



---

## VIII. Considérations socio-économiques sur le développement des techniques de valorisation des fourrages pauvres

---

[8.1. Introduction](#)

[8.2. Aspects économiques](#)

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

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

[8.5. Conclusion](#)

---

### 8.1. Introduction

Il existe tout un ensemble de moyens permettant à l'éleveur ou au paysan de valoriser leurs fourrages pauvres et leurs résidus de culture. Ils vont de la complémentation minimale (blocs

multinutritionnels) au traitement, relativement délicat comme le traitement à l'ammoniac anhydre, en passant par le traitement à l'urée, facile à proposer au petit exploitant.

L'objet de ce chapitre est de faire rapidement le tour des facteurs socio-économiques à prendre en compte lors de tout programme de vulgarisation de ces techniques afin de mettre en évidence les freins, à contourner, et les atouts, à favoriser, permettant d'assurer leur développement en insistant plus particulièrement sur le traitement.

**La justification** de l'utilisation des techniques de traitement et/ou de complémentation **se trouve au croisement, d'une part des besoins nutritionnels**, dépendant eux mêmes de la nature et du fonctionnement du système de production animale et, **d'autre part, de la disponibilité géographique et saisonnière des ressources fourragères et de leur qualité**. Il est donc important de distinguer les systèmes de production selon la disponibilité et la place que fourrages et résidus de cultures y représentent en tant que ressources fourragères (BOUTONNET, 1994).

La question est en outre souvent posée de savoir s'il est plus avantageux de traiter les fourrages pauvres ou de les compléter. Sur le plan strictement technique la réponse est sans ambiguïté: on peut faire produire autant à l'animal avec une paille traitée qu'avec une paille en l'état complétement, aux restrictions nutritionnelles près permettant d'optimiser la fraction fibreuse de la ration, évoquées au chap. 6. Sur le plan socio-économique, cette réponse est beaucoup moins nette et nécessite une analyse plus approfondie du contexte local devant prendre en compte, d'une part, les marchés des intrants et des produits et, d'autre part, la nature et le fonctionnement des systèmes de production.

## 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](#)

## 8.2.1. Les différents contextes agro-économiques

Si on **élimine** d'entrée les **systèmes extensifs** de rente que constituent les grands troupeaux exploitant des **espaces pastoraux** de manière mobile (**nomades, transhumants**) ou fixe (**ranching**) **non utilisateurs de résidus de culture** (BOUTONNET, 1994), on peut ramener schématiquement les combinaisons ressources fourragères/production animale, très diverses, aux quatre situations définies dans le tableau ci-dessous, pour lesquelles l'approche et la réflexion vont être totalement différentes.

### *Ressources fourragères/Besoins nutritionnels*

Ressources fourragères grossières (offre)	Animaux (besoins)	
	peu productifs	très productifs
abondantes	cas 1	cas 3
rares	cas 2	hors-sol

## **Cas 1**

C'est le cas de beaucoup de pays en voie de développement à situation fourragère abondante mais saisonnière où sont plus ou moins juxtaposés:

- des systèmes végétaux intensifs à forte production de biomasse végétale dont les sous-produits (résidus de culture) de "mauvaise" qualité ne sont pas utilisés à leur optimum
- et des systèmes d'élevage généralement peu productifs. Les animaux y sont des utilisateurs potentiels des sous-produits. L'intégration de l'élevage à l'agriculture constitue ainsi un moyen d'intensifier le système.

Les périmètres irrigués sahéliens des fleuves Niger ou Sénégal, le Delta et la vallée du Nil en Egypte, l'Asie du Sud-Est, la Chine centrale sont des exemples types de telles situations.

La paille peut n'être disponible qu'en quantités limitées et de manière saisonnière mais constituer la seule ressource complémentaire des fourrages classiques, pâturés ou fauchés. Elle constitue alors une richesse pour laquelle, en principe, toute technique d'amélioration de la valeur alimentaire est bénéfique.

Les aspects économiques *sensu-stricto* pèseront moins lourd dans les éléments de décision de l'exploitant que, (1) la trésorerie et les ressources fourragères dont il dispose et (2), le besoin, presque immédiat, d'une amélioration en termes de production (lait, viande, efficacité au travail). La décision dépendra du résultat du bilan rentrées/sorties ("budget prévisionnel") pour chacune des deux hypothèses complémentation et traitement.

***Calcul économique simplifié coût/avantage du traitement, exemple des hauts plateaux Malgaches (Chenost. 1993)***

<b>Coût du traitement</b>	
Pour une fosse de 2 m x 1 m x 1 m = 2 m <sup>3</sup>	permettant de

	traiter 200 kg de paille sèche	
- <b>plastique</b> (bande de 1,5 m de large à 650 FMG (2)/m <sup>2</sup> )		
12 m (1) x 1,5 m = 18 m <sup>2</sup>		
soit 18 m <sup>2</sup> x 650 FMG = 11700 FMG		
coût	<u>par traitement</u>	<u>par kg de paille traitée</u>
- (1) deux traitements par an pendant 1 an: 11700/2	= 5850 FMG 5850/200	= <b>29 FMG</b>
- (2) deux traitements par an pendant 4 ans: 11700/(2 x 4)	= 1460 FMG 1460/200	= <b>7 FMG</b>
- <b>urée</b> (700 FMG/kg)		
dose de 6 kg par 100 kg de paille sèche soit		

12 kg pour 200 kg de paille sèche traitée		
12 kg x 700 FMG = 8400 FMG		
coût	<u>par kg de paille traitée</u>	
8400/200 =	<b>42 FMG</b>	
- <b>coût plastique + urée</b>		
- hypothèse (1), 2 réutilisations	42 + 29 = <b>71 FMG</b>	
- hypothèse (2) 8 réutilisations	42 + 7 = <b>49 FMG</b>	
<b>Avantage</b>		
On prendra l'hypothèse, réaliste <sup>(3)</sup> selon laquelle la consommation de 5 kg de paille traitée par jour peut entraîner une augmentation de production de la vache de 1,5 kg de lait par jour par rapport à la paille non traitée.		
Il en résulte une augmentation de recettes de, 1,5 kg à 500 FMG/kg = 750 FMG, pour 5 kg	<u>par kg de paille traitée</u>	



de paille traitée soit		
	<b>750/5 = 150 FMG</b>	
D'où un bénéfice, par kg de paille traitée de		
<b>hypothèse (1)</b>	150 - 71 FMG, arrondi à	<b>80 FMG</b>
<b>hypothèse (2)</b>	150 - 49 FMG, arrondi à	<b>100 FMG</b>
(1) - une bande de 0,5 + 1,0 + 2,0 + 1,0 + 0,5 m pour tapisser la fosse dans le sens de la longueur, en ménageant deux rabats de 0,5 m chacun	5,0 m.	
- deux fois deux bandes de 0,5 + 1,0 + 0,25 m pour tapisser la fosse dans le sens de la largeur, en ménageant un rabat de 0,5 m et un pied de 0,25 m pour chaque bande	7,0m.	
Total	12,0 m	
(2) - FMG = Franc Malgache (1 F français = 317 FMG)		

(3) - observée par enquête chez les éleveurs (tableau 27). au 1/1/93	

L'exemple de Madagascar présenté ci-dessous illustre bien ces situations et montre que le simple calcul coût/avantage est un élément de décision important et suffisant.

La décision entre traitement et complémentation est étroitement liée à la disponibilité des intrants et à leurs prix respectifs (urée, issues de céréales). L'exemple de rationnement des boeufs de traits en condition de travail moyen présenté au **tableau 30** montre que pour prendre cette décision il faudra comparer,

- le prix de 360 kg de son, nécessaire pour compléter 600 kg de paille non traitée, avec,
- le prix de 42 kg d'urée, nécessaire pour traiter 840 kg de paille, et de 60 kg de son, nécessaires pour couvrir les mêmes besoins d'un animal de labour pendant 4 mois.

Enfin la décision sera facilitée par le fait que, dans ces pays, les compléments ne doivent pas entrer en concurrence avec l'alimentation humaine ou, dans certains cas, avec l'exportation (source de rentrées de devises au niveau national).

## **Cas 2**

C'est celui des systèmes des zones steppiques arides avec bassins céréaliers en sec ou irrigués dont l'exemple type est le Maghreb et le Proche Orient. La gamme des systèmes de production peut être assez large et passer du système extensif de cueillette (parcours) au système intensif hors sol, avec toutes les combinaisons intermédiaires, suivant la place que représentent les fourrages et les sous-produits (cultivés ou achetés) dans la ration des animaux.

Le végétal est rare par rapport à la demande des animaux. La paille, bien que traditionnellement utilisée, peut être non seulement limitée mais se trouver en concurrence avec d'autres ressources fourragères moins chères comme l'orge, produites et/ou importées. Il sera important, dans ces situations, de réfléchir à

l'opportunité économique des méthodes d'amélioration avant de les diffuser inconditionnellement. D'autres arguments (zootecniques et sanitaires) que ceux purement économiques peuvent néanmoins retenir l'intérêt des éleveurs pour ces techniques. En effet les fourrages grossiers sont considérés comme l'élément fibreux indispensable de la ration des ruminants.

***Sur le plan nutritionnel et zootecnique:***

Il faut rappeler (chapitres 6 et 7) que les fourrages traités ne sont nutritionnellement bénéfiques que s'ils représentent la majeure partie de la ration (schématiquement au moins la moitié). Des proportions inférieures entraînent, on l'a vu, des phénomènes de digestibilité associative négative qui viennent "gommer" l'effet traitement.

Or, même traités, les fourrages pauvres auront une valeur alimentaire insuffisante pour pouvoir constituer l'essentiel de la ration d'animaux très productifs à besoins élevés.

Aussi conviendra t-il de les distribuer aux animaux du troupeau à

besoins modérés par leur stade physiologique (génisses en fin de croissance, vaches ou brebis allaitantes en fin de lactation) qui seront les "**animaux cibles**", les animaux productifs recevant, quant à eux, les fourrages de très bonne qualité.

### ***Sur le plan économique:***

Il faudra avoir **recours à des enquêtes** permettant d'identifier le fonctionnement du système afin d'**estimer les chances de succès des techniques proposées** d'autant plus que, dans ces régions, les concentrés, souvent importés ou subventionnés, peuvent être moins chers que les pailles qui atteignent des prix très élevés en saison de soudure fourragère.

C'est ainsi qu'un "guide" vient d'être récemment mis au point par BOUTONNET et MERCIER (1994). Il propose aux décideurs une méthodologie d'approche sous la forme d'une liste de questions à se poser avant de divulguer les techniques de traitement.

L'objectif est de parvenir à un **diagnostic rapide de l'intérêt pour un, éleveur à traiter**. On se place du point de vue de l'éleveur ou

du point de vue de l'éleveur-agriculteur c'est à dire du producteur de fourrage qui s'interroge sur la meilleure destination économique de ses ressources.

L'étude proposée comporte **deux phases**:

1/ **Une étude de marché**: connaître le marché des fourrages: caractérisation du produit étudié (la paille traitée) et des produits substituables, étude de marché des produits (condition d'échange de ces produits), comparaison des valeurs nutritives.

2/ **Une étude de la place du produit (paille) dans les systèmes d'élevage**: connaître les espèces animales utilisées, les productions animales obtenues (viande, lait, poils,...) et la place de la paille non traitée dans la ration pour en apprécier les conditions d'utilisation et en particulier la nature et les quantités des fourrages distribués en complément, connaître les systèmes d'élevage et leur production.

L'étude se déroule selon les séquences suivantes: caractérisation du produit étudié, caractérisation des produits substituables, étude

des marchés de ces produits, conclusion sur la compétitivité du produit, caractérisation des systèmes d'élevage de la région à étudier, choix des élevages à enquêter dans les différentes catégories de systèmes d'élevage, enquête auprès de deux à trois éleveurs par catégorie, calcul des ratios caractéristiques (part de chaque fourrage dans la ration) de chaque système d'élevage, conclusion par systèmes d'élevage et, enfin, conclusion pour le marché et les systèmes d'élevage.

Les deux approches, nutritionnelle et économique, doivent être présentes à l'esprit pour la conclusion:

- il y a intérêt nutritionnel quand la part de la paille dans la ration est supérieure à 50% de la MS,
- il y a intérêt économique quand le coût de l'énergie achetée sous forme de concentré est supérieur à l'énergie supplémentaire procurée par le traitement de la paille et/ou quand la valeur (au prix de marché) de la paille ou du foin non gaspillé grâce au traitement est supérieur au coût du traitement, car dans ce cas, l'éleveur

peut vendre sur le marché le foin ou la paille en excédent.

Cette méthode de diagnostic vient d'être testée avec succès au Maroc, en Jordanie et en Syrie, pays de céréaliculture-élevage mais opposés par la disponibilité en paille: limitée pour les deux premiers, pratiquement illimitée pour le troisième.

### Cas 3

C'est celui des systèmes de production mixte, agriculture et élevage, ou "modèle paysan". Les troupeaux consomment principalement des sous-produits agricoles ou domestiques, complétés par du pâturage et/ou des fourrages cultivés (BOUTONNET, 1994) ou achetés. **Par extension on incluera dans ces systèmes le modèle atelier intensif spécialisé** sur une production animale (lait par exemple) qui, à la limite, devient **hors sol (cas 4)** lorsque les aliments sont achetés en totalité.

Les animaux, exploités de manière intensive, ont souvent des performances zootechniques élevées (prolificité, production laitière, production de viande) et l'approche économique précédant la



décision de traitement devra être plus précise.

***Ainsi, sur le plan économique,***

il y aura lieu de procéder à un calcul plus complet permettant de déterminer le coût du traitement au delà duquel il ne sera plus rentable de traiter (coût maximum admissible). Ce coût peut être calculé à partir de l'égalité suivante:

**coût d'une ration paille traitée complétement = coût d'une ration paille non traitée complétement**, les deux rations assurant la même production zootechnique.

Cette égalité peut être traduite (LIENARD et DULPHY, 1987) sous forme d'équation:

$$T (P_{nt} + Tr) + C_t \times c_t = NT \times P_{nt} + C_t \times c_t$$

où,

T = quantité de paille traitée ingérée (kg)

$NT$  = quantité de paille non traitée ingérée (kg)

$P_{nt}$  = prix du kg de paille non traitée

$Tr$  = prix du traitement du kg de paille

$C_t$  = quantité de concentré ingérée avec la paille traitée

$c_t$  = prix du concentré pour la paille traitée

$C_{nt}$  = quantité de concentré ingérée avec la paille non traitée

$c_{nt}$  = prix du concentré pour la paille non traitée

de cette équation il est possible de tirer le coût ( $Tr$ ) du traitement qu'il ne faudra pas dépasser:

$$Tr = [(C_{nt} \times c_{nt}) - (C_t \times c_t) - (T - NT) \times P_{nt}] / T$$

= (diminution de consommation de concentré - augmentation de consommation de paille)/(quantité de paille traitée ingérée)

Cette formule simple montre, entre autres, que le coût maximum admissible est d'autant plus élevé (donc qu'il est intéressant de traiter) que,

- l'économie de concentrés est élevée,
- le prix des concentrés est élevé

et qu'il est d'autant plus faible (donc qu'il sera plus difficile de rendre le traitement économique) que,

- le prix de la paille est élevé,
- le prix des concentrés est faible.

La formule permet ainsi de dresser tout un ensemble de familles de courbes (LIENARD et DULPHY, 1987) donnant les limites du coût du traitement suivant les prix de la paille et des compléments, les quantités respectives de paille et de compléments consommées, donc de la qualité de la paille initiale et de l'efficacité du traitement et, aussi, du type d'animaux recevant ces pailles (niveau des quantités ingérées et, donc, de production) auxquels on s'adresse.

***sur le plan nutritionnel (animaux cibles):***

Outre les contraintes économiques, il sera important,

particulièrement pour cette catégorie de systèmes de production, de réserver là aussi les fourrages pauvres traités aux animaux à besoins modérés du troupeau pour les raisons nutritionnelles évoquées plus haut.

### **8.2.2. Comment réduire le coût du traitement?**

Quel que soit le type de situation agro-économique dans lequel on se trouve, le traitement à mettre en oeuvre implique un coût dont les paramètres sont,

- le prix et les quantités d'agent de traitement (ammoniac, urée),
- le coût impliqué par la réalisation de l'herméticité du milieu de traitement: enceinte fixe (son amortissement car elle est réutilisable) ou temporaire (parois en matériaux locaux ou en bâches ou films de plastique,...), couverture du traitement;
- la main d'oeuvre nécessaire pour l'opération de

traitement proprement dite.

L'objet n'est pas d'étudier tous les cas de figure mais de souligner les postes où, à notre avis, il sera le plus facile de faire porter les économies. On se référera de toutes façons au chapitre 3 traitant des aspects pratiques du traitement.

### *Cas du traitement à l'ammoniac anhydre*

Le coût du traitement par kg de paille traité a fait l'objet de nombreuses études économiques. Nous citerons celle de ZWAENEPOEL et LIENARD (1987) qui montre que le coût unitaire de traitement dépend de la technique utilisée et du tonnage traité. Le traitement en meule est toujours le plus économique. Toutefois, dans les conditions européennes, le traitement par la méthode d'injection en balles rondes mises en gaine devient comparable au traitement en tas à partir de tonnages annuels supérieurs à 300 tonnes. La principale économie réalisable dans le cas du traitement en meule est celle du film de plastique inférieur, l'herméticité de la meule étant alors assurée par l'enfouissement, soigneusement réalisé, du film de couverture dans le sol sur tout le pourtour de la

meule.

Il est bien entendu que les investissements lourds (citernes,...) sont très élevés et ne pourront être envisagés qu'à l'échelle de groupements d'éleveurs ou de coopératives. Cette technique est rarement justifiée économiquement dans les conditions des pays en développement.

### *Cas du traitement à l'urée*

Les économies réalisables dans le cas des traitements à l'urée ne peuvent pas porter énormément sur les quantités d'urée à utiliser. Ce dernier point serait toutefois à moduler si l'efficacité des associations urée/chaux est confirmée. On a vu (§422), dans le cas de l'urée seule, que les quantités d'urée ne devraient pas être inférieures à 5 kg/100 kg de paille traitée pour garantir un bon traitement.

