimes pour constater les effets positifs sur leurs animaux. Nous résumons ci-dessous les témoignages fréquemment relevés chez les agro-éleveurs de Tunisie, du Niger, du Cambodge et du Laos:

**a)** Une augmentation de l'appétit de l'animal qui se traduit par une amélioration de l'ingestion des fourrages pauvres et/ou du temps de pâturage. Les femelles du

Niger (département de Dosso, secteur de Tibiri) rapportent que leurs ovins consomment même les coques d'arachides qui sont habituellement refusées. Les femmes du Cambodge (province de Kandal) constatent, quant à elles, que leurs vaches sont moins sélectives au pâturage. Il en est de même au Nord de la Tunisie (zone Aïn Draham) avec le maquis forestier, mieux exploité par les chèvres "qui se précipitent" sur les blocs à leur retour du pâturage.

- b)** Une augmentation de la consommation d'eau, due vraisemblablement à l'augmentation de l'ingestion de minéraux mais aussi à l'augmentation de la quantité totale de matière sèche ingérée.
- c)** Un maintien du poids de l'animal en saison sèche et une amélioration de l'état général des animaux maigres.
- d)** Une amélioration du pelage (poils) de l'animal, qui devient plus brillant.
- e)** Une amélioration de l'efficacité dans le travail des animaux de trait et de labour.
- f)** Les animaux cessent de se lécher et de lécher pierres, sol, murs, et de chercher à manger les plastiques, les chiffons et les os. Ce léchage, appelé "pica" est souvent dû à une carence minérale et principalement en sel et en macro-éléments qui sont apportés par les blocs multinationnels.

### **7.2.2. Effets sur l'ingestion et les performances**

L'effet principal de la supplémentation par les blocs est l'augmentation des

quantités de fourrages pauvres ingérées. Celle-ci est très significative. Si nous examinons l'ensemble des essais indiqués dans le **tableau 21**, l'augmentation moyenne des quantités ingérées de pailles de céréales (riz ou blé) est de 28%. Cet accroissement de l'ingestion est la résultante d'une activité microbienne intense, comme discuté antérieurement. TIWARI et al (1990) observent également un accroissement de l'ingestion d'azote qui passe de 31 g à 67,5 g/j chez des jeunes buffles consommant de la paille complétée soit avec 1 kg de concentré soit avec 750 g de blocs multinutritionnels. Cette augmentation de l'ingestion s'accompagne en outre d'une meilleure efficacité de l'utilisation de l'azote apporté par les blocs.

**Tableau 21:** Effet de la complémentation des fourrages pauvres avec des blocs multinutritionnels sur les quantités ingérées et les performances zootechniques

| Complémentation                      | Quantités ingérées |     | Performances animales |     |
|--------------------------------------|--------------------|-----|-----------------------|-----|
|                                      | 0                  | B   | 0                     | B   |
|                                      | (kg MS/j)          |     | GMQ (g/j)             |     |
| <i>Sudana et Leng (1986)</i>         |                    |     |                       |     |
| <b>ovins</b>                         | ND                 | ND  | -53                   | 10  |
| <i>Tiwari et al. (1990)</i>          |                    |     |                       |     |
| <b>jeunes buffles</b>                | 2.8                | 3.1 | 90                    | 166 |
| <i>Station de Niono, Mali (1993)</i> |                    |     |                       |     |
| <b>zébus</b>                         |                    |     |                       |     |

|                                       |        |        |                    |     |
|---------------------------------------|--------|--------|--------------------|-----|
| <b>.paille</b>                        | 4.5    | 6.0    | 26                 | 165 |
| <b>.parcours</b>                      | ND     | ND     | -64                | -10 |
| <i>Hadjipanayiotou et al. (1993)</i>  |        |        |                    |     |
| <b>agneaux (n = 35) paille de blé</b> | ND     | ND     | -88                | -58 |
| <b>brebis (n = 16) paille de blé</b>  | ND     | ND     | 41                 | 67  |
| <b>brebis (n = 83) chaumes</b>        | ND     | ND     | -56                | -6  |
| <i>Nyarko et al. (1993)</i>           |        |        |                    |     |
| <b>brebis (n = 30) paille de blé</b>  | 43 (1) | 60 (1) | -2.8               | 6.4 |
|                                       |        |        | <b>lait (kg/j)</b> |     |
| <i>Kunju (1986)</i>                   |        |        |                    |     |
| <b>taurillons</b>                     | 4.4    | 5.7    |                    |     |
| <b>vaches</b>                         | ND     | ND     | 3.9                | 4.7 |

(1) en g/kg PV 0.75

**0 = sans blocs**

**B = avec blocs**

**ND = non déterminé**

Un accroissement de l'ingestion de fourrage est souvent accompagné d'une augmentation de la consommation d'eau. Dans un essai réalisé au Pakistan, sur trois groupes de jeunes buffles nourris à base de paille de blé, de fourrage vert et



d'ensilage d'avoine, avec ou sans blocs multinationnels, ALI et MIRZA (1986) observent que la distribution de blocs s'accompagne d'une augmentation moyenne de la consommation d'eau de 25%.

L'ensemble des travaux regroupés au **tableau 21** montre que la **consommation des blocs (de 100 à 250 g chez les petits ruminants et de 400 à 800 g chez les bovins et buffles)** a significativement amélioré les performances des animaux. Avec des rations constituées uniquement de paille ou de chaumes, les blocs ont fortement limité les pertes de poids et ont permis d'entretenir les animaux durant la saison sèche. A apports complémentaires comparables, des rations à base de fourrages pauvres sont globalement mieux valorisées par une supplémentation de blocs mélasse-urée que par une complémentation faite de concentrés (NYARKO et al., 1993). Aussi, des chercheurs de la Station de Recherche Zootechnique du Sahel de Niono au Mali (1993), ont-ils comparé les trois types de compléments suivants: le sel, les blocs multinationnels et un concentré commercial (1 kg) sur trois groupes de zébus, maintenus au pâturage pendant cinq mois (mars à juillet). Les croïts observés ont été de + 192 g/j pour le lot "blocs" contre -410 g/j et -99 g/j, respectivement pour les lots "sel" et "concentré"