En revanche, c'est essentiellement sur la nature de l'enceinte et de la couverture qu'elles peuvent jouer comme indiqué au §431. L'étude du Maroc selon le guide décrit plus haut a montré en effet

que le plastique représentait 70% du coût du traitement

L'utilisation de matériaux locaux dans le cas de petits volumes traités et le badigeonnage par de la boue (Maroc, Tunisie,...) ou un mélange boue/déjection, voire l'auto couverture par une couche de paille "sacrifiée", dans le cas du traitement de gros volumes, sont les principales voies d'économie sur le coût unitaire de traitement.

Le traitement à l'urée est particulièrement adapté à la petite exploitation et au milieu paysan. Sa simplicité permet de le mettre en oeuvre sans faire appel à de la main d'oeuvre extérieure rémunérée. Il est généralement exécuté par les membres de la famille aidée par les voisins (échanges de services réciproques)

### **8.2.3. Optimisation en qualité et en quantité du complément du fourrage traité**

L'exemple chinois (FINLAYSON, 1993; DOLBERG et FINLAYSON, 1995) est intéressant à double titre:

- En ce qui concerne la nature du complément, il montre

que des compléments comme le tourteau de coton s'avèrent nutritionnellement parfaitement appropriés à la valorisation de la paille traitée, n ne milite pas, au contraire, au recours à des concentrés commerciaux souvent non équilibrés et onéreux.

- En ce qui concerne les quantités de compléments, les courbes de réponse du croît couplées à l'analyse économique montrent que l'optimum zootechnique, atteint avec 2 à 3 kg de tourteau/j/animal, ne constitue pas forcément l'optimum économique. Cet optimum diffère d'ailleurs (FINLAYSON, 1993) suivant que l'on considère le profit par tête de bétail engraisé (cette quantité est de 1 kg) ou par jour d'engraissement (elle est alors de 2 kg). Le profit optimum par tête s'applique à l'éleveur n'engraissant qu'une série d'animaux dans l'année alors que le profit optimum par jour s'applique à l'éleveur qui engraisse plusieurs séries d'animaux successives au cours de l'année.



### **8.3. Considérations sur la pratique du développement des techniques de valorisation**

#### **Importance des essais en vraie grandeur et du choix des éleveurs cibles**

Outre leur intérêt pour la collecte de références techniques et économiques, les essais de démonstration et, surtout, les essais conduits de manière encadrée chez l'éleveur ont une valeur de vulgarisation inestimable en tant que témoignage vécu par le paysan. Ils ont surtout l'intérêt de vérifier si la technique proposée est adaptée au système dans lequel on veut la vulgariser.

Il est particulièrement important de prévoir ce type d'essais dans les programmes de développement.

Un aspect également important est le choix des éleveurs et paysans chez lesquels ont lieu les démonstrations. Pour que ces dernières ne restent pas sans lendemain après le départ de l'agent de vulgarisation, il faudra avoir choisi les éleveurs "cibles", suffisamment motivés et persuasifs vis à vis de leurs voisins. Ils

deviendront alors de véritables "courroies de transmission" (formation en cascade) dans le processus de diffusion de la technique.

## **Stocks d'urée**

Des régions peuvent être isolées et éloignées des zones agricoles et ne pas bénéficier du réseau de distribution de l'urée. C'est le cas de certains villages des régions sahéliennes purement pastorales ou des régions montagneuses d'Afrique ou de Madagascar. Elles peuvent cependant être intéressées par le traitement à l'urée ou la fabrication de blocs multinationnels. Il est très important que les autorités publiques, nationales ou régionales, prennent les mesures appropriées pour faire bénéficier les groupements de production ou d'éleveurs ou les coopératives locales de l'approvisionnement nécessaire en urée et autres intrants afin de les rendre autonomes.

## **Crédits à court terme pour l'achat des intrants**

Les paysans sont souvent dans l'impossibilité d'acheter le minimum

d'urée leur permettant de démarrer les opérations de traitement et de les poursuivre par manque de trésorerie. Pourtant ils savent que les rentrées seront à terme supérieures à ce qu'elles étaient auparavant. Des mesures simples de crédit s'avèrent indispensables pour démarrer et pérenniser des actions pilotes.

**Rapidité et perceptibilité de la réponse au traitement et aux compléments en termes de production animale: conséquences sur les chances d'adoption de la technique par le paysan.**

Par la rapidité de sa réponse et sa perceptibilité, c'est généralement la production laitière qui constitue le plus gros atout pour faire adopter une nouvelle technique d'alimentation par le paysan. L'exemple des paysans Cambodgiens et Nigériens (chapitre 7) observant une meilleure efficacité au travail depuis que leurs paires de boeufs recevaient de la paille traitée est également un témoignage de l'efficacité de la technique pour les animaux de trait.

En revanche les animaux en croissance répondent eux aussi à ces techniques mais moins vite. Il est donc important, dans ce dernier cas, qu'en plus des mesures d'accompagnement par le crédit (voir ci-dessus) les vulgarisateurs soient eux-mêmes convaincus pour être suffisamment persuasifs auprès du paysan et l'encourager à persévérer lorsqu'il s'est engagé dans une telle opération même s'il n'en voit pas immédiatement les résultats.

### **Variabilité de la valeur nutritive des pailles**

La paille est trop souvent considérée comme un résidu de récolte alors que dans la plupart des systèmes de production, Méditerranée, Sahel, Madagascar, Asie,... c'est une véritable ressource fourragère. Les systèmes occidentaux ont trop "biaisé" la façon de raisonner en termes de production de grains et il est urgent de se soucier plus qu'auparavant des différences de qualité des tiges de céréales en terme de valeur nutritive pour les animaux.

La valeur alimentaire des pailles varie, nous l'avons vu, dans des limites très importantes. Or nous manquons encore des outils

nécessaires (estimateurs) pour évaluer rapidement (sur le terrain) et de manière précise (en laboratoire) la valeur alimentaire des pailles. Ce point a déjà été souligné à maintes reprises par les chercheurs et les acteurs du développement. Comme on sait en outre que les pailles répondent d'autant moins bien au traitement que leur valeur alimentaire en l'état est plus élevée, il est important de pouvoir mettre rapidement au point ces critères de prévision.

Un de nos souhaits serait que cet ouvrage contribue, à sa manière, à sensibiliser les lecteurs disposant d'un minimum de pouvoir afin qu'ils aident,

- d'une part les nutritionnistes à s'investir plus dans la recherche de ces estimateurs et,
- d'autre part les agronomes généticiens à utiliser, plus que par le passé, ces outils au profit de programmes visant l'amélioration de la qualité des pailles de céréales trop longtemps reléguée au second plan par rapport à l'amélioration de la productivité en grains de ces dernières.

## 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](#)

---

### 8.4.1. Sous produits locaux et introduction d'espèces fourragères améliorées

Les programmes d'amélioration des espèces et de la production fourragères sont des opérations de longue baleine qui peuvent être certes dissuasifs. Il ne faut toutefois pas les minimiser. Leur objectif final n'est pas seulement l'amélioration de l'alimentation des ruminants mais également l'amélioration du système agricole dans son ensemble.

La mise en place de techniques simples permettant de mieux

valoriser les résidus de cultures est attractive car elle est rapide. Pourtant elle ne représente qu'une amélioration d'un volet d'un système déjà existant.

Il est important que les responsables politiques du développement agricole respectent le juste milieu entre ces deux groupes de techniques et ne privilégient pas l'une par rapport à l'autre.

L'exemple du Maghreb montre combien, dans les systèmes céréaliculture/élevage, il est facile d'adopter inconditionnellement le traitement des pailles à l'urée ou à l'ammoniac en substitution des fourrages annuels classiques comme le foin de vesce-avoine, plus astreignant et moins facile à réussir et dont les superficies sont en régression par rapport à celles consacrées aux céréales.

En revanche, dans le cas malgache par exemple, l'utilisation des pailles de riz traitées dans l'alimentation des bovins des hauts plateaux constitue une solution supplémentaire par rapport aux programmes à long terme d'introduction fourragère, importants pour ces régions.

### **8.4.2. Impacts liés à la diffusion du traitement à l'urée**

La vulgarisation d'un thème technique comme la valorisation des résidus de récolte pour l'alimentation animale, plus particulièrement le traitement à l'urée, s'accompagne d'effets aussi bien positifs que négatifs et, parfois, imprévus dont il convient de tenir compte.

**a)** Le traitement des pailles à l'urée incite les paysans à moins les brûler qu'auparavant. La gestion des ressources fourragères est ainsi améliorée. Les éleveurs peuvent beaucoup mieux les négocier, mais à des prix parfois assez élevés pour ceux qui n'en possèdent pas mais qui les achètent habituellement pour l'alimentation de leurs animaux. L'effet positif du traitement est de toute façon l'amélioration de la gestion des réserves fourragères.

**b)** Le traitement développe l'esprit de solidarité entre paysans du village ou de la communauté à travers l'organisation matérielle des chantiers de traitement et l'échange de services.

**c)** Il contribue également à favoriser l'intégration de l'élevage dans le système agricole: amélioration de la fertilité du sol (apport de



fumier de meilleure qualité) mais surtout de l'efficacité de la traction animale qui se surajoute aux possibilités d'embouche.

**d)** Cette technique est devenue une sorte de vecteur autour de laquelle de nombreuses autres actions permettant l'amélioration des techniques d'élevage peuvent se greffer: construction de mangeoires et d'abris, utilisation plus rationnelle des fourrages et des compléments, collecte et épandage du fumier, suivi sanitaire (essentiellement le déparasitage), etc...

Elle constitue également, pour les agents de vulgarisation, une occasion de s'intéresser beaucoup plus aux problèmes concrets de terrain qu'à travers les campagnes routinières de vaccination.

En revanche,

Le traitement des résidus de culture à l'urée, implique leur récolte et leur stockage. Avant l'introduction de cette innovation, il convient de connaître le mode d'utilisation et de gestion de ces résidus tant au niveau de l'exploitation que des systèmes d'échange entre paysans. L'appréhension des conséquences que pourraient avoir la

diffusion de l'innovation technique est indispensable. Les points suivants illustrent quelques unes de ces préoccupations:

- maintien de la fertilité des sols: les cas ne sont pas rares de paysans qui récoltent leurs tiges de mil, de sorgho et de maïs par arrachage, rendant ainsi les sols encore plus fragiles;
- intégration entre activités agricoles et d'élevage ou sources de conflits?:

prise en considération des accords entre agriculteurs et éleveurs des systèmes agro-pastoraux sahéliens (contrat de fumure ou de parcage) selon lesquels les premiers laissent aux seconds leurs résidus au champ. L'agriculteur profite ainsi, en retour, de la fumure organique laissée par les animaux. Dans ces systèmes traditionnels, la sédentarisation de plus en plus importante des pasteurs et agro-pasteurs et de leurs troupeaux peut ainsi entraîner des conflits autour des résidus de culture qui constituent la ressource alimentaire principale pour le

cheptel et, même, une source de combustible domestique et de matière première pour les constructions (banco).

### **8.4.3. Une technique simple, support de la politique de développement de l'élevage**

L'amélioration de la valeur alimentaire des fourrages pauvres par la technique du traitement à l'urée devient de plus en plus populaire dans les pays en voie de développement. En effet les nombreux paysans l'ayant pratiquée sont unanimes dans leurs commentaires:

- simplicité et faible coût (souvent seule l'urée est achetée) de la méthode qui peut être mise en oeuvre par le paysan lui-même avec des matériaux locaux,
- efficacité de la méthode qui améliore la qualité de leur paille, base de l'alimentation de leur cheptel.

Aussi, pour beaucoup de ces pays, la technique du traitement à l'urée fait-elle maintenant partie de la stratégie de développement de leur élevage. Cette technique est également de plus en plus

utilisée par les projets de développement et d'encadrement en élevage, qu'il s'agisse de projets bilatéraux (Sri Lanka,...) ou multilatéraux (**annexe 7**). A cet égard la Banque Mondiale l'a inscrite à l'arsenal de ses interventions de terrain. Sa diffusion a été principalement initiée par la Division de la Santé et de la Production Animales de la FAO avec le support du Programme de Coopération Technique (PCT) ou en collaboration avec d'autres bailleurs de fonds (cas, par exemple, du Projet de développement du petit élevage laitier en Tanzanie). La liste des pays ayant démarré le traitement à l'urée est déjà fourni. La Chine est un exemple de choix en matière d'impact d'une technique sur le développement

## 8.5. Conclusion

Sur le plan économique, une technique de valorisation des fourrages pauvres (blocs multinationnels, traitement) se justifiera d'autant mieux que ceux-ci seront plus disponibles (disponibilité géographique et saisonnière) et que leur place en tant qu'aliments dans les systèmes de production sera importante.

Par ailleurs, sur le plan nutritionnel et zooteknique, la complémentation et le traitement des fourrages pauvres améliorent d'autant mieux les performances du bétail que celles-ci sont plus faibles au départ.

Dans le cas de la plupart des pays en voie de développement où le stock de fourrages pauvres n'est pas limité et où la productivité animale est modeste (cas 1), l'objectif immédiat de l'éleveur est d'améliorer la productivité de son troupeau en termes de production de lait et de viande et d'efficacité au travail. La décision d'adopter une nouvelle technique dépend ainsi essentiellement du bilan coûts/bénéfices qu'elle permettra.

Dans le cas où le stock fourrager disponible est limité et la productivité animale modeste (cas 2), une analyse plus approfondie du contexte local (marchés des intrants et des produits animaux, nature et fonctionnement des systèmes de production) s'impose. Une méthodologie vient d'être proposée à cet effet aux régions du Maghreb et du Mashreq, représentatives de cette situation.

Enfin, dans le cas des pays à économie avancée (cas 3) où les stocks sont abondants et la productivité animale plus intensive, l'analyse précédant la décision doit être plus précise et bien prévoir le coût du traitement au delà duquel il ne sera plus rentable de l'appliquer.

Dans les deux dernières situations il est particulièrement important de distribuer les fourrages traités aux animaux à besoins modérés et de réserver les fourrages de très bonne qualité aux animaux productifs.

Le développement des techniques de fabrication des blocs et du traitement à l'urée devrait s'accompagner de démonstrations et d'essais en vraie grandeur permettant de collecter des références de terrain. Celles-ci constituent en effet des témoignages concrets complémentaires des références de stations et représentent un outil indispensable pour les vulgarisateurs et les décideurs dans leur travail de diffusion à l'échelle de l'exploitation. Des mesures d'appui telles que la constitution de stocks d'intrants (urée, minéraux,...) et la mise en place de systèmes de crédit à court

terme pour leur achat s'avèrent indispensables pour pérenniser les actions. Ces mesures doivent de toutes façons être doublées par tout un processus de formation/vulgarisation, en cascade, dans lequel l'éleveur doit jouer le rôle de courroie de transmission dans la diffusion et l'adoption de la technique

La meilleure assurance de l'adoption des techniques de traitement et de fabrication des blocs multinationnels par le paysan sera finalement la rapidité et la perceptibilité de la réponse en termes concrets d'amélioration de la santé et d'augmentation de la productivité de ses animaux.

L'introduction des techniques de valorisation des fourrages pauvres constitue un moteur de l'amélioration du système fourrager. D'une manière plus générale elle constitue un vecteur du développement de l'élevage paysan. Elle doit rester complémentaire des programmes d'amélioration du système fourrager de la région agricole lorsque ceux-ci sont entrepris et ne pas s'y substituer.

---



---

## **IX. Tribune questions - Réponses de terrain**

Des questions sont souvent posées et des observations sont souvent formulées par les agents de développement et par les paysans dans les différents pays où ont été vulgarisés le traitement des fourrages pauvres à l'urée et la fabrication des blocs multinationnels.

Ce chapitre se propose de les regrouper et d'y donner des réponses pratiques. Elles illustrent le type de préoccupations, indépendantes, d'ailleurs, des situations agro-climatiques rencontrées.

### ***I - Questions posées aux éleveurs et leurs réponses***



## Question 1

***Comment alimentez-vous votre bétail tout au long de l'année (en zone agricole)?***

## Réponse 1

En saison sèche: pâturage de chaumes et parcours dans la journée, distribution de paille de riz ou d'autres résidus de cultures (tiges de sorgho, de mil ou de maïs) le soir.

En saison des pluies: les champs étant plantés, les animaux sont souvent gardés à la maison avec distribution de pailles.

## Question 2

***Quels problèmes majeurs rencontrez-vous avec l'élevage de votre bétail?***

## Réponse 2

- Alimentation: Pâturages médiocres en saison sèche et insuffisance de parcours pendant l'hivernage, les champs étant occupés par les cultures. Les animaux sont affaiblis.
- Problème d'abreuvement (essentiellement dans les pays du Sahel en saison sèche).
- Manque ou absence de produits vétérinaires.
- Maladies parasitaires.

### Question 3

***Quelles sont vos observations sur la paille traitée et sur les animaux recevant cette paille?***

### Réponse 3

- La paille traitée est jaune foncée, elle a une odeur piquante et elle est souple.

- La paille traitée est ingérée en plus grande quantité et avec moins de gaspillage, particulièrement dans le cas des tiges de sorgho, de mil et de maïs.
- La consommation d'eau augmente.
- Le fumier produit est de meilleure qualité pour les cultures.
- L'état général des animaux pendant la saison sèche est amélioré; leur résistance aux maladies également.
- Amélioration du pelage de l'animal.
- Amélioration de la production laitière.
- Réduction de la durée d'engraissement; économie de compléments; plus grande facilité de vente des animaux engraisés sur le marché.
- Augmentation de la force de traction des animaux de

travail qui peuvent travailler plus longtemps sans perte de poids.

#### Question 4

***Quelles sont vos observations sur la technique de traitement et ses contraintes éventuelles?***

#### Réponse 4

- La paille est notre principale ressource fourragère en saison sèche; sa qualité est considérablement améliorée; il en est de même de l'état général des animaux.
- La technique de traitement est simple à mettre en oeuvre.
- Cette technique oblige à mieux gérer les stocks de paille.

**Cependant:**

- La constitution de stocks de paille est obligatoire.
- Il faut que l'urée soit disponible sur le marché.
- Il faut disposer d'argent pour acheter l'urée.
- Il faut pouvoir disposer d'eau.

### Question 5

***A quelle époque de l'année préférez-vous traiter et pourquoi?***

### Réponse 5

- Tôt après la récolte de céréales (Décembre, Janvier, au Sahel) **parce que,**
- Les fourrages sont abondants et il est facile d'en ramasser à proximité du village.
- L'eau est disponible.
- Il est possible d'effectuer plusieurs traitements.

- Nous sommes disponibles.
- Nous disposons d'argent pour acheter de l'urée.
- C'est la période favorable pour acheter les bovins à mettre en embouche afin de les vendre en mars/avril, période de soudure où les animaux sont en bon état et se vendent à des prix intéressants.

### Question 6

***A quels types d'animaux préférez-vous distribuer la paille traitée?***

### Réponse 6

- en priorité aux animaux de trait (régions du Sahel et Asie du sud-est).
- aux animaux affaiblis.
- aux femelles laitières.
- aux bovins d'embouche (particulièrement en Chine).
- aux ovins d'embouche (Sahel).

## Question 7

***Que conseillerez-vous à la FAO pour la mise en place de projets similaires dans d'autres pays?***

## Réponse 7

- Choisir des paysans volontaires et motivés.
- Bien consulter la population, mener une bonne campagne d'information et proposer sans imposer.
- Expliquer les avantages de la paille traitée: moins de refus et animaux en bon état corporel.
- Etre patient avec les paysans.
- Choisir des agents vulgarisateurs de base bien déterminés.

***II - Questions fréquemment posées par les éleveurs et les***

## ***agents d'encadrement***

### Question 1

#### ***Pourquoi faut-il traiter la paille?***

### Réponse 1

- Traiter n'est pas une obligation, toutefois,
- La paille a une faible valeur alimentaire. Distribuée en l'état et seule à l'animal, elle ne couvre pas ses besoins d'entretien. Le traitement à l'urée ou à l'ammoniac augmente la valeur alimentaire de la paille, l'animal est par conséquent beaucoup mieux nourri.

### Question 2

#### ***Comment agit l'urée sur la paille?***

### Réponse 2



La paille est composée de fibres (parois) végétales complexes, très lignifiées, qui sont digérées lentement et faiblement par les microbes de la panse. La paille encombre ainsi la panse de l'animal qui n'en ingère que de faibles quantités.

L'urée en présence d'eau et de chaleur (température ambiante) est transformée en ammoniac qui diffuse dans la masse de la paille. Si la paille est recouverte pour éviter de perdre l'ammoniac dans l'atmosphère, l'ammoniac réagit sur les fibres (parois de la paille) dont il modifie les caractéristiques physico-chimiques. Les microbes de la panse peuvent alors attaquer plus facilement ces parois pour les digérer de manière plus intense et plus rapide. La paille est ainsi plus digestible, elle encombre moins la panse et est ainsi mieux ingérée. Sa teneur en azote, indispensable pour les microbes de la panse, est en outre augmentée grâce à la fixation d'une partie de l'ammoniac produite.

### Question 3

***Pourquoi l'animal doit-il s'adapter à la paille traitée?***

Réponse 3:

Après traitement à l'urée, la paille s'est enrichie en azote. Toutefois celui-ci se transforme très rapidement en ammoniac dans la panse. L'adaptation consiste à apporter progressivement la paille traitée à l'animal afin d'habituer les microbes du rumen (panse) à ce nouvel aliment et à l'utilisation de ces quantités plus élevées d'ammoniac. Le non respect d'une période de transition peut entraîner un risque d'intoxication par absorption dans le sang, à travers la paroi de la panse, de l'excès de l'azote ammoniacal non transformé par les microbes.

Question 4

***Quelle est la différence entre l'ensilage et le traitement à l'urée?***

## Réponse 4

L'ensilage consiste à conserver un fourrage en le tassant, alors qu'il est encore vert, dans une enceinte hermétique. Un processus fermentaire anaérobie prend place et préserve sa valeur nutritive (sans l'améliorer).

Le traitement à l'urée ou à l'ammoniac est une opération qui consiste à améliorer la valeur nutritive d'un fourrage pauvre sec grâce à la réaction chimique de l'ammoniac injecté (ou généré par l'urée) sur les parois de ce fourrage en les rendant plus digestibles.

## Question 5

***Quels fourrages peut-on traiter?***

## Réponse 5

Les fourrages à traiter doivent être secs et non moisis. Le traitement est d'autant plus efficace que le produit à

traiter est de qualité médiocre c'est à dire riche en cellulose, donc peu digestible, et pauvre en azote. Le traitement est intéressant s'il est effectué sur,

- les pailles de céréales: de riz, de blé, d'orge et d'avoine,
- les tiges de céréales: de maïs, de sorgho et de mil,
- les fourrages naturels récoltés à un stade tardif (pailleux),
- les foins de céréales de qualité médiocre (stade tardif) comme par exemple les foins de vesce-avoine traditionnellement cultivés en Afrique du Nord.

Question 6

***Quelle est l'époque optimale de traitement?***

Réponse 6

Le traitement réussit d'autant mieux, que la température ambiante est élevée.

Il est, par conséquent, conseillé de traiter pendant la saison sèche, de préférence juste après les récoltes, dans les zones tropicales, et en été - début de l'automne, en régions méditerranéennes.

### Question 7

***Combien de temps peut-on conserver la paille traitée?***

### Réponse 7

La paille, une fois traitée, peut être conservée plusieurs mois avant son utilisation si elle est correctement couverte (l'atmosphère ammoniacale empêche le développement des moisissures) et à l'abri de la pluie. Aussi une paille traitée en début de saison sèche peut-elle être utilisée en période de soudure et pendant la saison

de labour. De même, à partir de sa reprise, le stock de paille traitée peut être exploité sur une période de plusieurs mois si on prend bien soin de le refermer après chaque reprise de la quantité de paille nécessaire.

## Question 8

***Quels sont les effets d'une longue période de stockage sur la qualité de la paille traitée?***

## Réponse 8

La durée de stockage n'a pas d'influence néfaste sur la digestibilité de la paille: l'action alcaline de l'ammoniac sur les parois est irréversible, elle a même tendance à se poursuivre si le stockage est hermétique.

En revanche une partie seulement de l'ammoniac du traitement est solidement fixée, l'autre étant "labile" et ayant tendance à "quitter" le fourrage.

En conséquence un stockage long aura tendance à faire diminuer cette partie labile, et donc la teneur en MAT, surtout si l'herméticité n'est pas absolue.

En définitive, il n'y a pas de problèmes de durée de stockage sur la qualité de la paille si le stock est hermétiquement protégé. Cette herméticité évitera (voir réponse 7 ci-dessus) également aux moisissures de s'installer.

## Question 9

***Peut-on transférer un fourrage traité du silo pour le conserver ailleurs?***

## Réponse 9

Oui, aux restrictions près évoquées dans les réponses 7 et 8 ci-dessus:

stocker à l'abri de la pluie et recouvrir le fourrage traité si

on ne veut, ni voir trop diminuer la teneur en MAT, ni voir se développer de moisissures. Mais ce genre de manipulation nécessitant beaucoup de travail est à éviter.

## Question 10

***Peut-on donner la paille traitée aux porcs?***

## Réponse 10

Non.

Le porc est un monogastrique qui n'héberge pas de micro-organismes comparables à ceux de la panse des ruminants, capables d'utiliser l'azote non protéique de la paille traitée.

La paille traitée, de même que l'urée, est toxique pour le porc.

## Question 11



***Peut-on traiter l'herbe verte coupée?***

## Réponse 11

Non

Le traitement ne doit être effectué que sur un fourrage pauvre et pratiquement sec.

Les fourrages verts contiennent de l'eau et des matières azotées, surtout non protéiques et fermentescibles. Un traitement à l'urée serait inutile et pourrait même être dangereux car (a) il apporterait trop de matières azotées non protéiques et (b) pourrait être effectué avec des quantités d' $\text{NH}_3$  ou d'urée trop importantes si on avait mal apprécié la quantité de matière sèche contenue dans l'herbe verte (surdosage).

## Question 12

***Peut-on distribuer la paille traitée à des vaches***

***gestantes et allaitantes?***

## Réponse 12

Oui

La paille traitée est très bénéfique pour les vaches gestantes et allaitantes, leur état général est amélioré, la production laitière augmente et le veau sera en meilleure santé.

## Question 13

***Peut-on supprimer la complémentation à des animaux nourris à la paille traitée?***

## Réponse 13

**a/** Oui, sauf la complémentation minérale, pour les animaux à l'entretien ou à faible niveau de production.

En effet,

- d'une part, la valeur alimentaire de la paille est significativement améliorée par le traitement, elle apporte donc plus d'éléments nutritifs à l'animal; distribuée seule et à volonté la paille traitée peut couvrir largement les besoins d'entretiens;
- d'autre part, le traitement n'apporte pas de matières minérales et celles-ci restent indispensables.

**b/** Non, pour obtenir des performances plus élevées, une complémentation énergétique, azotée et minérale est nécessaire. Celle-ci ne doit cependant pas gommer les effets du traitement. Cette complémentation peut être apportée par des sous-produits locaux comme les graines de coton, le son de céréales, les drêches de brasserie, les tubercules de manioc... Elle ne devrait pas représenter plus que la moitié de la ration totale.

Le pâturage, surtout d'herbe verte si elle existe (herbe de diguettes de parcelles irriguées), est un très bon complément de la paille traitée lorsque cette dernière n'est disponible qu'en quantités limitées.

#### Question 14

***Qu'apporte le traitement à l'urée par rapport à la simple complémentation avec la même quantité d'urée que pour le traitement?***

#### Réponse 14

Le traitement agit sur la structure des parois végétales: la paille devient plus digestible et est plus riche en azote.

La supplémentation à l'urée stimule certes la flore microbienne du rumen qui digère ainsi mieux la paille mais pas dans la même proportion que le traitement proprement dit.

Le traitement reste donc supérieur à la supplémentation à l'urée.

## Question 15

***Est-il possible de distribuer des blocs multinutritionnels en plus de la paille traitée?***

## Réponse 15

Les blocs multinutritionnels apportent à l'animal un complément d'azote, de minéraux et d'énergie. Leur utilisation avec la paille traitée valorise donc mieux la ration.

**Cependant**, compte tenu de la richesse de la paille traitée en azote non protéique, il est recommandé de **réduire l'incorporation de l'urée dans les blocs à 5%** afin d'éviter les risques d'intoxication par excès d'ammoniac dans la panse.

L'apport de minéraux, en particulier S et Mg, est de toutes façons recommandé pour parfaire l'effet bénéfique du traitement.

Toutefois l'intérêt économique de cet apport devra être bien calculé. Un supplément minéral serait sans doute en général suffisant et plus approprié.

### Question 16

***Que faire si les animaux refusent de manger la paille traitée?***

### Réponse 16

Insister.

L'animal doit s'habituer à ce nouvel aliment. Ce dernier a une odeur piquante et, il est vrai, désagréable ou surprenante... qui peut amener l'animal à le dédaigner pendant les premiers jours. Il est utile d'aérer la paille

avant de la distribuer et de continuer sa distribution sans découragement. Au bout de quelques jours voire une semaine l'animal se mettra à la consommer. Lorsque l'animal sera bien habitué c'est le fourrage non traité qu'il dédaignera... et il ne sera plus nécessaire d'aérer la paille traitée avant de la distribuer.

## Question 17

### ***Que faire en cas de surdosage manifeste?***

## Réponse 17

Si vous constatez des zones de paille ou de fourrage manifestement très foncées et d'odeur très piquante, c'est qu'il y a eu surdosage d'urée dans ces zones. Il est également possible que l'ensemble du stock présente les mêmes caractéristiques.

S'il ne s'agit que de zones, les jeter ou les mélanger avec le reste du stock si elles sont nombreuses.

S'il s'agit de l'ensemble du stock, deux possibilités:

- si le stock n'est pas important, le jeter sur le tas de fumier,
- si le stock est important et que le rejet représente une perte importante, le mélanger à part égale avec un fourrage non traité.

Cependant il est à noter que cette situation a été rarement rencontrée dans la pratique.

---



---

## X. Conclusion générale

L'élevage familial, qui joue un rôle important dans les pays en voie



de développement, est de plus en plus contraint à recourir aux ressources fourragères que constituent les résidus de culture (pailles de riz, de blé,..., tiges de sorgho, de mil, de maïs,...) et les fourrages naturels ramassés par ratissage à un stade pailleux pour passer la saison sèche - surtout la période de soudure - ou pour continuer à se développer sans entrer en compétition avec les cultures vivrières, prioritaires en surfaces agricoles sur les cultures fourragères.

Ces fourrages, provenant de plantes âgées, ont une faible valeur alimentaire. Ils sont en effet riches en fibres (parois) lignifiées donc peu et lentement digestibles. Ils sont pauvres en protéines, en minéraux et en vitamines.

Les ruminants sont cependant capables de les valoriser grâce à leur panse - ou rumen - et aux microorganismes cellulolytiques qui peuvent les dégrader.

**a/ Il est possible d'améliorer cette valeur alimentaire,**

- soit en apportant aux microorganismes les éléments manquants

dans la plante (azote, minéraux, vitamines) à travers une complémentation minimale - "catalytique" - dont l'exemple pratique concret est le bloc à lécher "multinutritionnel", complément tout indiqué des parcours et des chaumes;

- soit en modifiant les propriétés physico-chimiques des parois à travers un traitement qui facilite ainsi le travail de dégradation des microorganismes.

L'objet de cet ouvrage était de montrer comment faire, et pourquoi, et de voir ce que ces techniques permettent d'espérer en termes de production animale ainsi que les chances de succès de leur diffusion au niveau du petit éleveur.

## **b/ La complémentation**

La complémentation minimale doit apporter minéraux, urée (source d'azote non protéique permettant aux microbes du rumen de fabriquer des protéines pour l'animal) et un peu d'énergie. Le mélange liquide mélasse, urée, minéraux, est une solution utilisable à l'échelle d'une région ou de coopératives car elle implique le

transport, la manutention et le stockage de quantités importantes de mélasse liquide. Aussi une formule simple et pratique développée depuis quelques années est le bloc multinationnel, avec ou sans mélasse.

Il n'existe pas de recettes fixes pour fabriquer ces blocs mais des solutions à adapter à chaque situation locale. Le principe est de solidifier un mélange constitué de mélasse (30 à 50%), d'urée (10%) et de minéraux, d'un support fibreux (sons, feuilles séchées, bagasse, paille, litières de volailles,...) conférant la structure, et d'un liant (chaux, ciment et/ou argile) jusqu'à obtention d'un bloc cohérent, non friable et pouvant être léché par l'animal en petites quantités (400 à 800 g/j pour les bovins et 100 à 250 g/j pour les ovins et caprins). Toutefois il est aussi possible de fabriquer des blocs sans mélasse.

C'est une technique intéressante pour des petits exploitants qui peuvent fabriquer eux-même leurs blocs vue la simplicité de la technique. Comme ces petits fermiers peuvent avoir des difficultés à s'approvisionner régulièrement en différents ingrédients, il est

souvent préférable de regrouper la fabrication des blocs au niveau du village, par une coopérative ou un entrepreneur. Cette technique fait d'ailleurs partie de la stratégie du développement de l'élevage de nombreux pays en voie de développement.

### **c/ Une autre façon d'améliorer les fourrages pauvres est de les traiter:**

Le traitement à l'ammoniac et le traitement à l'urée sont les deux procédés les plus utilisés dans la pratique.

*Le traitement à l'ammoniac anhydre*, injecté sous pression à raison de 3 kg d'ammoniac par 100 kg de paille dont la teneur en humidité ne doit pas être inférieure à 15% est pratiqué en milieu hermétique (meules de balles recouvertes d'un film de plastique). Sa durée dépend de la température ambiante (1 à 3 semaines de 30 à 20°C, 4 à 8 semaines de 20 à 10°C). Il est pratiqué avec succès dans les pays occidentaux et sur le pourtour méditerranéen (Tunisie, Egypte). Il présente toutefois l'inconvénient de nécessiter la présence d'une industrie et d'un réseau de distribution d'ammoniac qui n'existent pas dans la plupart des pays en voie de

développement. Il est en outre peu accessible au petit paysan.

*L'alternative est de traiter à l'urée* qui, en présence d'eau, génère l'ammoniac effectuant le traitement. Il n'existe pas une technique, universelle, mais des techniques à adapter aux conditions locales par les agents d'encadrement qui devront en avoir bien compris les principes de base. Les paramètres ayant fait leurs preuves sont 5 kg d'urée par 100 kg de fourrage (sec) mis en solution dans 50 l d'eau (cette quantité peut varier de 40 à 80 l), pendant 2 à 5 semaines (pour des températures allant de 30 à 15-20°C). L'herméticité est moins importante que pour le traitement à l'ammoniac anhydre et des matériaux locaux peuvent être utilisés pour réaliser l'enceinte de traitement et sa couverture, car l'ammoniac est libéré sans pression.

Son efficacité est d'autant plus grande que la température ambiante est élevée. Il est donc tout indiqué pour les pays tropicaux. Ce traitement est maintenant bien répandu dans les pays en voie de développement où il fait également partie de la stratégie du développement de l'élevage.

Ces deux traitements augmentent la teneur en MAT (qui passe en moyenne de 30 à 90 g/kg MS) et la valeur énergétique (qui passe en moyenne de 0,40 à 0,55 UFL/kg MS) des pailles. Il permet aussi d'en augmenter les quantités volontairement ingérées (de 50% en moyenne).

**d/ Tous les témoignages sur les effets des deux techniques bloc et traitement urée** concordent d'un pays et d'un continent à l'autre: les éleveurs constatent une augmentation de l'appétit, de l'état général et de la productivité de leurs animaux.

Les blocs sont le complément de choix des parcours pauvres en zones agro-pastorales. Ils autorisent même des croissances modestes comme le montrent les résultats chiffrés d'ailleurs encore assez peu nombreux.

L'augmentation de la productivité animale peut encore être accrue avec le traitement à l'urée. Il est en effet bien démontré que la réponse en termes zootechniques à l'utilisation d'une quantité donnée d'urée est meilleure à travers le traitement qu'à travers la simple complémentation.