### 7.3. Utilisation des fourrages traités par l'animal

---

#### [7.3.1. Témoignages](#)

#### [7.3.2. Contribution du traitement à l'entretien et la sauvegarde du cheptel](#)

[7.3.3. Utilisation des fourrages traités pour une production modeste](#)  
[7.3.4. Cas particulier des systèmes plus intensifs.](#)

---

### 7.3.1. Témoignages

Un des points remarquables est que ces témoignages convergent tous, quelle que soit la situation agro-écologique des éleveurs (Togo, Niger, Tanzanie, Madagascar, Maroc, Mauritanie, Tunisie, Egypte, Cambodge et Laos). Les observations de ces derniers sur les animaux sont les suivantes:

**a/** Augmentation de la consommation d'aliments (signalée bien souvent comme un "engouement" pour le fourrage traité). Toutefois, et le témoignage est systématique, cet "engouement" n'est atteint qu'après quelques jours voire une semaine d'accoutumance des animaux. Les paysans notent parallèlement que leurs animaux "consomment plus vite" le fourrage traité. Lorsqu'il est distribué à volonté les refus sont moins importants qu'avant, et ceci est particulièrement observé avec les tiges de mil, de sorgho ou de maïs. Alors que les animaux n'en consommaient pratiquement que les feuilles et les extrémités et délaissaient une forte proportion de tiges, ils consomment ces dernières en quasi totalité après traitement. Cette observation est d'ailleurs doublée de la remarque relative au fait que la tige se casse facilement en petits morceaux par suite du piétinement et du tassement ayant eu lieu dans le silo au moment du traitement. En un mot, le fourrage traité est plus "appétissant" qu'avant. Après épuisement du stock traité tous les éleveurs constatent une désaffection pour le fourrage non traité lorsqu'ils

sont contraints d'y revenir.

**b/** Augmentation de la consommation d'eau, constatée dans tous les cas où l'eau d'abreuvement est apportée à l'animal (au piquet ou en stabulation). Le nombre de buvées passe de trois à quatre au lieu d'une à deux par jour.

**c/** Amélioration de l'état corporel (le meilleur "embonpoint" est très souvent signalé). Les animaux recevant le fourrage traité (comme ration de base ou de complément) maintiennent leur poids en saison sèche, sont moins parasités et plus résistants aux maladies. Leur pelage est plus brillant. Des animaux maigres ou affaiblis mis à la paille traitée récupèrent vite et leur état général est amélioré dans les premières semaines (trois semaines environ) qui suivent la distribution du fourrage traité. Plusieurs paysans du Niger ont sauvé ainsi des animaux cachectiques au milieu et à la fin de la saison sèche grâce à l'utilisation de la paille traitée.

**d/** Augmentation du revenu par l'embouche: les animaux d'embouche consommant des pailles traitées complémentées avec des graines de coton, du son, des céréales, ou des fanes de légumineuses (arachide, niébé) s'engraissent plus facilement. On assiste en effet à,

- une réduction de la durée de l'embouche.
- une utilisation moins élevée de compléments souvent achetés.
- une meilleure facilité de vente sur le marché (meilleur état

d'embonpoint) pendant la saison sèche où les autres animaux sont maigres.

- un gain financier plus élevé.

**e/** Augmentation de la production laitière et amélioration des conditions corporelles de la mère et du veau.

**f/** Amélioration de la fertilité: après alimentation au fourrage traité, les chaleurs des vaches sont plus manifestes.

**g/** Augmentation de la force de travail et d'endurance des animaux de trait et de labour à qui les fourrages traités sont donnés en priorité dans les pays, notamment du Sahel (80 p.100 au Niger) et d'Asie du Sud-Est.

**h/** Enfin un témoignage très révélateur et important est celui de l'augmentation de la production de fumier, de meilleure qualité, par les animaux nourris avec la paille traitée. "Us produisent plus de bouses qui sont plus molles et de couleur plus foncée". Ce témoignage s'accompagne d'observations sur la texture du sol, qui est améliorée, et sur les cultures, qui sont plus vigoureuses et plus productives. Le fumier d'animaux consommant des fourrages traités a ainsi permis à certains paysans de réduire leurs apports d'engrais chimiques. Ceci est en accord avec les résultats de la recherche (§532).

***Tableau 22: Effet de la complémentation de la paille par des blocs multinutritionnels et de la farine de poisson sur la croissance de jeunes buffles***

*(Tiwari et al., 1990)*

| Poids initial<br>(kg) | Quantités ingérées (g MS/j) |           |                      |       | Gain moyen<br>Quotidien (g/j) |
|-----------------------|-----------------------------|-----------|----------------------|-------|-------------------------------|
|                       | paille de<br>blé            | concentré | farine de<br>poisson | blocs |                               |
| 218                   | 3100                        | 1000      | 0                    | 746   | 166                           |
| 223                   | 3400                        | 1000      | 50                   | 823   | 179                           |
| 227                   | 3400                        | 1000      | 100                  | 855   | 288                           |
| 225                   | 3300                        | 1000      | 150                  | 851   | 275                           |

### 7.3.2. Contribution du traitement à l'entretien et la sauvegarde du cheptel

---

#### [7.3.2.1. Paille non limitée](#)

#### [7.3.2.2. Stocks de paille limités](#)

---

#### 7.3.2.1. Paille non limitée

Les cas où les résidus de culture existent en quantité abondante sont relativement fréquents. Malheureusement ces ressources fourragères sont souvent mal gérées (pertes, mauvais stockage, brûlage,...). Le traitement est l'occasion d'en améliorer la valeur alimentaire et, par conséquent, l'état nutritionnel des animaux. Il contribue en même temps à améliorer la gestion de ces ressources.

Le **tableau 23** donne un bilan théorique des besoins/apports nutritifs pour le bovin en production. La paille non traitée ne couvre pas les besoins d'entretien (d'où les pertes de poids généralement observées) alors qu'après traitement cette même paille les couvre largement et contribue même à assurer une partie des besoins de production.

C'est ce que traduisent les nombreux témoignages recueillis auprès des paysans du Niger, de Madagascar, etc... qui n'avaient jamais pratiqué le traitement de leurs pailles de riz à l'urée. Ces derniers constatent que l'état corporel de leurs animaux s'améliore en trois ou quatre semaines.