Lorsqu'ils ne sont disponibles qu'en quantité limitée, les fourrages naturels et les résidus de culture traités peuvent ainsi constituer un complément du pâturage naturel de la journée.

Lorsqu'ils ne sont pas limités, ils peuvent constituer la base des régimes des animaux.

Dans les deux cas, le traitement incite l'éleveur à mieux gérer ses résidus de culture et les fourrages naturels qu'il a récoltés.

**La "réponse" zootechnique** au traitement est d'autant plus nette que les rations contiennent plus de fourrages. Les animaux à besoins modérés sont les meilleurs bénéficiaires du traitement (ce sont les animaux "cibles").

Le traitement à l'urée permet une économie de compléments en maintenant l'efficacité au travail et l'état corporel des animaux de trait. C'est une technique de choix pour l'agro-éleveur et le planteur de riz. A complémentarité égale il permet:

- d'augmenter d'en moyenne de 200 g/j les croissances

journalières par rapport à la même paille non traitée,

- d'augmenter de 1,0 à 2,5 l la production journalière de lait trait (en plus de la tétée du veau) lorsque celle-ci est de l'ordre de 2 à 8 l/j au départ.

Ces augmentations sont cependant variables. Elles dépendent de la qualité du fourrage initial et du traitement proprement dit. Elles dépendent aussi et surtout de la quantité et de la nature de la complémentation.

En effet, pour éviter de perdre le bénéfice du traitement et avoir "traité pour rien", il est important de respecter les règles de la complémentation, valables aussi pour les fourrages pauvres non traités:

- quantité: le fourrage pauvre devrait continuer à représenter la majeure partie (au moins la moitié) de la ration totale,
- qualité: il doit être complétement par des 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) comme les issues de céréales, les tourteaux, les feuilles et gousses d'arbres et de légumineuses fourragères et les déchets et farines de poisson et de viande. Ces aliments sont des compléments "stratégiques". Les concentrés commerciaux ne sont généralement pas adaptés car pas conçus dans ce sens.

Cette notion de valorisation du traitement devient très importante lorsque la productivité animale est élevée. C'est le cas, par exemple, des systèmes associés à la céréaliculture où la paille est indispensable car seul élément de "lest" de la ration. Il convient, dans ces systèmes, de ne donner les pailles traitées qu'aux animaux à besoins modérés, comme les génisses en fin de croissance et les vaches tarées, et de réserver les meilleurs fourrages aux vaches fortes productrices.

**Sur le plan économique**, les chances de succès de l'introduction

des techniques de traitement seront donc d'autant plus élevées que la disponibilité et la part des fourrages et résidus de culture dans le système de production seront importantes.

On peut facilement réduire le coût du traitement à travers l'utilisation de matériaux locaux et de l'entraide entre agriculteurs. Lorsque la paille est limitée et souvent plus chère que les concentrés (Maghreb, Proche Orient), le recours à une analyse fine des systèmes de production et du marché des aliments et des produits animaux est conseillé avant tout lancement de la technique de traitement.

**e/ Pour faciliter l'adoption de ces techniques** par le petit exploitant, le processus de vulgarisation devrait s'accompagner de démonstrations et d'essais en vraie grandeur permettant de collecter des références de terrain. Celles-ci constituent en effet des témoignages concrets complémentaires des références de stations et représentent un outil indispensable pour les vulgarisateurs et les décideurs dans leur travail de diffusion à l'échelle de l'exploitation. Il est également important de choisir les

éleveurs "cibles" suffisamment dynamiques et influants sur leurs voisins afin qu'ils jouent un rôle de courroie de transmission dans la diffusion de la technique.

Des mesures d'appui telles que la constitution de stocks d'intrants (urée, minéraux,...) et la mise en place de systèmes de crédit à court terme pour leur achat s'avèrent indispensables pour faciliter cette diffusion.

L'introduction des techniques de valorisation des fourrages pauvres constitue une amélioration du système d'alimentation. Elle doit cependant rester complémentaire des programmes de plus longue haleine d'amélioration du système fourrager de la région agricole lorsque ceux-ci sont entrepris et ne pas s'y substituer.

Enfin, ces techniques sont des éléments favorables à l'intégration de l'élevage à l'agriculture avec tous les avantages non seulement agronomiques mais également sociaux que celle-ci représente.

---



---

## **Annexe 1 - Différentes modalités pratiques du traitement a l'urée**

Cette annexe est destinée au vulgarisateur qui aura à faire sa démonstration chez le paysan à qui il laissera les consignes et le matériel minimum nécessaire pour effectuer ultérieurement son traitement lui même. Le vulgarisateur aura fait effectuer les travaux nécessaires à la préparation de l'enceinte. Il devra avoir parfaitement réfléchi à tout ce dont il a besoin comme matériel et avoir fait préparer le fourrage afin de réaliser sa démonstration sans hésitation ni difficultés de dernière minute.

Qu'il s'agisse de traitements en petites quantités à l'échelle individuelle ou en grandes quantités à l'échelle de la grande exploitation ou de la coopérative, les opérations pratiques du

"traitement à l'urée" sont les suivantes:

- la préparation du matériel,
- la préparation et la pesée du fourrage à traiter;
- la préparation de la solution d'urée;
- l'incorporation intime de la solution au fourrage à traiter;
- la couverture de la masse de fourrage traité

Un des facteurs clé de la réussite du traitement à l'urée est l'incorporation homogène de la solution dans la masse du fourrage à traiter. On utilise pour cela un arrosoir pour les petites quantités à traiter ou des pulvérisateurs pour les grandes quantités. La solution est arrosée lit par lit sur le fourrage. Lorsqu'il s'agit de fourrage en vrac ou en gerbe on le tasse énergiquement au pied pour compacter chaque couche à l'intérieur de l'enceinte de traitement.

### ***A - Fourrages en vrac traités en petites quantités***

*Reprenons l'exemple du §432 où 200 kg de paille en vrac sont à*

*traiter dans un couloir en brique de banco de 2 m<sup>3</sup>.*

*Les paramètres du traitement sont:*

***5 kg d'urée et 50 l d'eau par 100 kg de paille sèche***

*soit, pour cet exemple,*

*5 x 200/100 = 10 kg d'urée*

*50 x 200/100 = 100 l d'eau*

1 Préparation du matériel

On achètera le minimum possible de matériel en ayant recours à des solutions locales et familières des paysans:

***matériel à faire préparer par le paysan:***

- *pour le transport de l'eau: des seaux ou des fûts acheminés sur charrettes à proximité du lieu de traitement,*

- *pour préparer la solution*: un ou deux fûts ou demi-fûts de récupération et des seaux ou encore des jarres en poterie, et des bâtons, branches ou manches de pelle pour remuer,
- *pour mesurer les quantités d'urée*: des récipients comme boîtes de conserve vides, calebasses,.... qui seront étalonnés par le technicien,
- *pour arroser la solution*: des arrosoirs (de 10 à 15 l) avec pommes pour une bonne répartition de la solution ou, à défaut, des seaux ou tout autre récipient comme des calebasses, dans ce cas on arrosera à la main,
- *pour la couverture et l'étanchéité*: feuilles de bananier, branches de cocotiers, bouses de vaches, argile mélangé à la paille fine, nattes de Seko (*Andropogon gayanus*), palissades en bambou, films plastique s'ils existent et s'ils ne sont pas trop chers ou sacs d'engrais de récupération qu'on aura cousu ensemble pour en faire des bâches, de

la paille pour réaliser un toit incliné composé de plusieurs couches de paille si on ne dispose d'aucun des matériaux énumérés ci-dessus; enfin, quelques pierres, briques, branches d'arbre ou tout objet pesant pour recouvrir le dessus de l'enceinte,

- *pour la mesure des quantités de paille*: quelques morceaux de corde (2 m de long au moins) ou de ficelle solide

### ***matériel à préparer par le technicien:***

- *pour les pesées et les mesures*: un peson de 30 à 40 kg, une balance de 10 kg de portée par 100 g, un mètre à ruban, et *de quoi écrire*.

## 2 Préparation et pesée du fourrage à traiter

La paille à traiter devra être sèche, et non moisie. La laisser en petites gerbes si elle l'est déjà; si ce n'est pas le cas, bien prendre garde, en la retirant de la meule de stockage, à la maintenir brins



alignés et à ne pas la mettre en vrac. Cela facilitera les opérations de pesée et de manutention ultérieures.

Faire quelques gerbes de paille de 10 kg avec le peson (**photo 23**). Repérer avec le paysan la longueur de corde qui entoure exactement les 10 kg de paille en serrant toujours de la même façon. Faire un noeud sur le brin pour repérer cette longueur. Le paysan pourra alors, ultérieurement et sans peson, préparer la paille par petits tas de 10 kg à l'aide de cette corde étalonnée.

**[Photo 23: pesée servant à étalonner une gerbe de circonférence donnée repérée avec une corde \(Madagascar\). Photo. Chenost.](#)**

*Dans le cas de démonstration collective on pourra lui demander de regrouper la paille, ainsi "pesée", par tas de 50 ou 100 kg (**photo 24**). Ce travail préalable facilitera énormément la tâche le jour de la démonstration de traitement.*

**[Photo 24: préparation de la paille de riz en gerbes de](#)**

***circonférence repérée avec la corde étalonnée préalablement (Madagascar). Photo. Chenost.***

Les bottes de paille de riz, issues du battage manuel sont souvent homogènes (200 à 300 g). Avant chaque traitement, il est toujours utile de prélever au hasard une dizaine de bottes pour estimer leur poids moyen

### 3 Préparation de la solution

Peser les **10 kg d'urée** avec la balance. Comme le paysan ne dispose pas lui-même de cette balance, étalonner un récipient avec lequel il est familier, un verre de thé par exemple pour les pays sahéliens.

Il faut 15 verres à die pour faire 1 kg d'urée. Il est possible d'étalonner des récipients plus grands comme des boîtes de conserve ou de lait concentré,..., ou tout récipient bien identifiable.

Verser les 100 l d'eau dans un fût de 200l. Là aussi les récipients seront étalonnés ou la hauteur de l'eau dans le fut repéré par une

marque visible. Verser doucement les 10 kg d'urée dans le fût tout en agitant avec un bâton ou une pelle en évitant que se forment des blocs. L'eau doit se refroidir quand l'urée se dissout. Il faut environ 10 mn pour dissoudre toute l'urée.

#### 4 Aspersions et tassement de la paille

La paille est arrosée couche par couche (**photo 25**) jusqu'à remplissage du silo, de la tranchée, du trou ou de la case. L'expérience montre que, pour assurer un bon tassement et une bonne humidification de la paille, tout en réduisant le nombre d'aspersions, il convient d'effectuer des couches (ou lits) de 20 cm une fois la paille tassée.

**[Photo 25: traitement de paille à l'urée dans un silo de séko \(Niger\). Photo. Kayouli.](#)**

Ainsi, un silo de 1 m de haut sera constitué de  $100/20 = 5$  lits.

Dans notre exemple où 200 kg de paille sont traités, il y aura 5 lits de  $200/5 = 40$  kg de paille chacun.

- Constituer le premier lit en étalant 40 kg de paille sur tout le fond du silo, gerbes parallèles aux bords. Bien tasser bien la paille en la piétinant fortement (en dansant, cette opération est souvent réalisée par des enfants), surtout sur les bords. Arroser ensuite la paille, tout en continuant à piétiner, avec la quantité de solution nécessaire, soit 20 l pour 40 kg de paille (rapport 50/100), c'est à dire 2 arrosoirs de 10 l. Il est très important d'arroser la paille de façon homogène: ne pas surcharger certains endroits en en oubliant d'autres.
- Une fois le premier lit terminé, étaler de nouveau 40 kg de paille et ainsi de suite jusqu'en haut.

S'il reste de la solution à la fin des opérations, ne pas hésiter à l'arroser sur le sommet du silo.

## 5 Réalisation de l'herméticité et couverture

Pour un bon traitement il faut, ni perdre de solution par **infiltration** dans le sol ou le long des parois, ni perdre d'ammoniac par

## évaporation dans l'atmosphère.

Si **le sol ou les parois** de l'enceinte ne sont pas jugés suffisamment imperméables, on pourra parfaire l'herméticité avec un badigeonnage de boue mélangée à de la paille ou du fumier (certains, plus riches, préfèrent badigeonner de ciment) ou, encore, avec les mêmes matériaux de récupération que ceux utilisés pour la couverture (cf ci-dessous).

Une fois que le silo, ou la case, ou le trou, est rempli, bien tasser la dernière couche: inviter plusieurs personnes à "danser" sur place. Il faudra alors le recouvrir. Plusieurs possibilités se présentent suivant les matériaux dont on dispose localement.

Cette **couverture** peut être:

- des bandes de plastique,
- des **sacs** d'engrais ou de farine de récupération en **plastique** cousus ensemble (**photo 26**) de façon à réaliser des **bandes** permettant de recouvrir le silo. Un

ensemble de  $2 \times 4 = 8$  sacs permet de réaliser une bâche de 2 m x 4 m. On peut en confectionner deux pour couvrir le silo de deux couches avec des rabats permettant de bien envelopper le fourrage; on pourra les réutiliser si ils sont bien nettoyés entre chaque saison de traitement

- des feuilles de bananier ou des nattes de sisal ou de séko (**photo 27**), mises en place préalablement, il suffira de les rabattre. Il est important que les bords et les angles soient bien couverts.

*Photo 26: couture de sacs de plastique de récupération pour la confection de bandes de plastique (Mauritanie). Photo. Chenost.*

*Photo 27: traitement de paille à l'urée dans un silo de séko (Niger). Photo. Kayouli.*

Il est également possible de couvrir avec de la **boue mélangée à du fumier**, comme pour le badigeonnage des parois.

Une fois le silo bien rempli et bien tassé il faudra alors placer des objets lourds (briques, pierres, sacs remplis de terre, etc...) pour assurer un bon tassement.

### ***B - Fourrages en gerbes ou en balles traités en quantités importantes à l'échelle du groupement ou de la grande exploitation***

Dans le cas de pailles pressées en balles parallélépipédiques, on procédera comme pour le traitement à l'ammoniac en tas.

L'arrosage de la solution d'urée est effectué manuellement à l'arrosoir, couche par couche, (**photo 20**) après avoir déterminé le poids moyen des balles et par conséquent celui de la couche totale. Les couches sont croisées pour éviter la perte de solution.

L'arrosage peut être mécanisé grâce à l'utilisation de rampes munies de buses connectées à un camion citerne équipé d'une pompe (**photo 21**) et d'un compteur précis. C'est ce qui avait été développé en Tanzanie avec les tiges de maïs pressées pour les traitements à l'échelle de la coopérative. On était même parvenu

avec ce type de fourrage à ne plus pratiquer qu'une seule aspersion sur le sommet de la meule (constituée de 4 couches maximum dans ce cas) préalablement construite à l'avance. Les premiers essais avaient été couronnés de succès mais il serait bon de vérifier la répétabilité d'une telle opération dont la réussite dépend de la capacité du fourrage à retenir et absorber l'eau. Nous la déconseillerions avec certains fourrages à tiges rigides et lisses comme *Andropogon gayanus*.

L'herméticité est réalisée classiquement avec des films de plastique comme pour le traitement en tas à l'ammoniac. Des solutions susceptibles d'économiser le plastique sont à l'étude comme nous l'avons vu plus haut (couverture de la meule par badigeonnage de boue).

En Asie du Sud-Est (exemple du Cambodge) la paille est récoltée en petites gerbes d'environ 250 g. Les meules de gerbes sont montées par couches de 500 bottes (100 à 150 kg) en suivant la méthode traditionnelle de construction des meules (**photos 18 et 19**). Une couche de 100 kg est généralement réalisée avec 4



rangées de bottes qui se chevauchent en évitant de laisser un vide entre les bottes et en plaçant toujours la partie coupée des tiges vers l'extérieur. Cette couche est ensuite arrosée avec 50 litres de solution d'urée. Cette opération est répétée à chaque couche jusqu'à la fin de la construction de la meule. Il faudra veiller à ce qu'une telle meule ne soit pas trop étroite. Deux couches de gerbes, non traitées, sont alors placées au-dessus du stock traité. Un toit, incliné et débordant sur les côtés, est alors confectionné (**photo 28**) pour recouvrir l'ensemble.

**[Photo 28: traitement de la paille à l'urée en meules traditionnelles \(Cambodge\). Photo. Kayouli.](#)**

**[Photo 28': traitement de h paille à l'urée en meules traditionnelles \(Cambodge\). Photo. Kayouli.](#)**





---

## **Annexe 2 - Différentes modalités pratiques du traitement a l'ammoniac**

### ***A - Le traitement en tas sous film de plastique***

C'est le traitement le plus simple et le plus souple de mise en oeuvre.

Il consiste à:

**a/** construire une meule de paille sur un film de plastique étalé au sol sur une surface plane et dépourvue de cailloux, de pierres ou d'aspérités coupantes. La monter sur une hauteur (nombre de couches de balles cubiques ou nombre d'étage de balles rondes) telle qu'on puisse,

- la recouvrir d'un second film, plus large, de manière à pouvoir

- enrrouler ensemble, tout autour de la meule et sur le sol, le film du sol et le film de couverture pour réaliser une enceinte hermétique. Pour cela il convient de laisser dépasser le film du sol d'au moins 70 cm.

Un tube de métal ou de plastique PVC (d'environ 20 mm de diamètre) percé de trous (d'environ 5 mm de diamètre) espacés d'environ 50 cm est mis en place au milieu de la meule dans le sens de la longueur soit pendant la construction de cette meule s'il est souple soit en l'enfonçant après coup s'il est rigide. Ce tuyau est ensuite relié à la cuve d'ammoniac pour l'injection (**photo 2**).

**[Photo 2: traitement de paille à l'ammoniac anhydre par la technique de la meule avec une citerne de 500 kg \(Tunisie\). Photo. Chenost.](#)**

**b/** injecter l'ammoniac, à raison de 3 kg d' $\text{NH}_3$  pour 100 kg (brut) de paille,

- soit sous forme liquide, l'injection est alors rapide, en

branchant le tuyau sur la vanne inférieure (phase liquide) de la cuve. L'ammoniac s'évapore immédiatement à la pression atmosphérique normale en abaissant la température de la meule (-33°C à la sortie des trous, température d'ébullition du gaz). La réaction chimique ammoniac/paille étant exothermique la température remontera ensuite rapidement;

- soit sous forme gazeuse, l'injection est alors lente et peut durer plusieurs heures ou jours selon la quantité d'ammoniac à délivrer, en branchant le tuyau sur la vanne supérieure (phase gazeuse) de la cuve.

L'injection sous forme gazeuse étant plus lente, elle améliore sans doute l'efficacité du traitement (adsorption plus régulière de l'alcali sur les parois végétales) mais elle nécessite de laisser le réservoir d'ammoniac en place, ce qui l'immobilise pendant un certain temps. A titre indicatif 9 mn environ sont nécessaires pour traiter 1 t de paille en injectant l'ammoniac liquide et 6 heures en l'injectant sous forme gazeuse.

Dans les cas où l'approvisionnement des exploitations en ammoniac est irrégulier, il est possible d'avoir recours à des bouteilles type propane de 30 kg (**photo 3**) qui permettent ainsi d'effectuer des traitements de dépannage de l'ordre de 1000 kg de paille. Ce type de traitement est toutefois beaucoup plus onéreux.

***Photo 3: traitement de paille à l'ammoniac anhydre par la technique de la meule avec une bouteille de 30 kg (Tunisie). Photo. Chenost.***

Les citernes d'ammoniac doivent répondre à tout un ensemble de normes: résistance à la pression, bon fonctionnement des différentes vannes (de remplissage, de vidange, de sécurité,...) et des jauges et manomètres de comptage des quantités délivrées. Elles doivent être vérifiées régulièrement. Il en est, bien sûr, de même des flexibles permettant de les remplir et de les raccorder aux tuyaux placés dans les tas et de l'équipement de transport de ces cuves (camions et leurs plateaux, tracteurs et leurs remorques). Ces normes font l'objet de brochures d'utilisation réalisées par les compagnies de distribution de l'ammoniac

(Ammoniac Agricole, Norks Hydro,...).

Le personnel manipulant l'ammoniac doit être parfaitement entraîné et respecter les consignes de sécurité, en particulier être équipé de gants et de masques (**photo 4**), surtout pour le transvasement de cuve à cuve.

***Photo 4: remplissage d'une cuve de 500 kg en ammoniac anhydre depuis une cuve "mère" de 2000 kg (Tunisie). Photo. Chenost.***

Le film de plastique utilisé doit répondre à certaines normes de qualité (labellisé, non poreux) et d'épaisseur (150 microns). L'Egypte utilise des films transparents (**photo 5**), ce qui ne pose pas de problème compte tenu des températures ambiantes élevées.

***Photo 5: tas de paille de riz dans le Delta (Egypte) prêts à recevoir l'injection d'ammoniac anhydre par le camion citerne de la coopérative. Photo. Chenost.***

La taille et les dimensions des tas dépendent de la taille des balles et de la largeur des films de plastique. Ceux-ci sont généralement commercialisés par les usines en rouleaux de 50 kg en largeurs de 8, 10, 12 ou 14 m.

Elles dépendent aussi de la capacité des petites cuves (500 kg ou 1 t) faisant les aller-retours entre le centre de stockage (cuves "mères" de 2 ou 4 tonnes) et les exploitations où a lieu le traitement (distance maximum de 50 km) et du nombre de traitements qu'elles doivent effectuer au cours de chacune de leurs sorties.

### ***B - Le traitement par injection directe de balles rondes (Armako)***

Cette technique a été mise au point par les danois pour les balles rondes. Celles-ci sont essentiellement utilisées dans les pays occidentaux et aux Antilles françaises et à l'île de la Réunion. Elles sont encore presque inexistantes en zones sud et est méditerranéennes et en zone tropicale.

L'ammoniac est injecté directement dans la balle à l'aide d'une fourche frontale munie de 5 dents creuses placée à l'avant du tracteur. Ces dents sont reliées à la cuve d'ammoniac anhydre placée à l'arrière du tracteur. L'injection est rapide et s'effectue pendant la manutention des balles (**photo 6**) qui sont enfermées bout à bout dans une gaine de polyéthylène noire de diamètre approprié à l'aide d'un "conformateur", appareil permettant de dérouler la gaine autour des balles alignées en "boudins" sur l'aire de traitement. Un homme seul peut traiter 40 balles de 300 kg à l'heure. Ce chiffre est toutefois à diviser par deux si on ajoute les opérations de chargement du plastique et du gaz. La répartition de l'ammoniac dans la paille est rapide et améliorée par rapport au traitement en tas. Les quantités d'ammoniac recommandées en Europe, de 3 à 5 kg pour les traitements en tas, ont été ainsi ramenées à 2,5-3,0 kg/100 kg de paille pour les traitements "Armako". Ce procédé nécessite des quantités importantes de plastique de qualité (résistant et non poreux).

***Photo 6: traitement de balles rondes de maïs par la technique Armako: injection mécanisée de l'ammoniac simultanément à***



**leur introduction dans la gaine de plastique (France). Photo. Chenost.**

**C - Le traitement en container isolé**

Ce traitement n'est cité que pour mémoire, car il est destiné aux pays froids. Très onéreux en investissement et en coût de fonctionnement il a été abandonné en Europe au profit des traitements en tas et en boudins.

Le traitement est effectué dans une enceinte calorifugée de construction artisanale ou industrielle. L'enceinte, bien isolée thermiquement, peut être chauffée électriquement (à 85-90°C pendant 15 heures) ou non. Dans ce dernier cas (système Cordesse), c'est la chaleur de réaction (exothermique) de l'ammoniac gazeux sur la paille qui élève la température de l'enceinte. La durée de traitement est allongée à 4-5 jours.

Cette technique était surtout intéressante par la souplesse des chantiers de traitement (petits volumes, cycles courts) qu'elle offrait. Outre son coût élevé elle présentait l'inconvénient du risque

de formation, à ces hautes températures, d'imimidazole très toxique par combinaison de l'ammoniac aux glucides solubles éventuellement présents dans les fourrages à traiter (cas de foins de graminées récoltés avant maturité).

Il convient de noter que, dans tous les cas, le traitement à l'ammoniac nécessite et implique:

- une infrastructure importante qui représente un coût d'investissement élevé;
- une organisation (coopérative ou entrepreneur) efficace avec plan de tournée et préparation soignée;
- une dépendance de l'éleveur vis à vis d'une organisation extérieure.





---

## Annexe 3 - Règles d'utilisation des fourrages traites

### **A - Ouverture du silo**

*On* peut ouvrir l'enceinte et commencer à distribuer le fourrage traité aux animaux au bout de trois, même deux, semaines en zones tropicales, trois à cinq semaines en zone méditerranéenne et dans les régions tropicales d'altitude à climat plus frais.

Le paysan peut aussi différer la distribution du fourrage traité et le garder en vue d'une utilisation ultérieure. Celui-ci peut rester plusieurs mois dans l'enceinte de traitement à condition, évidemment, qu'elle soit à l'abri des intempéries et des infiltrations d'eau. Le paysan peut aussi retirer le fourrage traité de l'enceinte de traitement pour le stocker, mais après séchage, dans un endroit (grenier, case, grange) à l'abri du soleil, des intempéries et, bien sûr, à l'écart des animaux. Ce stockage permet de réutiliser

l'enceinte pour d'autres traitements, mais au prix d'un travail considérable. Il peut être préférable de préparer deux ou plusieurs enceintes.

### **Un traitement réussi présentera les caractéristiques suivantes:**

- une forte odeur ammoniacale piquante
- une couleur foncée, ocre brun à marron
- une texture souple et molle
- une absence de moisissures

### ***B - Mode d'utilisation***

#### 1) Animaux concernés:

Le fourrage traité est riche en azote non protéique qui n'est utilisable que par les microbes du rumen (chap. 1). Ces microbes n'existent que chez les **ruminants fonctionnels**, c'est-à-dire ceux qui consomment déjà des fourrages et ruminent, le fourrage traité ne doit par conséquent être distribué qu'aux animaux ruminants:

bovins et buffles (vaches, génisses, taurillons, boeufs), ovins, caprins, camelins.

Il faudra être sûr, si on veut le distribuer aux jeunes, que ces derniers ont **déjà l'habitude de consommer des fourrages et qu'ils ruminent**

## 2) Respect d'une période d'adaptation

Une période d'accoutumance de deux semaines environ est à observer afin d'adapter les microbes du rumen à l'utilisation de l'azote non protéique, et d'éviter les risques d'intoxication. Au cours de cette période, le fourrage traité est substitué progressivement au fourrage non traité pour ne plus représenter que la totalité du fourrage ou de la ration au bout des deux semaines.

## 3) Distribution et Rationnement

Après avoir extrait la ration journalière des animaux du silo, de l'enceinte ou de la meule, il est conseillé, au début de la période d'adaptation, de laisser cette dernière s'aérer à l'air libre pendant

la journée. Cela permet de:

- faciliter l'évaporation de l'ammoniac non fixée et de rendre le fourrage moins piquant pour l'animal,
- éviter d'éventuelles surcharges d'ammoniac pour l'animal dans le cas de traitements très humides. En effet, l'ammoniac étant hydrophile, il s'adsorbe d'autant plus que le fourrage est humide.

Toutefois, lorsque leurs animaux sont accoutumés, les éleveurs arrivent en général sans difficultés à distribuer directement le fourrage à sa reprise de l'enceinte sans l'aérer.

***Point important:*** ne pas s'inquiéter **si l'animal dédaigne** le fourrage traité pendant les tous premiers jours. Il faut **insister** sans se décourager, l'animal n'est pas habitué à ce type de fourrage. Lorsqu'il en sera familier, c'est le fourrage non traité qu'il dédaignera!

***En cas de difficultés manifestes*** dues à un surdosage (fourrage

trop brun, trop humide et à odeur ammoniacale trop forte) deux possibilités:

- soit mélanger moitié-moitié le fourrage traité à du fourrage non traité si le stock traité est important et qu'on ne veut pas le perdre,
- soit le jeter si le stock n'est pas trop important

#### 4) Rationnement

Suivant l'importance du stock de fourrage traité, celui-ci peut constituer,

- soit l'essentiel, voire le seul constituant, de la ration de base distribué à volonté à des animaux de trait, d'engraissement ou laitier,
- soit un complément du pâturage, distribué alors en quantité limitée, aux animaux après leur retour des parcours.

Il n'y a pas d'inconvénients à distribuer le fourrage traité sans complément. Toutefois on ne valorise pas tout le bénéfice potentiel du traitement. La complémentation minimale à assurer pour bien valoriser ce traitement est la complémentation minérale.

Si l'éleveur avait déjà l'habitude de compléter son fourrage non traité, il peut,

- soit réduire cette complémentation pour l'économiser. L'amélioration du fourrage due au traitement devrait lui permettre de maintenir les performances zootechniques de ses animaux;
- soit maintenir la complémentation (et augmenter les performances). Mais il serait plus judicieux, si celle-ci était constituée de concentrés commerciaux, de la substituer par des compléments comme des sons ou des graines ou des tourteaux de coton. En tout état de cause, il est important que cette **complémentation** soit **exempte d'urée**, forme d'azote non protéique déjà apporté à



travers le traitement à l'urée.

## 5) Précautions supplémentaires

En plus des recommandations ci-dessus il conviendra de respecter les points suivants:

- ne pas prêter de la paille traitée à un autre paysan dont l'animal pourrait ne pas être habitué à consommer du fourrage traité,
- après chaque interruption de plusieurs jours de la distribution de la paille traitée, respecter une nouvelle période d'adaptation à la reprise de la paille traitée. Il est préférable, une fois la distribution de fourrage traité démarrée, de continuer sans ces interruptions qui nuieraient à la bonne utilisation finale du stock. L'alimentation de tout ruminant doit en effet être la plus régulière possible pour être efficace.
- la solution d'urée étant très concentrée et toxique, il ne

faut jamais la présenter à un animal comme eau de boisson et ne jamais l'abandonner sans surveillance. L'excédent de solution après le traitement doit obligatoirement être jeté. Il est nécessaire de laver le matériel utilisé (récipients, seaux, jarres...) et de se rincer les mains car la solution d'urée est également toxique pour l'homme.

- éviter de traiter des fourrages humides qui peuvent entraîner des surdosages ou une mauvaise incorporation de l'urée au fourrage. En cas de nécessité, ajuster la dose d'urée en fonction du pourcentage d'eau (5% d'urée par rapport à la matière sèche).
- au moment de la dissolution de l'urée dans l'eau, celle-ci se refroidit et peut devenir très fraîche: ne jamais en profiter pour y faire rafraîchir des boissons ou autres produits consommables (fruits, etc...).



---

## **Annexe 4 - Exemples de fabrication et règles d'utilisation des blocs multinationnels**

Les blocs étant utilisés comme supplément essentiellement pendant la saison sèche, il est conseillé de commencer à les fabriquer en tout début de celle-ci. L'humidité de l'air pendant la saison humide (hivernage) est élevée, cette période n'est donc pas favorable à la fabrication des blocs multinationnels dont les composants sont hygroscopiques. Toutefois, il a été observé que l'incorporation de 20% d'argile permettait de réduire cet inconvénient. L'unité de fabrication de blocs du Cambodge a pu fonctionner de façon régulière pendant toute la saison humide de 1993 sans difficulté.

### ***I La fabrication***

Quelle que soit la formule employée, les étapes de la fabrication restent les mêmes. Ce sont, la pesée des composants, le mélange, le moulage et le séchage.

A - Exemple de formule développée au Cambodge

### **1 Formule**

<b>Ingrédients</b>	<b>(p.100 kg brut)</b>
Son de riz (de mil ou de sorgho)	35.0
Mélasse de canne	20.0
Urée engrais (46 N)	7.5
Sel	7.5
Chaux éteinte	5.0
Ciment	5.0
Argile	20.0
Quantité totale d'eau (l)	10

## **2 Equipement**

Le matériel suivant est indiqué pour la préparation de quantités de l'ordre de 100 kg: arrosoirs, seaux, fûts et demi-fûts, pelles, fourches, spatules en bois, pesons à ressort, moules en bois, dame,... Pour des petites quantités de l'ordre de 10 kg, le paysan peut utiliser un matériel plus simple, disponible localement, comme on le verra dans le cas du Niger.

## **3 Etapes de préparation du mélange (100 kg)**

La technique de préparation est la même que pour des plus petites quantités (respectant la formule ci-dessus).

**a)** 20 kg d'**argile** sèche et 5 kg de **chaux** sont laissés à tremper dans la quantité d'eau nécessaire (10 l) pendant une nuit. Si l'argile est mouillée il convient de réduire la quantité d'eau. Le mélange est réalisé dans un demi-fût.

**b)** 20 kg de **mélasse** sont versés dans un autre demi-fût; on y ajoute 7.5 kg d'**urée** que l'on mélange en malaxant soigneusement

avec une spatule en bois pendant cinq à dix minutes. Il faut éviter l'agglomération de l'urée en grumeaux qui peuvent être responsables d'intoxications. On ajoute alors le **sel** (7.5 kg). Ce dernier met plus longtemps à se mélanger à la mélasse (15 minutes environ) que l'urée. On ajoute ensuite la quantité de **ciment** nécessaire (5 kg). Ce dernier se mélange facilement.

**c)** Le mélange "mélasse-sel-urée-ciment", bien homogénéisé, est ensuite versé dans le demi-fût contenant l'argile, la chaux et l'eau. L'ensemble est soigneusement malaxé jusqu'à l'obtention d'une pâte homogène.

**d)** La quantité de **son** (35 kg) est disposée au sol (**photo 30**), sur une aire cimentée ou couverte de plastique, en tas circulaire au milieu duquel on pratique un creux dans lequel on verse progressivement le mélange © préparé plus haut. Le son est alors intimement mélangé à ce dernier à l'aide de pelles (et/ou de fourches) comme pour la préparation du mortier et du béton de maçonnerie (**photo 31**) jusqu'à l'obtention d'une pâte homogène et cohérente (boules ne se désagrègent plus quand on la presse

manuellement). En cas de désagrégation on peut alors remettre un à deux litres d'eau sur le mélange et continuer le malaxage.

***Photo 30: préparation des blocs multinationnels à base de son de riz et de mélasse (Cambodge). Photo. Kayouli.***

***Photo 31: préparation des blocs multinationnels à base de son de riz et de mélasse (Cambodge). Photo. Kayouli.***

Cette opération de malaxage peut également être réalisée à l'aide d'une bétonnière. Cependant nous avons constaté dans plusieurs essais que le mélange peut ne pas être parfaitement homogène en raison de la formation de boules ou grumeaux secs de son non humectés à l'intérieur. En outre, une partie non négligeable du mélange peut adhérer aux parois de la bétonnière sans retomber. Il est possible de remédier à ce phénomène, appelé **voûtement**, en réduisant la vitesse de rotation de la bétonnière. Nous avons observé que la durée totale (environ 45 mn) des opérations de préparation du mélange et de malaxage est pratiquement la même qu'elles soient manuelles ou mécanisées.

## **4 Moulage**

Le mélange obtenu est alors introduit dans des moules individuels. Le moule, cubique (20 x 20 x 20 cm), est constitué de quatre planches de bois (**photos 32, 33 et 34**) dans lesquelles on a pratiqué des entailles permettant de les assembler pour le moulage et de les désolidariser pour le démoulage. Le mélange pâteux est fortement tassé dans le moule à l'aide de manches en bois et de dames assez lourds (**photos 33 et 34**). Des moules plus simples comme des demi-seaux, des boîtes coupées ou tous autres récipients, disponibles localement, peuvent également être utilisés. Le démoulage est facilité en tapissant préalablement l'intérieur de ces moules avec des feuilles de plastique de récupération (sacs déchirés, etc,...) qui peuvent être utilisés plusieurs fois.