**Tableau 23:** *Bilan théorique de la couverture des besoins nutritionnels de bovins à l'entretien et en production par une paille de riz traitée (PT) ou non (PNT) distribuée à volonté*

| Etat de production de l'animal      | Besoins y compris entretien (1) |              | Ingestion |             | Apports (2) |              |          |              |
|-------------------------------------|---------------------------------|--------------|-----------|-------------|-------------|--------------|----------|--------------|
|                                     | TDN (kg)                        | N x 6.35 (g) | PNT       | PT          | PNT         |              | PT       |              |
|                                     |                                 |              | MS (kg/j) |             | TDN (kg)    | N x 6.35 (g) | TDN (kg) | N x 6.35 (g) |
| <i>Entretien (350 kg PV)</i>        | 2.85                            | 341          | 5.25      | <b>7.00</b> | 2.0         | 210          | 3.15     | <b>700</b>   |
| <i>Lait (350 kg PV; 4 litres/j)</i> | 4.15                            | 659          | 5.25      | <b>7.00</b> | 2.0         | 210          | 3.15     | <b>700</b>   |
| <i>Croissance (200 kg PV;</i>       | 2.60                            | 450          | 3.00      | <b>4.00</b> | 1.14        | 120          | 1.8      | <b>400</b>   |

|   |      |     |      |             |     |     |      |            |
|---|------|-----|------|-------------|-----|-----|------|------------|
| GMQ = 250 g)                                    |      |     |      |             |     |     |      |            |
| <i>Traction (350 kg PV;<br/>travail modéré)</i> | 3.55 | 570 | 5.25 | <b>7.00</b> | 2.0 | 210 | 3.15 | <b>700</b> |

(1) - NRC, 1976

(2) - Valeurs (g/kg MS) pour la paille non traitée (PNT):  $N \times 6,25 = 40$ , TDN °380 et une consommation journalière 1,5 kg/100 kg PV. et, pour la paille traitée (PT):  $N \times 6,25 = 100$ , TDN = 480 et 2 kg/100 kg PV.

**Tableau 24:** *Ingestion, gain de poids vif et conversion alimentaire avec une paille de riz non traitée ou traitée à l'urée distribué à volonté ou limitée (Khan et Davis, 1981)*

| Paille de riz                                 | Non traitée | Traitée               |           |
|---|-------------|-----------------------|-----------|
|   |             | présentée en quantité |           |
|   |             | limitée               | à volonté |
| MS ingérée (kg/j)                             | 3.45        | 3.48                  | 4.20      |
| GMQ (g/j)                                     | 125         | 303                   | 310       |
| Conversion alimentaire (kg d'aliment/kg gain) | 28          | 11.5                  | 13.50     |

### 7.3.2.2. Stocks de paille limités

La majorité des paysans ou agro-pasteurs n'exploite que des petites surfaces (souvent moins d'un hectare) pour la production de leurs céréales et les quantités de paille ou de tiges produites sont faibles.

1 ha de riz produisant, par culture, 3 t (Afrique) ou 2 t (Asie) de paddy représente, avec un rapport moyen Grain/Paille = 1, un stock de 2 ou 3 tonnes de paille.

Les pailles, dans ce cas, sont généralement distribuées le soir au retour du pâturage, en quantités limitées. Il en sera de même des pailles traitées qui ne constitueront qu'un complément du pâturage de la journée de l'ordre de 3 à 4 kg par jour.

Un exemple emprunté au Cambodge (KAYOULI, 1994b) montre, au **tableau 25**, qu'à ingestion égale, même modeste (3 kg MS/j), de paille traitée par rapport à la paille non traitée, les quantités de matière sèche digestible et de MAT ingérées sont respectivement augmentées de 35% et multipliées par 3. KHAN et DAVIS (1981) constatent par ailleurs, dans des conditions analogues, une augmentation des GMQ de 180 g/j (**tableau 24**).

Les paysans des nombreux pays d'Asie (Bangladesh, Cambodge, Laos,...) et du Sahel (Mauritanie, Niger,...) où prévaut cette situation, sont unanimes pour constater le maintien du poids vif et l'amélioration de l'état corporel de leurs animaux, particulièrement pendant la saison sèche.

Cet effet bénéfique de la paille traitée qui, dans ces situations, peut ne



représenter que la moitié de la ration totale journalière composée essentiellement de fourrages grossiers tient surtout au fait qu'elle apporte les éléments azotés manquants pour la cellulolyse d'une ration constituée essentiellement de parois végétales (parcours de la journée, paille du soir). Il résulte, aussi, de l'apport supplémentaire d'énergie digestible dû au traitement.

**Tableau 25:** Exemple de ration à base de paille de riz, traitée ou non, distribuée en quantité limitée (3 kg de matière sèche) à des vaches zébu maintenues au piquet (mesures effectuées chez 5 paysans dans le district de Baty. Cambodge) (Kayouli, 1994b)

|   | Paille Non traitée | Paille traitée |
|---|--------------------|----------------|
| <b>Composition et digestibilité</b>       |                    |                |
| Matières azotée totales (N x 6,25) (% MS) | 3.5                | 103            |
| Digestibilité de la matière sèche (%)     | 35                 | 46             |
| <b>Quantités ingérées (kg/j/animal)</b>   |                    |                |
| Matière sèche                             | 3                  | 3              |
| Matière azotées totales                   | 105                | 309            |
| Matière sèche digestible                  | 1.05               | 1.38           |

En définitive le traitement des fourrages pauvres est justifié aussi bien dans le cas de stocks importants que limités. Dans le premier cas, il incitera le paysan à une

meilleure gestion de ses stocks.

### **7.3.3. Utilisation des fourrages traités pour une production modeste**

---

[7.3.3.1. Cas de la production laitière](#)

[7.3.3.2. Cas de la croissance et de l'embouche](#)

[7.3.3.3. Cas des animaux de travail.](#)

---

La majorité des élevages d'Asie et d'Afrique ne sont pas spécialisés mais exploités à des fins multiples et il est difficile, sauf peut-être en Inde, et dans quelques cas particuliers d'Afrique en altitude, de parler séparément de production laitière et de production de viande.