***Photo 32: préparation des blocs multinationnels en petites quantités (Cambodge). Photo. Kayouli.***

***Photo 33: préparation des blocs multinationnels en petites***



**quantités (Cambodge). Photo. Kayouli.**

**Photo 34: préparation des blocs multinationnels en petites quantités (Cambodge). Photo. Kayouli.**

### **5 Démoulage et séchage**

Les blocs sont alors démoulés et disposés sur une aire **de séchage, de préférence à l'ombre (photo 35)** car le soleil peut provoquer des fissures dans les blocs. Les blocs sont secs et prêts à la distribution au bout d'une dizaine de jours de séchage. Des blocs de 8,5 à 10 kg une fois sèches peuvent être réalisés avec ce type de moules. L'unité de production de blocs au Cambodge compte trois ouvriers et un responsable et produit 800 kg de blocs par jour (7 h de travail). Cette technique, simple, est adaptée à la fois à la fabrication artisanale par le paysan et à la production de quantités importantes de blocs destinés à la commercialisation ou à des situations d'urgence. Cependant, la formule fait intervenir plusieurs composants dont l'acquisition n'est pas toujours facile dans certaines régions où la trésorerie du

paysan ne permet pas l'achat de tous les produits.

***Photo 35: séchage, à l'ombre, des blocs multinutritionnels après démoulage (Cambodge). Photo. Kayouli.***

B - Exemple de formule développée au Niger

La technique, simple et très peu coûteuse, a été introduite en janvier 1994 et a été adoptée rapidement par plusieurs paysans du Niger. Les blocs obtenus présentent une bonne cohésion et sont suffisamment durs. Ils commencent à être commercialisés, en particulier par les femmes, sur le marché local.

### **1 Formule**

<b>Ingrédients</b>	<b>(p.100 kg brut)</b>
Son de riz	65
Urée engrais (46 N)	10
Sel	10
Ciment	15

Quantité totale d'eau (l)
---------------------------

30 à 50
---------

## ***2 Equipement***

Le matériel est simple. Les dosages s'effectuent à l'aide de récipients disponibles localement, étalonnés au préalable: calebasse, récipients en plastique, boîte vide de sucre en morceaux en carton, boîte de conserve, etc...

## ***3 Etapes de préparation du mélange (10 kg)***

La technique est la même pour des quantités plus importantes (même formule).

**a)** Le **son** (6,5 kg) est soigneusement mélangé avec le **ciment** (1.5 kg) dans un grand récipient.

**b)** Le **sel** (1 kg) est mélangé avec l'**urée** (1 kg) dans un autre récipient où ils sont mis en solution dans 4 à 5 l d'eau.

**c)** La solution d'urée et de sel est ensuite aspergée

progressivement à la main sur le mélange son-ciment qui est soigneusement malaxé manuellement.

#### **4 Moulage**

Lorsque le mélange est correctement pétri il est introduit par petites quantités successives dans le moule (boîte de conserve) et bien tassé à la main (**photos 36 et 37**).

***Photo 36: préparation de blocs multinationnels à l'échelle artisanale au Niger. Photo. Kayouli.***

***Photo 37: préparation de blocs multinationnels à l'échelle artisanale au Niger. Photo. Kayouli.***

#### **5 Démoulage et séchage**

Le mélange ainsi tassé est démoulé immédiatement puis mis à sécher à l'air libre (**photo 38**) pendant 7 à 10 jours à l'ombre jusqu'à ce que le bloc présente une dureté suffisante pour le transport et la résistance au léchage (éviter qu'il soit encore

friable, il pourrait être croqué par les animaux).

**[Photo 38: préparation de blocs multinutritionnels à l'échelle artisanale au Niger. Photo. Kayouli.](#)**

*NB dans le cas de blocs de plus grande taille (supérieurs à 3 kg) il est recommandé, pour faciliter le démoulage, de mouiller préalablement les parois du moule ou de le tapisser d'une feuille de plastique.*

**[Photo 39: boeufs au labour dans les rizières \(Madagascar\). Photo. Chenost.](#)**

Des blocs insuffisamment durcis et friables peuvent résulter,

- d'erreurs dans les doses (dont manque d'eau),
- d'une mauvaise homogénéisation du mélange,
- d'un tassement insuffisant,
- d'un liant de mauvaise qualité: ciment trop vieux, impureté de l'argile (présence de sable),

- d'une mauvaise dissolution de certains ingrédients (urée, sel, chaux,...).

Si malgré le respect de ces éléments la friabilité persistait, augmenter la quantité de liant.

Les blocs peuvent être conservés à l'abri de l'humidité plusieurs mois, voire deux ou trois ans. Nous avons remarqué que la dureté des blocs augmente avec leur durée de stockage. Leur composition chimique varie très peu.

## ***II Règles d'utilisation des blocs multinationnels (SANSOUCY; 1986)***

Les blocs constituent une **complémentation de saison sèche** qui peut même se prolonger jusqu'en début d'hivernage. La distribution de blocs en complément d'une ration de base riche en fourrages verts serait un gaspillage. Ils **peuvent être distribués aux animaux nourris à base de fourrages traités à l'ammoniac ou à l'urée. Toutefois, dans ce cas, il est conseillé de supprimer**

**ou de réduire l'urée dans les blocs à un maximum de 5% pour éviter les risques d'intoxication.** Mais l'intérêt économique est alors à considérer.

Le mode de présentation des blocs dépend du système d'alimentation. **Si les animaux pâturent dans la journée, les blocs doivent être donnés le soir après leur retour.** Dans le cas où les animaux ne sortent pas et restent entravés (cas de l'embouche, des animaux de trait,...) et alimentés à l'auge, on peut laisser les blocs à leur disposition pendant toute la journée.

Lorsque le stock de blocs multinationnels est limité, il est conseillé de les distribuer par ordre de priorité:

- aux animaux très fatigués qui ne peuvent pas suivre le troupeau,
- aux boeufs de trait qui doivent être en bon état pour le démarrage des travaux de culture,
- aux vaches laitières.

Enfin, rappelons que les blocs contiennent de l'urée qui peut être

toxique; il convient par conséquent de respecter les règles suivantes:

- 1. La distribution des blocs est réservée aux ruminants** (bovins, buffles, ovins, caprins, camélidés). Seuls les ruminants sont en effet capables d'utiliser l'urée dans les blocs, grâce aux microbes de leur rumen. Les blocs ne seront par conséquent pas distribués aux porcins et aux équins.
- 2. Les blocs sont à utiliser comme complément et non comme aliment de base.** Les blocs multinutritionnels sont des compléments "catalytiques" permettant de mieux valoriser les fourrages pauvres ingérés par les ruminants mais pas de les remplacer. Un minimum de fourrages grossiers dans le rumen est indispensable. Il est, par conséquent, exclu de donner des blocs à un animal affamé dont la panse est vide car il risque de s'intoxiquer par suite d'une consommation excessive d'urée.



3. Il convient de **respecter une période de transition** et de ne **présenter les blocs** aux animaux que **progressivement sur une à deux semaines** pour permettre aux microbes du rumen de s'adapter à ce nouveau complément contenant l'urée. On ne mettra donc les blocs à disposition des animaux que quelques heures (2 à 4 h) par jour. En cas de refus il est conseillé d'ajouter un peu de son ou un produit appétissant sur le bloc pour mieux habituer l'animal, comme le font par exemple les paysans du Cambodge. Une fois adaptés, les animaux limiteront eux-mêmes leur consommation, les blocs pourront alors être laissés en libre service.

Les **quantités ingérées** dans la majorité des contrôles effectués chez les paysans sont de l'ordre,

- pour les **bovins et les buffles** adultes, de **400 à 800 g/jour**;
- pour les **petits ruminants**, ovins et caprins, de **100 à 250 g/jour**;

- pour les **camélidés**, de **300 à 500 g/jour**.

En cas d'ingestion très faible ou exagérée, il est conseillé d'examiner la dureté des blocs. On peut la corriger en modifiant le taux de liant dans la formule: ajouter du liant pour durcir, en retirer pour amollir.

**4. La distribution des blocs doit être effectuée de façon régulière et continue** afin d'éviter les à coup d'adaptation de la flore microbienne du rumen qui est en effet de deux semaines environ à chaque reprise de la distribution.



---

## **Annexe 5 - En cas d'intoxication a l'urée**

Les **cas d'intoxication** d'animaux consécutifs à la consommation de blocs ou de fourrages traités sont **en général très rares**, voire nuls si on respecte les consignes d'utilisation. Les quelques cas auxquels nous avons assisté ont été principalement provoqués par,

- une ingestion de la solution d'urée par des animaux assoiffés,
- la consommation à volonté de paille traitée humide par des animaux non adaptés et affamés (souvent un animal du voisin qui accède à la meule ou au silo non clôturé ou ouvert),
- la consommation excessive de blocs multinationnels trop mous.

### **Les mécanismes d'intoxication (figure 8):**

Une ingestion élevée d'urée ou de toute autre forme d'azote non protéique, surtout chez un animal qui n'est pas adapté, entraîne des concentrations élevées en azote ammoniacal ( $\text{NH}_3$  dans le

liquide du rumen et, par conséquent, une intoxication par suite de l'absorption de cet ammoniac dans le sang si la concentration est trop importante. C'est ce qui se produit chez un animal non adapté ingérant une quantité élevée de paille traitée (surtout si c'est une paille contenant de l'urée résiduelle en quantité élevée, ce qui peut se produire en fond de silo).

Un animal qui boit d'un seul trait une solution d'urée préparée pour le traitement a une forte chance de mourir par intoxication; en effet:

- la concentration de l'urée dans la solution étant de 10% (5 kg d'urée dans 50 litres d'eau), l'ingestion d'un litre de cette solution par un petit ruminant entraîne une consommation de 100 g d'urée alors que les normes d'utilisation sont de l'ordre de 15 g d'urée par jour pour les ovins et les caprins adultes nourris à base de fourrages pauvres,
- cette ingestion a été brutale alors qu'elle doit être répartie sur la journée.

## **Les symptômes:**

En cas d'intoxication légère, la respiration de l'animal est difficile et haletante, des coliques et un léger ballonnement peuvent apparaître.

En cas d'intoxication aiguë, l'animal est mal à l'aise et semble abattu, sa peau et ses muscles tremblent, sa salivation est excessive, ses mouvements sont mal coordonnés. Les premiers symptômes apparaissent souvent dans les vingt minutes qui suivent l'ingestion et si les soins ne sont pas apportés immédiatement ou que l'ingestion d'urée est trop élevée, la mort peut survenir une heure à une heure trente après le début des spasmes.

## **Traitements des intoxications**

Les traitements les plus utilisés et donnant les meilleurs résultats sont les acidifiants du contenu du rumen administrés par voie orale pour diminuer le pH et freiner le passage de l'ammoniac du rumen dans le sang. Ces traitements sont efficaces s'ils sont appliqués

dès l'apparition des symptômes:

- solution de vinaigre d'alcool à 50% (moitié vinaigre commercial, moitié eau). Administration par voie buccale de préférence 3 à 4 litres pour un bovin ou un buffle et de 0.5 ai litre pour un petit ruminant.
- administration de jus de citron ou de lait caillé (celle-ci s'est montrée efficace au Niger par exemple).



---

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

Aliment	Teneur	Constituants			Valeur azotée				Valeur énergétique		
	en MS	Cendres	MAT	CB	MAD	PDIA	PDIN	PDIE	dMO	ED	UFL
	(g/kg)	(g/kg MS)			(g/kg MS)				(p.100)	(100xED)	(/kg MS)
<b>Résidus de culture</b>											
<i>Fanes de légumineuses</i>											
haricot	828	109	175	354	133	24	100	76	68	65	0.78
niébé	867	145	150	318	93	20	85	63	58	54	0.60
arachide	888	94	107	352	57	14	61	60	57	53	0.61
fane de patate douce séchée	842	113	78	224	26	9	37	61	66	63	0.72
<i>Pailles et tiges de céréales</i>											
blé	880	80	35	420	0	11	22	44	42	38	0.42
avoine	880	90	32	420	0	10	20	48	48	45	0.50
orge	880	80	38	420	3	12	24	46	44	40	0.44
riz	900	150	37	367	0	11	23	51	54	50	0.51
sorgho	896	68	34	371	0	10	22	50	47	43	0.43
maïs	870	74	48	350	8	15	30	60	57	53	0.45
millet	880	114	60	395	1	18	40	48	38	33	0.34
<b>Sous-produits agro- industriels</b>											

<b>pulpe de tomate</b>	<b>197</b>	<b>45</b>	<b>84</b>	<b>241</b>	<b>24</b>				<b>75</b>	<b>72</b>	<b>0.94</b>
<b>pulpe d'agrumes</b>		<b>52</b>	<b>72</b>	<b>109</b>	<b>43</b>				<b>85</b>	<b>82</b>	<b>1.02</b>
<b>pulpe de betterave déshydratée</b>	<b>889</b>	<b>88</b>	<b>98</b>	<b>206</b>	<b>53</b>	<b>40</b>	<b>63</b>	<b>106</b>	<b>86</b>	<b>82</b>	<b>1.01</b>
<b>mélasse de betterave</b>	<b>761</b>	<b>132</b>	<b>146</b>	<b>0</b>	<b>109</b>	<b>0</b>	<b>84</b>	<b>71</b>	<b>89</b>	<b>87</b>	<b>1.03</b>
<b>mélasse de cane</b>	<b>740</b>	<b>123</b>	<b>56</b>	<b>0</b>	<b>14</b>	<b>0</b>	<b>32</b>	<b>68</b>	<b>83</b>	<b>80</b>	<b>0.91</b>
<b>marc de raisin</b>	<b>322</b>	<b>50</b>	<b>120</b>	<b>308</b>	<b>24</b>				<b>30</b>	<b>27</b>	<b>0.33</b>
<b>grignons d'olives</b>	<b>854</b>	<b>44</b>	<b>80</b>	<b>298</b>	<b>19</b>				<b>40</b>	<b>39</b>	<b>0.49</b>
<b>coques de coton</b>	<b>891</b>	<b>37</b>	<b>56</b>	<b>580</b>	<b>3</b>	<b>8</b>	<b>30</b>	<b>43</b>	<b>41</b>	<b>36</b>	<b>0.39</b>
<b>son fin de blé</b>	<b>868</b>	<b>13</b>	<b>173</b>	<b>92</b>	<b>136</b>	<b>41</b>	<b>114</b>	<b>96</b>	<b>72</b>	<b>69</b>	<b>0.90</b>
<b>son de riz</b>	<b>886</b>	<b>123</b>	<b>124</b>	<b>129</b>	<b>71</b>	<b>33</b>	<b>73</b>	<b>70</b>	<b>67</b>	<b>65</b>	<b>0.88</b>
<b>brisures de riz</b>	<b>876</b>	<b>11</b>	<b>83</b>	<b>15</b>	<b>59</b>	<b>51</b>	<b>68</b>	<b>105</b>	<b>90</b>	<b>88</b>	<b>1.22</b>
<b>drèches de brasserie</b>	<b>205</b>	<b>50</b>	<b>300</b>	<b>150</b>	<b>239</b>	<b>156</b>	<b>223</b>	<b>189</b>	<b>64</b>	<b>66</b>	<b>0.92</b>



Aliment	Teneur en MS	Constituants			Valeur azotée				Valeur énergétique		
		Cendres	MAT	CB	MAD	PDIA	PDIN	PDIE	dMO	ED	UFL
	(g/kg)	(g/kg MS)			(g/kg MS)				(p.100)	(100xED)	(/kg MS)
graine de coton décortiquée	909	47	431	30	366	116	290	141	75	73	1.29
tourteau de coton extraction	889	64	466	127	396	170	316	213	72	72	0.92
tourteau d'arachide 48 p.100	886	64	524	74	466	133	345	192	84	88	1.14
tourteau de palmiste	900	43	206	167	165	127	164	185	80	80	1.05
tourteau de soja 48 p.100	883	73	520	70	468	198	371	254	90	91	1.17
farine de poisson 65 p.100	911	182	717	0	645	372	533	395	90	88	0.95
farine de sang	913	81	914	0	819	474	679	478	90	88	1.09
farine de viande 50 p.100, maigre	932	371	551	0	477	245	386	265	86	84	0,53
urée	980	0	2875	0	0	0	1472	0			0



---

## **Annexe 7 - Pays ayant engagé des actions sur les techniques de fabrication des blocs multinationnels et de traitement des pailles à l'urée**

Groupe Régional de travail des Pays africains francophones:

Burkina Faso

Niger

Bénin

Cameroun

République Centrafricaine

Madagascar

Mali

Ile Maurice

Sénégal

Tchad

Togo

Groupe Régional de travail des Pays africains anglophones:

Egypte

Gambie

Ghana

Kéni

Ile Maurice

Ouganda

Somalie

Soudan

Tanzanie

Zambie

Zimbabwe

Traitement des pailles

***PCT:***

- Cambodge, Chine, Iran, Laos, Madagascar, Maroc, Mauritanie, Niger, Soudan, Togo

***PNUD:***

- Bénin, Chine, Cap-Vert, Grèce, Bhoutan, Burkina Faso, Egypte, Haïti, Malawi, Mozambique, Nigeria, Pakistan, Philippines, Syrie, Tanzanie, Tunisie, Togo

***Fonds Fiduciaires:***

- Algérie, Egypte, Jordanie, Maroc, Syrie, Tunisie



## Glossaire

- **Acides aminés:** unité de base des protéines; ils contiennent au moins une fonction aminé et une fonction acide.
- **AGV; acides gras volatils:** principaux produits terminaux de la fermentation des glucides dans le rumen. Les plus importants sont les acides acétique, propionique et butyrique.
- **Alcalis, bases:** Composés chimiques, inorganique (minérale) ou organique, à pH basique. Les acides leurs sont opposés en matière de pH. La soude (NaOH) est une base inorganique forte, l'ammoniac (NH<sub>3</sub>) est une base organique faible. Leur force caractérise leur aptitude à neutraliser un milieu acide et vice-versa.
- **Anaérobie:** qui peut se développer en l'absence d'oxygène, en parlant d'un microorganisme. L'anaérobiose est le mode de vie des microorganismes anaérobies. Les microorganismes du rumen vivent en anaérobiose.
- **Angady:** nom malgache donné à une bêche très tranchante à

lame étroite, droite et longue, en forme de gouttière ouverte et à manche court, utilisée pour creuser diguettes d'irrigation, tranchées, trous...

- **Appétibilité**, acceptabilité, palatabilité, d'un aliment: ensemble des caractéristiques physiques (port de la plante, piquants,...) et chimiques (odeur, goût,...) qui agissent sur l'appétence de l'animal.

- **Appétit, appétence**: stimulation à satisfaire la faim, désir de nourriture.

- **Armako**: Firme danoise ayant mis au point un procédé de traitement de la paille par injection de l'ammoniac à l'aide d'une fourche à dents creuses reliée au réservoir d'ammoniac. La balle de paille, généralement ronde, est placée dans un boudin de plastique se déroulant grâce à un appareil appelé conformateur. Par extension, nom de la technique de traitement par ce procédé.

- **ATP; adénosine triphosphate**: molécule stockant l'énergie nécessaire au métabolisme de l'animal.

- **Azote alimentaire dégradable:** azote des constituants azotés alimentaires qui peuvent être dégradés dans le rumen (et le réseau) ou utilisés directement par la population microbienne du rumen.
  
- **Azote ammoniacal:** azote contenu dans l'ammoniac.
  
- **Azote non protéique, ANP:** azote des constituants azotés alimentaires qui n'est pas sous forme de protéines: acide aminés libres, amides,... L'urée est une source d'ANP d'origine industrielle (ANPI)
  
- **Bagasse:** résidu fibreux de l'extraction du jus de la canne à sucre par pressage.
  
- **Banco, pisé:** mélange de terre argileuse et de paille hachée utilisé (Sahel) pour la confection de briques (séchage au soleil) ou comme ciment pour les constructions traditionnelles.
  
- **Cachectique:** état d'affaiblissement et d'amaigrissement extrême du corps.

- **Ca(OH)<sub>2</sub>**: chaux éteinte, hydroxyde de calcium, (base moins forte que NaOH mais plus forte que NH<sub>3</sub>, obtenue par adjonction d'eau à la chaux vive (CaO).
- **Caillette, abomasum**: estomac vrai des ruminant.
- **Calebasse**: fruit du calebassier, rond à péricarpe très rigide servant de récipient traditionnel après extraction de la pulpe et séchage.
- **Capacité d'ingestion** (souvent appelée à tort appétit): désigne la quantité d'aliments que peut ingérer l'animal alimenté à volonté. C'est une caractéristique propre à l'animal qui dépend de l'espèce, de la race, du stade physiologique,... Elle est déterminée par la dépense énergétique, donc du niveau de production. On l'exprime en unités d'encombrement (UE) (§533).
- **Catalytique**: se dit d'un constituant, d'une substance (catalyseur), qui facilite un processus, une réaction (chimique, biochimique,...).



- **Cellulase**: voir enzyme et hydrolyse. Enzyme "coupant" la molécule de cellulose en éléments plus courts par cellulolyse.
- **CMV; composé minéral et vitaminique**: aliment complémentaire constitué principalement de minéraux, éléments majeurs et oligoéléments, et supplémenté en vitamines.
- **Conformateur**: appareil utilisé pour le traitement des pailles en balles rondes (voir Armako).
- **Dame, hie**: outil (masse à l'extrémité d'une tige rigide) à main muni de deux anses qui sert à enfoncer des pavés ou à compacter, un sol, une matière,... Utilisée, en l'occurrence, pour tasser les blocs multinutritionnels dans leurs moules.
- **Dégradabilité** (de la matière sèche, de l'azote alimentaire,...): proportion (de la matière sèche, de l'azote alimentaire,...) qui est dégradable par la population microbienne du rumen.
- **Digestibilité**: la digestibilité (apparente) de la matière sèche (d MS) ou de la matière organique (d MO) d'un aliment est la

proportion de sa matière sèche ou de sa matière organique qui disparaît dans le tube digestif.

- ***Digestibilité in situ ou in sacco***: méthode de mesure permettant d'estimer la digestibilité d'un aliment en introduisant un échantillon de cet aliment dans un sachet de nylon suspendu dans le rumen d'un animal porteur d'une fistule du rumen (§53).
  
- ***DIV; digestibilité in vitro***: méthode de mesure permettant d'estimer la digestibilité d'un aliment par action du jus de rumen sur un échantillon de cet aliment introduit dans un tube maintenu hors du rumen (bain-marié) mais dans des conditions physico-chimiques (température, pH, atmosphère anaérobie,...) voisines de celles du rumen (§53).
  
- ***Drêches de brasserie***: résidu de la fabrication de la bière; très riche en protéines et en parois digestibles.
  
- ***Encombrement (du rumen)***: pendant leur digestion dans le rumen où ils sont retenus pour être réduits en particules suffisamment fines pour pouvoir franchir l'orifice réticulo-omasal,

les fourrages exercent un effet d'encombrement. Ce dernier est mesuré par la quantité de MS présente dans le rumen.

L'encombrement d'un fourrage est d'autant plus important que sa digestion est lente (fourrage âgé, tissus lignifiés) (§132).

- **Enzyme** (ancien nom: diastase): substance organique soluble qui catalyse une réaction biochimique. Les enzymes auxquelles il est surtout fait référence ici sont les enzymes digestives (cellulase, protéases, amylases,...) qui facilitent l'hydrolyse des composés alimentaires correspondants (cellulose, protéines, amidon,...).

- **Exothermique, endothermique**: se disent de réactions chimiques ou biochimiques qui dégagent de la chaleur (exothermique) ou qui en absorbent (endothermique).

- **Fèces**: excréments solides (bouses, crottes). Elles sont formées de constituants alimentaires non digérés, de corps bactériens et de constituants endogènes (provenant de l'organisme de l'animal, comme les cellules du tube digestif qui se détachent, les sécrétions digestives,...).

- **Feuillet, abomasum:** troisième compartiment des préestomacs débouchant sur la caillette.
  
- **Grignons d'olives:** résidu de l'extraction de l'huile d'olive constitué de la pulpe et des noyaux.
  
- **Hétéropolymères:** chaînes moléculaires complexes composées de différents polymères.
  
- **Hivernage:** saison des pluies en Afrique de l'Ouest.
  
- **Hydrocarbures:** composés binaires de carbone et d'hydrogène. Le pétrole est un hydrocarbure.
  
- **Hydrolyse:** rupture d'une liaison chimique grâce à une hydrolase (enzyme) catalysant cette rupture avec fixation des éléments d'une molécule d'eau. L'uréolyse est la réaction d'hydrolyse de la molécule d'urée en présence d'eau grâce à l'action catalytique de l'uréase, enzyme uréolytique (produite par les bactéries uréolytiques).

- **Hygroscopique**: qui a tendance à absorber l'humidité.
  
- **Ingestibilité** (néologisme): quantité de fourrage ingérée qui reflète son aptitude à être ingéré quand il est distribué à volonté (§533). L'ingestibilité est une caractéristique propre au fourrage; elle est mesurée sur des animaux de même capacité d'ingestion pour pouvoir comparer les fourrages entre eux indépendamment de l'effet animal. Elle est exprimée en unité d'encombrement (UE). Elle dépend aussi de l'appétibilité du fourrage.
  
- **Labellisé (film plastique)**: de qualité (résistance, épaisseur,...) garantie par le fabricant. En l'occurrence un film plastique labellisé 150  $\mu$  m est garanti avoir une épaisseur de 150  $\mu$  m (microns).
  
- **Lignine**: molécule géante tridimensionnelle constituée de trois unités de base de nature phénolique. Elle incruste les parois épaisses des cellules végétales et empêche leur dégradation par la population microbienne du rumen et du gros intestin.
  
- **MAD; matières azotées digestibles**: quantité de matières azotées ingérées diminuée de la quantité de matières azotées

excrétées dans les fèces. La teneur en MAD d'un aliment est obtenue en multipliant la teneur en MAT par la digestibilité apparente de l'azote (§532).

- **MAT; matières azotées totales,  $N \times 6,25$** : ensemble des constituants azotés des aliments végétaux: protéines, acides aminés libres, amidés, nitrates,... Elles contiennent en moyenne 16 p.100 d'azote. Leur teneur est donc le produit de la teneur en azote de l'aliment par le facteur 6,25.

- **Métabolisme**: ensemble des transformations chimiques et biochimiques qui s'accomplissent dans l'organisme.

- **Mobilisation, stockage, réserves corporelles**: processus physiologique sous dépendance nutritionnelle et hormonale qui permet alternativement à l'animal, de puiser sur ses réserves corporelles lorsque les éléments nutritifs ingérés sont inférieurs aux besoins d'entretien et de production, et de stocker sous forme de graisses corporelles les éléments nutritifs lorsqu'ils sont en excédent.

- **MS: matière sèche (teneur en)**: constituants secs d'un aliment après séchage à l'étuve à une température altérant le moins possible ces derniers (40 à 80°C) pendant un temps suffisant (24 à 48 heures) pour atteindre un poids constant. La teneur en MS d'un fourrage est le rapport de son poids sec à son poids frais.
- **NaOH**: soude, hydroxyde de sodium, base forte.
- **NH<sub>3</sub> NH<sub>4</sub>OH**: formules chimiques respectives de l'ammoniac anhydre et de l'ammoniaque (aqueux).
- **Niébé**: mot Wolof, variété de haricot, *Vigna unguiculata*, cow pea en anglais.
- **Nomadisme**: mode de vie pastorale non sédentaire dans lequel l'élevage est la ressource principale. Les populations nomades sont itinérantes et suivent les rythmes saisonniers sans toutefois revenir forcément à leur point de départ comme dans le cas de la transhumance.
- **Oligo-éléments ou éléments-traces**: éléments minéraux qui

n'interviennent qu'à dose très faible dans le métabolisme des êtres vivants (Fe, Zn, Mn, Cu, Co, I, Mo, Se). Les éléments minéraux nécessaires en quantité plus importante sont les macro-éléments ou éléments minéraux majeurs (P, Ca, Mg, Na, K, Cl, S).

- **Orifice réticulo-omasal:** orifice qui fait communiquer le réseau (réticulum) avec le feuillet (omasum).
- **Oses (hexoses, pentoses,...):** glucides simples, à six atomes de C (carbone) pour les hexoses (eg glucose), à cinq C pour les pentoses (eg xylose).
- **Paddy, cargo (riz):** le riz paddy est non décortiqué; le riz cargo est décortiqué.
- **Parois cellulaires:** éléments constitutifs (cellulose, hémicelluloses, substances pectiques, lignine) de la membrane cellulaire d'origine végétale. Les parois sont d'autant plus lignifiées que la plante est âgée. La paille est essentiellement constituée de parois qui sont très lignifiées.



- **PCV**: polychlorure de vinyle, matière plastique utilisée pour la fabrication de bâche et films fins utilisés notamment en agriculture (chapitre 3, traitements à l'ammoniac).
- **PDI**: protéines vraies digestibles dans l'intestin (§12).
- **PDIA, by-pass N, protéines alimentaires peu dégradables**: PDI qui proviennent des protéines alimentaires non dégradées dans le rumen.
- **PDIM**: PDI qui proviennent des protéines formées par la population microbienne du rumen (et du réseau).
- **Peptide**: molécule constituée par l'assemblage d'un petit nombre de molécules d'acides aminés.
- **pH**: coefficient basé sur la concentration en ions  $H^+$  d'une solution, d'un milieu, caractérisant l'acidité ou la basicité de cette solution ou de ce milieu. Une solution est acide si son pH est inférieur à 7, basique (ou alcalin) s'il est supérieur à 7, la neutralité

correspondant à un pH = 7.

- **Phénoliques** (*substances, acides, unités,...*): comportant des noyaux benzéniques contenant un hydroxyle (liaison OH).

- **Pica (picage)**: mot surtout utilisé en élevage avicole pour désigner le comportement, dû à des carences alimentaires, qui consiste pour les oiseaux à se becqueter et à s'arracher les plumes entre eux. Utilisé par extension pour les autres élevages: léchage allant jusqu'à l'arrachement des poils.

- **Poids métabolique ( $P^{0,75}$ )**: poids vif élevé à la puissance 0,75. Traduit le fait que les dépenses d'entretien et la capacité d'ingestion varie avec la surface corporelle plutôt qu'avec le poids vif. Permet de comparer les besoins et la capacité d'ingestion d'animaux de poids différents.

- **Polymères**: chaînes moléculaires composées d'une séquence de mêmes molécules simples.

- ***Polyosides (polysaccharides en anglais)***: glucides complexes, polymères d'osés.
  
- ***Pool ammoniacal***: ammoniac disponible pour les microorganismes du rumen.
  
- ***Précurseurs (du glucose, de la synthèse microbienne,...)***: substances, molécules,..., matières premières nécessaires pour la production ou la synthèse de substances utilisées par l'animal.
  
- ***Réseau, bonnet, réticulum***: deuxième compartiment des préestomacs, beaucoup moins volumineux, s'ouvrant largement sur le rumen. C'est dans l'ensemble réticulo-rumen qu'a lieu la digestion microbienne des aliments.
  
- ***Rumen, ou panse***: premier compartiment des préestomacs des ruminants, de loin le plus important.
  
- ***Séko***: natte traditionnelle obtenue par tressage de feuilles de graminées séchées (généralement *Andropogon gayanus*). Très utilisé dans les pays du Sahel.

- **Soudure (période de):** dernière phase de la saison sèche avant la reprise des pluies pendant laquelle les ressources fourragères (et financières) de l'agro-pasteur africain sont presque ou entièrement épuisées.

- **Tanins:** polymère non pariétal constitué d'unités phénols.

- **TDN; total digestible nutrients:** système anglosaxon de quantification de la valeur énergétique des aliments. Egal à la somme, des matières azotées digestibles (MAD), de la cellulose brute digestible (CBD), de l'extractif non azoté (glucides) digestible (ENAD) et de l'extractif étheré (lipides) digestible (EED), ce dernier composant étant multiplié par le coefficient 2,25, contenus dans l'aliment.

$$\text{TDN (g/kg MS)} = \text{MAD} + \text{CBD} + \text{ENAD} + 2,25 \times \text{EED}$$

- **Tia:** récipient traditionnel en Afrique soudano-sahélienne, voir calebasse.

- **Transhumance:** déplacement saisonnier des troupeaux, en vue

de la recherche de nourriture. A ne pas confondre avec le nomadisme

- **UBT; unité de bétail tropical:** bovin standard d'un poids vif de 250 kg.

- **UF; unité fourragère:** quantité d'énergie nette (EN) contenue dans un kg d'orge de référence (870 g de MS). On distingue l'unité fourragère "lait", UFL (1 UFL = 1,70 Mcal d'ENL, énergie nette pour la production laitière), pour la production laitière, de l'unité fourragère "viande", UFV (1 UFV = 1,82 Mcal d'ENEV, énergie nette pour l'entretien et le croît), pour l'entretien et le croît, chez un animal à l'engrais à un niveau de production de 1,5 (1,5 étant le rapport du besoin total au besoin d'entretien).

- **UI; unités internationales:** doses unitaires standardisées internationalement utilisées pour les vitamines.

- **Uréase:** voir enzyme et hydrolyse. Enzyme "coupant" la molécule d'urée en ammoniac et en gaz carbonique (CO<sub>2</sub>. dioxyde de

carbone).

---



---

## Références bibliographiques

- **ABDOULI, H, KHORCHANI, T. and KRAIEM, K., 1988.** Traitement de la paille à l'urée, II. Effets sur la croissance des taurillons et sur la digestibilité. *Revue Fourrage*, 114: 167-176.
- **ALHASSAN, W.S. and ALIYU, S.U., 1991.** Studies on urea-ammonia treatment of maize straw: treatment method and potential for dry season feeding of cattle in Northern Nigeria. *Anim. Feed Sci. Technol.* 1991,33: 3-4, 289-295.
- **ALI, A. and MIRZA, I.H., 1986.** Feeding of urea-molasses blocks

«buffalo chocolates» to ruminants in the tropics Asian Livestock II: 160-164.

- **ALIBES, X., MUNOZ, F. and FACI, R., 1983.** Treated straw for animal feeding. Some results from the mediterranean area. OECD Workshop, G.R.I. Hurley, U.K. 15-17. February.
  
- **ANDREWS, R.P, ESCUDER-VOLOTE, J., CURRAN, M.K., and HOMES W., 1972.** The influence of supplements of energy and protein on the intake and performance of cattle fed on cereal straw. Anim. Prod., 15,167-176.
  
- **BA, A. A., 1993.** Etude de la variation de la composition chimique et de la dégradabilité *in sacco* des pailles de céréale cultivées en Tunisie. Leur réponse au traitement à l'urée et leur comparaison aux foins de vesce avoine. Thèse 3ème cycle. Institut National Agronomique de Tunisie. 55 pp. Mai 1993.
  
- **BALCH, C.C. and CAMPLING, R.C, 1962.** Regulation of voluntary food intake in ruminants. Nutr. Rev., 32, 669-686.

- **BARKER, I.J., YACOUT, H., CREEK, M.J., HATHOUT, M. and EL NOUBY, H., 1987.** Transfert des systèmes d'affouragement de la phase expérimentale à l'éleveur. Egypte - Alimentation bovine. Revue Mondiale de Zootechnie, 61,17-25.
  
- **BAUCHOP, T., 1979.** Rumen anaerobic fungi of cattle and sheep. Appl. Environ. Microbiol., 38: 148-158.
  
- **BEAMES, R.M., 1963.** Provision of urea to cattle in Salt/urea/molasses block. Queensland J. of Agric. Sci. 20: 213-230.
  
- **BEN SALEM, H, NEFZAOUI, A, MESSAOUDI, A. and BEN ARIF, T., (under press).** A traditional technique as an alternative to plastic sheet for covering urea-treated straw: Digestibility and growth trials. Satellite SINH, Régions Chaudes, Montpellier, France, 7-9 Septembre 1995.
  
- **BENDER, F., HEANEY D.P. and BOWDEN, A., 1970.** Potential of steamed wood as a feed for ruminants. Forest. Prod. J., 20, 36-44.



- **BESLE. J.M., SIGNORET, C, CHENOST, M., AUFRERE, J. et JAMOT J., 1989.** Prediction of ammoniated and untreated straw organic matter digestibility by densitometry Comparison with other predictors. In Chenost M. and Reiniger P., ed., "Evaluation of straw in ruminant feeding". Eisevier, London and New-York, 134-143.
  