Les troupeaux, de taille très variable suivant les systèmes, produisent des veaux allaités par leur mère dont on tire quelques litres de lait pour la consommation familiale, parfois pour la vente, en plus de ce que le veau a retenu pour lui. Les veaux sont soit vendus pour l'embouche extérieure (s'il y a des ateliers spécialisés et un marché organisé) ou sur place (embouche paysanne), soit élevés pour constituer la paire de boeufs indispensable pour les travaux cultureux et le transport.

Les niveaux de production sont modestes, notamment dans le cas du lait produit par des femelles allaitantes de races non laitières.

### 7.3.3.1. Cas de la production laitière

Tous les témoignages et suivis d'exploitation concordent avec les mesures plus rigoureuses effectuées en station. La substitution de la paille traitée à la paille non traitée se traduit par une augmentation de la production du lait trait et une amélioration de l'état corporel des mères et de la croissance de son veau. Schématiquement la réponse aura tendance à être plus "laitière" en début de lactation et plus "corporelle" en fin de lactation (en raison de l'alternance des phénomènes de mobilisation/stockage des réserves corporelles au cours du cycle lactation/gestation de la femelle).

**Tableau 26:** Effet du traitement d'une paille de riz sur les performances zootechniques du couple vache allaitante/veau (Perdok et al., 1982)

| <b>PAILLE DE RIZ (à volonté)</b>         | <b>NON TRAITEE</b> | <b>TRAITEE</b> |
|--|--------------------|----------------|
| nombre d'animaux                         | 17                 | 17             |
| <b>QUANTITES DE M.S. INGEREE (kg/j)</b>  |                    |                |
| paille                                   | 5.20               | 8.60           |
| concentré                                | 1.50               | 1.50           |
| <b>LAIT TRAIT (kg/j) EN PLUS DU VEAU</b> | 2.42               | 3.41           |
| <b>GMQ (g/j)</b>                         |                    |                |
| vache                                    | -266               | 93             |
| veau                                     | 181                | 257            |

Les références publiées existent surtout en Inde au Sri Lanka et au Bangladesh où les élevages sont plus orientés vers la production laitière, et très peu en Afrique. Sans les citer toutes, on relèvera:

- l'essai, éloquent, de PERDOK et al, (1982) au Sri Lanka qui montre (**tableau 26**) non seulement une augmentation significative (de 1 kg) de la production journalière de lait de vache Gir, locales, recevant à volonté de la paille de riz traitée par rapport à la paille non traitée et 1,5 kg de concentré dans les deux cas, mais également une augmentation de leur gain de poids vif( + 93 contre - 266 g/j) et de la croissance de leurs veaux (257 contre 181 g/j).
- les observations de REDDY et al (1991) où la paille de riz traitée à 4% d'urée distribuée à volonté avec 1 kg de concentré par jour et par animal permet de couvrir une production de 2.5 à 3 kg de lait par jour alors que la paille non traitée et la même quantité de concentré ne couvre que les besoins d'entretien.
- l'augmentation de la production laitière journalière de 1,7 kg (5,9 contre 4,2) et l'économie de la moitié de l'apport protéique observé par KUMAR et al (1991) en Inde.
- l'augmentation de l'ordre d'1 kg par jour de la production laitière de vaches Tanzania Zébu Shorthorn, pures ou croisées, en Tanzanie, recevant des tiges de maïs traitées à 6% d'urée en plus de feuilles de

bananier et d'herbe coupée le long des routes et 2 à 3 kg de concentré (CHENOST et al., 1993).

On peut aussi mentionner les témoignages et résultats de suivis d'exploitations dont nous avons été témoins mais qui ne sont publiés que dans des comptes-rendus de mission:

- Reprise de la traite (jusqu'à 2 à 3 litres par jour) grâce à la distribution pendant la saison sèche de pailles de riz traitées à 5% d'urée par les agro-éleveurs de Dioundali, 200 km au sud de Niamey, Niger (KAYOULI, 1994a) et de la rive droite du Sénégal, Mauritanie (CHENOST, 1995), qui arrêtent normalement de traire à cette époque pour privilégier la croissance du veau.
- Augmentation de la production laitière, mesurée au Niger pendant 4 mois de la saison sèche, qui passe de 160 à 300 l par vache, grâce à la distribution le soir de paille traitée en complément du pâturage de la journée.
- Augmentation allant de 0,5 à plus de 2 litres par jour (moyenne 1 à 1,5) de la production laitière de vaches zébu malgaches locales ou croisées recevant 5 à 6 kg de paille de riz traitée à 6% d'urée en complément du pâturage de diguettes ou de repousses de riz et de 2 à 5 kg de tubercules frais de manioc (CHENOST, 1993) et produisant 4 à 8 l de lait par jour en plus du veau (**tableau 27**). Un calcul simplifié effectué avec

les valeurs énergétiques estimées à partir des valeurs de digestibilité in vitro d'une part, et les teneurs en matières azotées digestibles estimées à partir des MAT d'autre part, montre (**tableau 27**) que, à quantités de paille ingérées égales (5 kg dans les deux cas), l'augmentation de la valeur énergétique de la paille, due au traitement, autorise une augmentation de la production laitière journalière de 1,5 à 2,0 kg, l'augmentation de la valeur azotée autorisant, quant à elle, une augmentation de l'ordre de 2,5 kg.

**Tableau 27:** *Résultat d'une enquête effectuée sur les hauts plateaux malgaches montrant l'effet du traitement à l'urée sur la production (Chenost. 1993)*

**(a) - Conditions d'élevage**

- Paille de riz, traitée à 6 kg d'urée et 100 kg d'eau par 100 kg de paille (durée 5 semaines)
- Vache Zébu Malgache ou croisée Frisonne ou Danoise - 1 à 5 vaches par paysan
- Niveau de production: 4 à 8 kg/j en plus du veau
- pâturage de jour sur diguettes d'irrigation et repousses de riz
- complément: 5 kg de paille de riz le soir avec 2 à 3 kg de tubercules de manioc

**(b) - Résultats de l'enquête**

| Augmentation de la quantité de lait trait en plus du veau (kg/j en plus) | de 0 à 0,5 | de 0,5 à 1,0 | de 1,0 à 1,5 | de 1,5 à 2,0 | > 2,0 | Total |
|--|------------|--------------|--------------|--------------|-------|-------|
|  |            |              |              |              |       |       |

|   |            |           |                     |                    |   |    |
|---|------------|-----------|---------------------|--------------------|---|----|
|   |            |           |                     | à                  |   |    |
| <i>constatée sur (nb de vaches)</i>       | 4          | 4         | 12                  | <del>20</del><br>9 | 4 | 33 |
| <b>(c) - Vérification nutritionnelle;</b> |            |           |                     |                    |   |    |
|   | <b>PNT</b> | <b>PT</b> | <b>Augmentation</b> |                    |   |    |
|   |            |           | <b>(PT - PNT)</b>   |                    |   |    |
| MS paille ingérée                         | 5          | 5         |                     |                    |   |    |
| (kg/j)                                    |            |           |                     |                    |   |    |
| UF  |            |           |                     |                    |   |    |
| par kg MS paille                          | 0.40       | 0.55      |                     |                    |   |    |
| ingérée                                   | 2.00       | 2.75      | 0.75                |                    |   |    |
| MAD (g)                                   |            |           |                     |                    |   |    |
| par kg MS paille                          | 10         | 40        |                     |                    |   |    |
| ingérée                                   | 50         | 200       | 150                 |                    |   |    |

Augmentation permise par l'ingestion supplémentaire d'UF:  $0,75/0,4 = 1,8$  à  $1,9$  kg de lait

Augmentation permise par l'ingestion supplémentaire de MAD:  $150/60 = 2,5$  kg de lait

*(0,4 UF/kg de lait)*

*(60 g MAD/kg de lait)*

Enfin, il est intéressant de souligner, comme le remarquent entre autres SAADULLAH et al. (1988) et HADJIPANAYOTOU (1992), que **la réponse de la production laitière au traitement est meilleure à ces niveaux de production modestes** qu'aux niveaux de production plus élevés. C'est particulièrement le cas dans les observations en exploitations du Bangladesh (SAADULLAH et al., 1988) lorsque le niveau de production laitière dépasse 2 l de lait en plus du veau. En d'autres termes, et cela rejoint et confirme ce qui a été dit au chap. 6, **la réponse est optimum, pour des animaux à faibles besoins dont les rations sont constituées essentiellement de fourrages**. Ce sont les **animaux "cibles"**, premiers bénéficiaires du traitement.

#### 7.3.3.2. Cas de la croissance et de l'embouche

De nombreux pays tropicaux pratiquent l'embouche traditionnelle. Celle-ci consiste à utiliser pendant la saison sèche, les résidus de la récolte précédente, la paille de riz, les tiges de mil, de sorgho et de maïs pour les céréales, des fanes de niébé et d'arachide pour les légumineuses, et, parfois, les feuilles de plantes à tubercule (encore sur pied), en les distribuant à des animaux maigres prélevés du troupeau, ou achetés, qui sont maintenus près de l'habitation. Ces résidus sont généralement complétés par des quantités, très variables (2 à 5 kg) selon leur disponibilité et leur prix, des deux sous-produits les plus fréquents dans ces situations que sont les brisures et les sons des rizeries artisanales et les graines de coton provenant des décortiqueuses, artisanales également (le tourteau produit dans les usines généralement situées dans les grandes villes revenant rarement



aux producteurs d'origine, pourtant utilisateurs potentiels).

L'animal profite de cette situation nutritionnelle favorable pour redémarrer sa croissance (phénomène classique de la croissance compensatrice). Les témoignages d'agro-éleveurs du Niger cités plus haut (§731) ayant commencé à utiliser la paille traitée en substitution de la paille en l'état pour ce type d'animaux sont unanimes pour constater:

- soit une réduction de la durée d'embouche, toute complémentation égale par ailleurs,
- soit une possibilité d'économiser (jusqu'à la moitié) le complément tout en maintenant la croissance.

On peut quantifier cette économie en prenant l'exemple (**tableau 28**) du rationnement d'un zébu de poids vif initial de 200 kg, réalisant une croissance de 500 g par jour pour arriver à un poids final recherché de 300 kg (100 kg de croît), en 200 jours, avec la paille traitée et du son de riz. L'économie de son réalisée est presque de 50%, mais, en contre-partie, le paysan doit prévoir la gestion de son stock de paille, laquelle sera ingérée en plus grande quantité après le traitement.

Les références chiffrées (**tableau 11**), surtout asiatiques, proviennent à la fois d'essais en stations et de contrôles en exploitations. Elles montrent que le traitement à l'urée permet, à complémentation égale, d'espérer une **amélioration des croissances journalières de 200 g (+/-127)**, par rapport à la même paille non traitée. Cette augmentation est cependant très variable. Les raisons de cette

variabilité sont vraisemblablement à imputer aux variations, d'un essai ou d'un contrôle à l'autre, de la qualité non seulement du traitement mais aussi de la complémentation.

L'essai récent de BUI VAN CHINH et al. (1994) au Vietnam comparant une paille de riz en l'état et la même paille soit complétementée avec des blocs mélasse/urée soit traitée avec une association urée (2,5 kg/100 kg) chaux (0,5 kg/100 kg) et sel (0,5 kg/100 kg) indique une réponse intéressante des croîts de génisses Red Sindhi x Yellow Cattle à la complémentation par les blocs (+86 g/j) et au traitement (+172 g/j) pourtant effectué avec des doses d'urée réduites par rapport à la paille distribuée seule (277 g/j).

**Tableau 28:** Illustration, par le calcul, de l'économie de son de riz réalisable grâce au traitement à l'urée de la paille de riz pour un zébu en embouche paysanne d'un poids initial de 200 kg prenant 100 kg en 200 jours (GMQ = 500 g/j)

|  | <b>TDN</b> | <b>N x 6,25</b> |
|--|------------|-----------------|
| <i>Composition des aliments (g/kg MS)</i>  |            |                 |
| Paille de riz non traitée  | 380        | 40              |
| Paille de riz traitée  | 450        | 100             |
| Son de riz   | 550        | 80              |
| <i>Besoins d'entretien et de croissance (poids vif moyen 250 kg, GMQ = 500g)</i> |            |                 |
| kg/jour  | 3 50       | 0 560           |

| kg/jour                                     | 0.50                   | 0.500                   |
|---|------------------------|-------------------------|
| <b>Apports (kg/j)</b>                       |                        |                         |
| 1. par la paille non traitée ingérée (4 kg) | 1.520                  | 0.160                   |
| par le son ingéré (4 kg)                    | 2.200                  | 0.320                   |
| Total                                       | 3.720                  | 0.480                   |
| 2. par la paille traitée ingérée (4 kg)     | 2.250                  | 0.500                   |
| par le son ingéré (4 kg)                    | 1.400                  | 0.200                   |
| Total                                       | 3.650                  | 0.700                   |
| <b>Stocks pour 250 jours</b>                | <b>Paille</b>          | <b>Son</b>              |
| Paille non traitée                          | 200 j x 4 kg = 800 kg  | 200 j x 4 kg = 800 kg   |
| Paille traitée                              | 200 j x 5 kg = 1000 kg | 200 j x 2,5 kg = 500 kg |

Les comparaisons rigoureuses mettant en évidence l'effet "alcali" du traitement par rapport à la seule complémentation avec la quantité équivalente d'urée sont peu nombreuses. Elles montrent toutes (**tableau 29**) que **le traitement proprement dit est supérieur à la complémentation azotée apportée par l'urée du traitement.**

Ce dernier point est très important à souligner car assez nombreuses sont les remarques selon lesquelles le traitement à l'urée ne serait pas avantageux par

rapport à la simple supplémentation avec la même quantité d'urée. Il est pourtant maintenant bien démontré que le traitement améliore beaucoup plus la digestibilité et l'ingestibilité des fourrages. Les seules raisons qui pourraient justifier ces remarques sont de deux natures,

- ou bien le traitement a été mal effectué,
- ou encore le fourrage traité n'a pas été distribué dans les conditions nutritionnelles susceptibles de le valoriser (quantités de concentré trop élevées, surtout s'il est riche en céréales).

**Tableau 29:** Effets comparés du traitement de pailles de riz à l'urée et de leur complémentation avec une même quantité d'urée

| <b>PAILLE</b>          | <b>NT</b>                           | <b>CU</b> | <b>TU</b> | <b>W</b>                 | <b>CU</b> | <b>TU</b> | <b>REFERENCES</b>                |
|------------------------|-------------------------------------|-----------|-----------|--------------------------|-----------|-----------|----------------------------------|
| <b>Animaux</b>         | <b>Quantités de paille ingérées</b> |           |           | <b>Gain de poids vif</b> |           |           |                                  |
| <b>(Poids vif, kg)</b> | <b>(kg MS/j)</b>                    |           |           | <b>(g/j)</b>             |           |           |                                  |
| Bovins (130-140)       | 1.7                                 | 1.7       | 1.9       | 35                       | 75        | 110       | Saadullah et al., 1981 b et 1982 |
| Bovins                 | 2.1                                 | 2.3       | 2,9-3,0   | 103                      | 213       | 237-310   | Perdok et al., 1984              |
| Bovins (75-            |                                     | 2.2       | 2.4       |                          | 207       | 297       | Saadullah et al., 1983           |

|                  |     |     |         |     |     |         |                              |
|------------------|-----|-----|---------|-----|-----|---------|------------------------------|
| 78)              |     |     |         |     |     |         |                              |
| Bovins (166-178) | 3.4 |     | 3,9-4,8 | 141 |     | 207-336 | Kumarasuntharam et al., 1984 |
| Bovins           |     | 2.8 | 4.0     |     | 111 | 246     | Jaiswal et al., 1983         |
| Bovins (177-196) | 3.6 |     | 4.3     | 304 |     | 598     | Promma et al, 1985           |

### **Paille:**

*NT - non traitée*

*CU - complétementée avec urée*

*TU - traitée à l'urée*

### **7.3.3.3. Cas des animaux de travail.**

La plupart des pays en voie de développement, par exemple en Asie, à Madagascar et dans les régions de sorgho et de mil en Afrique,... utilisent les gros ruminants pour les travaux culturaux (culture attelée) et les transports divers.

La mesure de l'efficacité au travail de ces animaux nécessite des méthodes et des appareils sophistiqués et les méthodes d'appréciation en milieu paysan ne peuvent être que subjectives. Toutefois, ceux des paysans ou agro-éleveurs ayant distribué des pailles traitées à leurs animaux constatent tous une meilleure efficacité de ces derniers au travail et le maintien de meilleures conditions corporelles au cours de la saison des travaux. Ils peuvent même revendre leurs

animaux à un meilleur prix en fin de campagne parce que ceux-ci sont en meilleur état qu'auparavant. Les marchands de bestiaux achètent les animaux en fin de campagne, à bas prix (parce qu'épuisés et en mauvaises conditions) pour les "retaper" ou en faire des animaux d'embouche.

Dans des conditions de travail d'intensité moyenne, la paille non traitée ne couvre qu'environ la moitié des besoins (**tableau 30**) et le déficit énergétique et protéique est très élevé. Il s'en suit une diminution de l'énergie au travail et une chute de l'état corporel. L'animal travaille moins bien, plus lentement et il en résulte souvent un retard dans les opérations culturales de semis et de repiquage du riz. Il est donc nécessaire d'apporter un complément constitué de sons de riz ou de graines de coton ou encore de tubercules de manioc (Asie du Sud Est et Madagascar). L'exemple du **tableau 30** indique un besoin de 360 kg de son pour une période de 4 mois. Le traitement de la paille permet pratiquement, à lui seul, de couvrir ces besoins et il ne faudra plus que 60 kg de son pour la même période. La quantité de paille traitée nécessaire (7 kg/j pendant 4 mois, soit 840 kg) est plus importante que la quantité de paille non traitée (5 kg/j pendant 4 mois, soit 600 kg).

**Tableau 30: EXEMPLES DE RATIONNEMENTS POUR DES BOEUFs EN CONDITION DE TRAVAIL D'INTENSITE MOYENNE**

|                             | TDN (kg) |  | N x 6.25 (g) |  |
|-----------------------------|----------|--|--------------|--|
| Besoins entretien + travail | 3.55     |  | 570          |  |
| Apports par la paille       |          |  |              |  |

|  | apports    | déficit            | apports | déficit    |
|--|------------|--------------------|---------|------------|
| PNT (5 kg/j)   | 1.90       | 1.65               | 200     | 370        |
| PT (7 kg/j)  | 3.20       | 1.20               | 700     | comblé     |
| <b>Quantités de son nécessaires pour combler le déficit (kg)</b> |            |                    |         |            |
|  | déficit    | son (kg/j)         | déficit | son (kg/j) |
| PNT  | 1,65/0,55  | 3.00               | 370/80  | 4.63       |
| PT   | 1,20/0,55  | 1.20               | comblé  |            |
| Valeur alimentaire de la paille et du son:                       |            |                    |         |            |
|  | TON (g/kg) | N x 6.25 (g/kg MS) |         |            |
| PNT = Paille non traitée   | 380.000    | 40.000             |         |            |
| PT = Paille traitée  | 450.000    | 100.000            |         |            |
| Son  | 550,000    | 80.000             |         |            |

Le calcul économique peut ainsi être facilement effectué et l'intérêt de traiter ou non, apprécié suivant les prix respectifs de la paille, de l'urée pour le traitement et du son pour la complémentation.

Un témoignage relevé dans la province du Takéo au Cambodge (KAYOULI, 1994b) illustre bien l'efficacité du traitement et de la complémentation: alors que le paysan n'obtenait un travail correct de sa paire de boeufs que pendant deux heures de labour avec la paille normale, il obtenait un travail correct pendant 4 heures avec la même paire de boeufs recevant la paille traitée, complétementée par

des blocs multinutritionnels ou 0,5 à 1 kg de son de riz.

#### 7.3.4. Cas particulier des systèmes plus intensifs.

Dans les pays comme ceux du Maghreb, du Proche Orient ou en Chine et dans les systèmes de production périurbains de certains pays en voie de développement où la production animale est plus intensive, il est possible d'utiliser les fourrages traités dans le système d'alimentation.

Les performances attendues, en terme de production de lait et de viande, sont importantes. La paille ou le fourrage, même traités, ne couvrant que l'entretien et une production modeste, d'ailleurs très variable, ne seront plus suffisants et il faudra les compléter de façon non négligeable.

La préoccupation devra être, comme nous l'avons vu au §61, de rester dans les limites nutritionnelles permettant de ne pas mettre en cause la cellulolyse. Ces préoccupations seront d'autant plus aiguës que le niveau de complémentation sera important (en deçà, toutefois, des limites nutritionnelles discutées au §612).

Mentionnons pour mémoire, les élevages intensifs de la rive Sud de la Méditerranée, où l'élevage est associé à la céréaliculture et où les pailles constituent une ressource fourragère utile. Il sera plus logique, dans ces systèmes, de **donner les pailles traitées aux animaux à besoins modérés**, comme les génisses en fin de croissance et les vaches tarées, **animaux cibles**. Les bons foins (annuels comme la vesce/avoine pour le Maghreb), dont on cherchera à améliorer la qualité (stade d'exploitation, qualité du conditionnement



et du stockage), étant alors réservés aux vaches fortes productrices.

Les références tempérées concernant les animaux en croissance et les femelles allaitantes, utilisateurs privilégiés des pailles traitées, sont nombreuses. Une synthèse effectuée par DEMARQUILLY et al (1989) permet de résumer en disant qu'à complémentation égale, l'augmentation des GMQ est de l'ordre de 200 à 300 g par jour et, qu'à performances égales, il est possible de réduire la quantité de complément de 1,5 à 2,0 kg.

*L'expérience chinoise* mérite de retenir l'attention tant du point de vue développement que nutritionnel. Elle constitue un témoignage remarquable en matière d'utilisation des pailles traitées pour la production de viande:

La Chine produit 400 millions de tonnes de grains et dispose de plus de 500 millions de tonnes de résidus de ces cultures (pailles et tiges).

Un programme de vulgarisation du traitement de ces pailles à l'urée a été initié en 1987, principalement dans deux provinces de la Chine centrale. Devant le succès obtenu, il s'est généralisé par phases successives en 1990 et 1992 par le PNUD et le gouvernement chinois lui-même (GUO TINGSHUANG et al, 1993).

**11 millions de tonnes de pailles, touchant 3,3 millions d'exploitants, ont été traitées en 1993 pour l'alimentation de mâles "Yellow Cattle" depuis le sevrage jusqu'à leur abattage entre 400 et 500 kg à un âge allant de dix-huit à vingt-quatre mois.**

Ce système a été introduit à partir de 1988/1990 chez des exploitants disposant en moyenne de 0,5 à 1 hectare et produisant du blé, de l'orge, du maïs et du coton.

Les pailles sont traitées à raison de 5 kg d'urée et 30 à 80 kg d'eau pour 100 kg de paille dans des fosses cimentées recouvertes de plastique pendant 3 semaines.

Les résultats ont été présentés et discutés de manière critique lors de la Conférence sur "l'Augmentation de la Production du bétail à travers la meilleure Utilisation des Ressources locales", tenue à Pékin, en 1993.

Les animaux (taurillons de 180 kg au départ) reçoivent de la paille traitée à volonté avec un à trois kilos de tourteaux de coton comme seul complément. Ils sont abattus vers 450 kg. Des essais ont été effectués pour évaluer la réponse des animaux au niveau de complémentation sur le plan à la fois zootechnique et économique. Le **tableau 31** et la synthèse de ces travaux effectuée par DOLBERG et FINLAYSON (1995) montrent que le croît journalier des animaux répond de manière asymptotique à la quantité de tourteau de coton distribuée, Il plafonne à 800 g/j à partir de 2 à 2,5 kg de tourteau par jour et par animal.

**[Tableau 31: Réponse des quantités ingérées et des croûts de taurillons "Yellow Cattle" recevant des quantités croissantes de tourteau de coton en complément de paille de blé traitée à l'urée \(d'après Fan et al. 1993 \(1\) et Zhang Wei Xian et Jing Kai. 1993 \(2\)\)](#)**

Compte-tenu des prix respectifs de l'urée et du tourteau pratiqués les quantités de 1,0 à 2,0 kg/jour/animal de tourteau de coton apparaissent comme le meilleur compromis technico-économique. Elles ont été vulgarisées dans les deux provinces.

Cet exemple illustre bien la possibilité de valoriser des ressources fourragères locales grâce à la fois au traitement et à une complémentarité appropriée.

#### **7.4. Blocs multinutritionnels ou fourrages traités à l'urée?**

De nombreux paysans ont utilisé simultanément les fourrages traités à l'urée et les blocs multinutritionnels avec les mêmes animaux. Ils signalent une meilleure endurance des animaux et une reprise de poids rapide (DALIBARD; 1994).

Par ailleurs nous avons posé à plusieurs agro-éleveurs la question de savoir quelles étaient leurs préférences par rapport à ces deux techniques: la majorité des paysans trouve les deux méthodes utiles et complémentaires l'une de l'autre. Leur préférence va à la paille traitée qui, selon eux, est un aliment qui "remplit l'animal". Le traitement reste parfaitement justifié à leurs yeux pour certaines catégories d'animaux (traction, embouche) en raison des effets plus rapides et plus élevés alors que les blocs sont considérés comme un complément "stimulateur de l'appétit", souvent qualifié de "médicament", et comme mieux adapté au système d'élevage extensif (notamment transhumance).

Les femmes, dans de nombreux cas, comme au Sahel, détiennent des effectifs importants de petits ruminants. Le traitement à l'urée est physiquement plus

pénible pour elles que la fabrication des blocs. Elles se sont donc parfois mises, dans ces pays, à la fabrication voire même à la commercialisation des blocs multinutritionnels.

Lorsqu'on recherche des niveaux de production plus élevés, les blocs multinutritionnels ne sont plus suffisants. Il est nécessaire de fournir aux animaux les compléments "supplémentaires" appropriés permettant de satisfaire les besoins de production recherchés sans nuire à la digestion des fourrages pauvres.

Ces compléments, on l'a vu, doivent être riches en protéines le moins soluble possible comme,

- les tourteaux d'arachide ou de coton, les graines de coton et, surtout, la farine de poisson,
- les autres sous-produits disponibles localement comme les sons et issues de céréales,
- enfin, certains fourrages: fanes de culture vivrières, feuilles et gousses d'arbustes fourragers.

Les travaux de TIWARI et al. (1990) illustrent bien ce phénomène (**tableau 22**).

**En définitive**, le bloc multinutritionnel est un moyen efficace pour améliorer la valeur alimentaire (ingestibilité, digestibilité) des pailles, des chaumes et des pâturages pauvres. Il permet de limiter les pertes de poids habituellement enregistrées en saison sèche dans les pays tropicaux. On peut même, dans

certains cas, espérer une augmentation modeste de la production laitière et des croûts. Au delà de l'entretien de l'animal, il faudra avoir recours à des compléments appropriés s'associant de manière synergique (et non antagoniste) à l'action bénéfique des blocs.

## 7.5. Conclusion

La complémentation minimale (catalytique) des fourrages pauvres, dont l'exemple typique sont les blocs multinutritionnels, constitue la première étape permettant d'assurer la sauvegarde et de limiter les pertes de poids du cheptel habituellement enregistrées en saison sèche dans les pays tropicaux. Elle autorise même une augmentation modeste des croissances.

Au delà de l'entretien de l'animal, il faudra avoir recours à des compléments appropriés s'associant de manière synergique à l'action bénéfique des blocs.

Il est également possible de recourir au traitement à l'urée dont les agro-éleveurs constatent la supériorité par rapport aux blocs. Il est en effet bien démontré que le traitement proprement dit est supérieur à la simple complémentation par la même quantité d'urée que celle utilisée pour le traitement.

Le traitement des pailles et des fourrages pauvres naturels dont les stocks sont limités est intéressant car, une fois traités, ces fourrages constituent un complément du pâturage naturel de la journée. Lorsque ces fourrages sont disponibles en quantités non limitées et qu'ils constituent l'aliment de base du cheptel, le traitement est alors particulièrement intéressant. Il incite en outre le

paysan à mieux en gérer les stocks qu'auparavant.

Pour les systèmes de production animale dépassant le niveau sauvegarde, le traitement des fourrages constitue une étape ultérieure dans l'amélioration de la productivité du cheptel. La réponse de la production au traitement est d'autant plus nette que les rations sont constituées essentiellement de fourrages. Ces rations s'adressent donc aux animaux à besoins modérés, ou animaux "cibles", premiers bénéficiaires du traitement. Ainsi le traitement à l'urée permet,

- soit une économie de compléments tout en maintenant les performances de l'animal. Il est particulièrement apprécié par les agro-éleveurs et les planteurs de riz qui constatent le maintien de l'efficacité au travail et de l'état corporel de leurs animaux de trait;
- soit, avec la même complémentation, d'augmenter les croissances journalières (environ 200 g/j en plus) et la quantité de lait trait en plus de la tétée du veau (1,5 à 2,5 l/j en plus) par rapport à la paille non traitée

Ces augmentations sont cependant très variables. Cette variabilité est due à la qualité du traitement proprement dit et, surtout, aux conditions de complémentation.

A des niveaux de complémentation plus élevés requis par des systèmes plus intensifs, il faudra être vigilant pour que celle-ci continue à valoriser le traitement et ne vienne pas en gommer le bénéfice.

C'est le risque encouru dans les systèmes de production comme ceux des pays du Maghreb, du Proche Orient et de la Chine, ou encore des zones de production laitière et d'embouche périurbaines de certains pays en voie de développement. La production animale est plus intensive et des erreurs peuvent être commises dans les quantités et la nature des compléments. A cet égard l'exemple chinois illustre bien comment l'utilisation de ressources fourragères locales peut être parfaitement optimisée.

Dans les systèmes de production très intensifs associés à la céréaliculture où la paille est une ressource fourragère indispensable malgré sa valeur alimentaire modeste, il deviendra alors plus logique de donner les pailles traitées aux animaux à besoins modérés, comme les génisses en fin de croissance et les vaches tarées, animaux cibles, et de réserver les meilleurs fourrages aux vaches fortes productrices.

En définitive les fourrages pauvres, qu'ils soient traités ou non, sont d'autant mieux utilisés que le niveau de production des animaux qui les consomment est modeste ou, en d'autres termes, que la part du fourrage dans la ration est plus élevée.