- **BLAXTER, K.L., WAINMAN, F.W. and WILSON, R.S., 1961.** The regulation of food intake by sheep. Anim. Prod., 3, 51-61.
  
- **BORHAMI, B.E.A. and JOHNSEN, F., 1981.** Digestion and duodenal flow of ammonia-treated straw and sodium hydroxide-treated straw supplemented with urea, soybean meal or fish viscera silage. Acta Agric. Scand., 31,245-250.
  
- **BORHAMI, B.E.A. and SUNDSTOL, F., 1982.** Studies on ammonia-treated straw. I. The effects of type and level of ammonia, moisture, content and treatment time on the digestibility *in vitro* and enzyme soluble organic matter of oat straw Anim. Feed Sci. Technol, 7, 45-51.

- **BOUTONNET. J.P. et MERCIER G.**, 1994. Guide pratique pour l'étude des conditions techniques et économiques de développement du traitement des pailles. Projet GCP/INT/523/FRA, miméo., 25 pp.
  
- **BOUTONNET, J.P.**, 1994. Logique et dynamiques de l'élevage ovin, entre espace agricole et marché des produits. Réunion du réseau FAO Ovins Caprins, Thessalonique, 21-22 Juin 1994 (sous presse).
  
- **BUI VAN CHINH, LE VIET LY, NGUYEN HUU TAO, N.H. AND PHAM VAN THIN**, 1994. Ammoniated rice straw or untreated straw supplemented with a molasses-urea block for growing cattle in Vietnam. In Proceedings of a National Seminar-Workshop, on "Sustainable livestock production on local feed resources", held in Hanoi/Ho Chi Minh City, Vietnam, 22-27 November 1993. Publishing House, University of Agriculture and Forestry, Ho Chi Minh City, Vietnam, pp 67-70.
  
- **CAPPER, B.S., THOMSON, E.F. and RIHAWI, S.**, 1989.

Voluntary intake and digestibility of barley straw as influenced by variety and supplementation with either barley grain or cottonseed cake. Anim. Feed Sci. Technol., 26,1-2,105-118.

- **CHENOST, M., 1993.** Rapport de la quatrième mission effectuée à Madagascar du 24/1 au 24/2 1993. Projet FAO/TCP/MAG/005 "Le traitement des fourrages à l'urée".

- **CHENOST, M., 1995.** Rapport de la troisième mission effectuée en Mauritanie du 30/1 au 17/2 1995. Projet FAO/TCP/MAU/2353 "Le traitement des fourrages grossiers à l'urée".

- **CHENOST, M., BESLE, J.M., BOISSAU, J.M. et BONY, J., 1986.** Conservation et utilisation des spathes de maïs par les ruminants. I - Mise au point d'une technique de conservation et utilisation par les génisses (laitières et à viande) en croissance, âgées d'un an, au cours de la période hivernale. Bull. Tech. C.R.Z.V. Theix, I.N.R.A., 64, 37-45.

- **CHENOST, M. et DULPHY, J.P., 1987.** Amélioration de la valeur alimentaire (composition, digestibilité, ingestibilité) des mauvais

foins et des pailles par les différents types de traitement. In C. Demarquilly, éd.,. Les fourrages secs: récolte, traitement, utilisation. I.N.R.A., Paris, 199-230.

- **CHENOST, M. et REINIGER. P., 1989.** Ed., "Evaluation of straws in ruminant feeding". Elsevier Science Publishers L.T.D., 182 pp.
- **CHENOST, M., GAILLARD, F. et BESLE, J.M., 1991.** Les cannes de maïs dans l'alimentation des ruminants. Conservation à l'ammoniac et à l'urée et valeur alimentaire. Productions Animales, I.N.R.A., 4,169-175
- **CHENOST. M. et BESLE, J.M., 1992.** Les pailles traitées à l'ammoniac provenant de l'hydrolyse de l'urée dans l'alimentation de génisses de race laitière en croissance hivernale. Ann. Zootech, 41,153-167.
- **CHENOST, M. et BESLE, J.M., 1993.** Ammonia treatment of crop residues via ureolysis: some reflection on the success of the treatment and on the utilization of the treated material. Proceed, of

the Internat. Conf. on Increasing Livestock Production Through Utilization of Farm and Local Resources, Beijing, China, 18-22 October 1993, 153-171.

- **CHENOST, M., ROYER, V., CENTRES, J.M., GALLARD, F. et DAVIS, J., 1993.** Traitement des tiges de maïs à l'urée et utilisation pour la production laitière en région productrice de café et de banane en Tanzanie. Revue. Elev. Méd. Vêt. Pays Trop., 46, 4, 597-608.

- **CHERMITI, A. 1994.** Utilisation des pailles de céréales traitées à l'ammoniac et à l'urée par différentes espèces de ruminants dans les pays d'Afrique du Nord. Thèse d'Etat. Louvain la-Neuve-Belgique. - Mai 1994.

- **CHESSON, A, 1986.** The evaluation of dietary fibre. In Livingstone R.M., ed. "Feedingstuffs Evaluation. Modern Aspects, Problems, Future Trends. Feeds publication 1, Aberdeen, 18-25.

- **COLUCCI, P.E., FALK, D., MACLEOD, G., and GRIEVE, D.G., 1992.** In situ organic matter degradability of untreated and urea

treated varieties of spring barley and oat straws, and of untreated varieties of winter wheat straws. Anim. Feed Sci. Technol. 37: 73-84.

- **CORDESSE, R., 1982.** Amélioration de la valeur nutritive des pailles par les traitements chimiques. Thèse ENSA, Zootechnie, Montpellier.

- **CORDESSE, R., 1987.** Technologie du traitement des pailles à l'ammoniac. In C. Demarquilly, ed.,. Les fourrages secs: récolte, traitement, utilisation. I.N.R.A., Paris, 231-242.

- **COUGHLAN. M.P. and AMARAL COLLACO. M.T., 1990.** Ed., "Advances in Biological Treatment of Lignocellulosic Material". Elsevier Science Publishers L.T.D., 358 pp.

- **DALIBARD, C., 1994.** Note d'information sur les blocs multinutritionnels au Niger. FAO, Rome, 9 pp.

- **DEMARQUILLY, C. et JOURNET, M., 1967.** Valeur alimentaire des foins condensés: I - Influence de la nature du foin et de la

finesse de broyage sur la digestibilité et la quantité ingérée. Ann. Zootech., 16, 123-150.

- **DEMARQUILLY, C., CHENOST, M. et RAMIHONE, B., 1989.** Intérêt zootechnique du traitement des pailles à l'ammoniac. In Xandé A. Alexandre G., Ed., "Pâturages et alimentation des ruminants en zone tropicale humide." I.N.R.A., Paris, 441-455.
- **DEVENDRA, C., 1991.** Technologies currently used for the improvement of straw utilisation in ruminant feeding systems in Asia. In D.L. ROMNEY, E.R. ØRSKOV and M. GILL, edit., Proc. of a Workshop held at the Malaysian Agricultural Research and Development Institute, 7-11 October 1991, "Utilisation of straw in Ruminant Production Systems", 1-19.
- **DIAS-DA-SILVA, A.A., MASCARENHAS-FERREIRA, A., and GUEDES, C.V.M., 1988.** Effects of moisture level, treatment time and soya bean addition on the nutritive value of urea-treated maize stover. Animal Feed Science and Technology. 19,67-77.
- **DIAS-DA-SILVA, A.A. and GUEDES, C.V.M., 1990.** Variability in

the nutritive value of straw cultivars of wheat, rye and triticale and response to urea treatment. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 28,79-89.

- **DIAS-DA-SILVA, A.A., 1993.** Upgrading of low quality feeds by means of urinary urea. pp 43-49. In F. Sundstol and E. Owen edit. "Urine. A Wasted, Renewable Natural Resource. Proc. of a Workshop held at the Agricultural University of Norway, 17 September 1993. *Development and Environment* no 12. NORAGRIC Occasional Papers Series C.

- **DJAJANEGARA, A. and DOYLE, P.T., 1989.** Urea supplementation compared with pretreatment (2) Effects on ruminal and post ruminal digestion in sheep fed a rice straw. *Animal Feed. Sci. and Technol.*, 27: 31-47.

- **DOLBERG, F., SAADULLAH, M. and HAQUE, R., 1981 a.** Straw treatment in a village in Noakhali district, Bangladesh. In: Jackson, M.G. Dolberg F., Davis C.H., Haque M., and Saadullah M. (Eds.) *Maximum Livestock Production from minimum land. Proceedings of a seminar held from 2-5 February, 1981 in Bangladesh*, pp, 205-224.



- **DOLBERG, F., SAADULLAH M., HAQUE M. and AHMED R., 1981 b.** Storage of urea-treated straw using indigenous material. *World Anim. Rev.*, 38, 37-41.
  
- **DOLBERG, F., 1993.** Summary and recommendation of the International Conference on Increasing Livestock Production through Utilization of Local Resources, Beijing, 12-22 October 1993. *Miméo*, 7 pp.
  
- **DOLBERG, F. and FINLAYSON, P., 1995.** Treated straw for beef production in China. *World Animal Review*, 82, 14-24.
  
- **DOYLE, P.T., DEVENDRA, C. and PEARCE, G.R., 1986.** Ed. "Rice straw as a feed for ruminants". Canberra. Australia. I.D.P. 117 pp.
  
- **DULPHY, J.P., 1978.** Effet des autres constituants de la ration (glucides, matières azotées) sur la valeur alimentaire des pailles ordinaires ou traitées, in.: «Utilisation des matières premières cellulosiques en particulier la paille en alimentation animale».

C.A.A.A. 121-134,

- **DURAND, M., STEVANI, J. and KOMISARCZUK S., 1987.**

Effect of some major minerals on rumen microbial metabolism in a semi-continuous fermentor (Rusitec). Med. Fac. Landbouw. Ryksuniv. Gent. 52: 1655-1663.

- **DURAND, M., 1989.** Condition for optimizing cellulolytic activity in the rumen. In "Evaluation of straws in ruminant feeding". Ed. M. CHENOST and P. REINIGER. Elsevier Science Publishers. L.T.D., 3-18.

- **EGAN, A.R., 1965.** Nutritional status and intake regulation in sheep. IV. The influence of protein supplements upon acetate and propionate tolerance of sheep fed on low quality chaffed oaten hay. Austr. J. Agric. Res., 16, 473-48.

- **FAHMY, M. and SUNDSTØL, F., 1984.** The effect of urea protein supplementation on the *in vitro* digestibility of untreated or alkali treated barley straw. Z. Tierphysiol. Tiernahr. Futtermittel. 52: 118-124.

- **FAN, J.W., GU, C.X., TIAN, J.Z., DOLBERG, F., FINLAYSON, P.M., 1993.** Effect of ammonia treatment and level of cottonseed cake on performance, digestibility and intake of Chinese yellow cattle, In "Proceedings of the International Conference on Increasing Livestock Production through Utilization of Local Resources" Beijing. 18-22 October, 1993,271-281.
  
- **FINLAYSON, P.M., 1993.** Economic aspects of utilizing fibrous crop residues for beef production in China., In "Proceedings of the International Conference on Increasing Livestock Production through Utilization of Local Resources" Beijing. 18-22 October, 1993, 485-493.
  
- **GIHAD. EA., GAWAD. AMA., EL-NOUBY, HM., GOMAA, IA., AND MOHAMED, AH., 1989.** Digestibility and acceptability of ammoniated rice straw by sheep. Proceedings of the third Egyptian British Conference on Animals, Fish, and Poultry Production, 7-10 October 1989, Alexandria, Egypt. 1989, 231-238. volume 1. Bangor, UK; University College of North Wales.

- **GOERING, H.K. and VAN SOEST, P.J., 1970.** Forage Fiber Analyses (Apparatus, Reagents and some applications). U.S.D.A. Handbook 379, ARS, U.S.D.A. Washington DC.
  
- **GOODCHILD. A.V., TREACHER, T., RIHAWI S. and Termanini. A., 1992.** Recent work at ICARDA on the quality of feeds and supplementation strategies, 167-179. In Haddad N. and R. Tutwiler, edit. "Crop and Livestock Improvement in Mashreq Region", ICARDA, Aleppo, Syria.
  
- **GUGGOLZ, J., Mc DONALD, G.M., WALKER, H.G., GARRETT W.N. and KOHLER, G.O., 1971.** Treatment of farm wastes for livestock feed. J. Anim Sci., 33, 284 (abstract).
  
- **GUO TINGSHUANG, YANG ZHENHAI and ZHANG ZHISHAN, 1993.** New base of ruminants production in China cropping area. In "Proceedings of the International Conference on Increasing Livestock Production through Utilization of Local Resources" Beijing. 18-22 October, 1993,1-13.

- **GUPTA, B.N., CHOPRA, R.C. and KISHAN, J., 1986.** Studies on the influence of different sources of dietary nitrogen on its metabolism in crossbreed cattle. Indian J. Anim. Nutr. 3: 8-12.
  
- **HADJIPANAYIOTOU, M, SANSOUCY, R. and VERHAEGHE, L., 1989.** Urea block II. Performance of ruminant animals offered urea blocks in Syria. Document du Projet FAO/PNUD/SYR/89/003.
  
- **HADJIPANAYIOTOU M., 1992.** Urea blocks and agricultural by-products for feeding sheep in the critical rainfall zones, Mashreq region, 180-190. In "N. Haddad and R. Tutwiler, edit "Crop and Livestock Improvement in Mashreq Region", ICARDA, Aleppo, Syria.
  
- **HADJIPANAYIOTOU, M, 1993.** Voluntary intake of citrus pulp - poultry litter silage by growing female Friesian calves, Chios lambs and Damascus kids. Technical Bulletin 155, Agric. Research Institute, Nicosia, Cyprus, 3-6.
  
- **HADJIPANAYIOTOU, M., VERHAEGHE, L., LABBAN, L.M., SHURBAJI, A., KRONFOLEH, A.E.R., AL-WADI, M., AMIN, M.,**

**NAIGM, T., EL-SAID, H., ALHARESS, A.K., 1993.** Feeding ensued poultry excreta to ruminant animals in Syria. *Livest. Res. Rural Dev.*, 5, 1, 30-38.

- **HAMID, M.A., HAQUE, M. and SAADULLAH, M., 1983.** Water hyacinth as a supplement for ammoniated rice straw. In "Maximum Livestock Production from Minimum Land", pp 32, éd. C.H. Davis, T.R. Preston, Mohammel Haque and M. Saadullah. (Department of Animal Science, Bangladesh Agricultural University), Mymensingh, Bangladesh.

- **HAQUE, M. and SAADULLAH, M., 1983.** Liveweight gains and gut contents of calves fed ammonia (urea)-treated or untreated rice straw with or without water hyacinth, In "Maximum Livestock Production from Minimum Land", pp 45-46, ed. C.H. Davis, T.R. Preston, Mohammed Haque and M. Saadullah. (Department of Animal Science, Bangladesh Agricultural University, Mymensingh, Bangladesh.

- **HARRISON, D.G. and Mc ALLAN, A.B., 1980.** Factors affecting

microbial growth yields in the reticulo rumen. In, Y. Ruckebusch and P. Thivend, eds, 'Digestive physiology and metabolism in ruminants' MTP Press Limited, Falcon House, England, p. 205-226.

- **HASSEN, L., and CHENOST, M., 1992.** Tentative explanation of the high abnormal faecal nitrogen excretion with poor quality roughages treated with ammonia. *Animal Feed Sci. Technol.*, 38, 25-34.

- **HASSOUN, P. et BA, A., 1990.** Mise au point d'une technique de fabrication de blocs multinutritionnels sans mélasse. *Livestock Research for Rural Development Vol 2 (2)*.

- **HORTON, G.M.J., 1978.** The intake and digestibility of ammoniated cereal straw by cattle. *J. Anim. Sci.* 58: 471.

- **IBRAHIM, M.N.M., FERNANDO. D.N.S. and FERNANDO, S.N.F.M., 1984.** Evaluation of different methods of urea-ammonia treatment for use at village level, in DOYLE, P.T. (Ed.): *The utilization of fibrous agricultural residues as animal feeds.*

Proceedings of the third annual workshop of the AAFARR Network held at the University of Peradeniya, Sri Lanka, 17-22 April, 1983. School of Agriculture and forestry, University of Melbourne, Parkville, Victoria, pp, 131-139.

- **INRA, 1988.** L'Alimentation des Ruminants. Ed. INRA Publications. Route de Saint-Cyr, 78000-Versailles. 471 pp.

- **JACKSON, M.G., 1977.** Review article: the alkali treatments of straw. Anim. Feed Sci. and Technol., 2,105-130.

- **JACKSON, M.G., 1978.** Treating straw for animal feeding. FAO Animal Production and Health Paper. N° 10. FAO Rome.

- **JAIWAL, R.S., VERMA, M.L., and AGRAWAL, I.S., 1983.** Effect of urea and protein supplement added to untreated and ammonia-treated rice straw on digestibility, intake and growth on crossbred heifers. In "Maximum Livestock Production from Minimum Land", pp 26-31, ed. C.H. Davis, T.R. Preston, Mohammel Haque and M. Saadullah. (Department of Animal



Science, Bangladesh Agricultural University), Mymensingh, Bangladesh.

- **JOUANY, J.P., 1975.** Etude des traitements permettant d'améliorer la valeur alimentaire des fourrages pauvres (pailles). Bull. Techn. CRZV Theix, I.N.R.A., 21,5-15.
  
- **KABORE ZOUNGRANA, C-Y., 1995.** Composition chimique et valeur nutritive des herbacées et ligneux des pâturages naturels soudaniens et des sous-produits du Burkina Faso. Thèse d'état. Université de Ouagadougou, Burkina Faso, 224 pp.
  
- **KADZERE, C. and MEULEN, U., 1986.** Digestibility of barley straw, untreated or treated with urea, in sheep. Wirtschaftseigene-Futter. 1986,32: 2,131-140.
  
- **KAYOULI, C, 1979.** Amélioration de la valeur alimentaire de la paille par le traitement à la soude dans les zones méditerranéennes: Exemple Tunisie. Thesis, Institut National Agronomique de Tunisie.

- **KAYOULI, C., 1988.** Rapport de Mission. Projet TCP/NER/6758  
- Traitement à l'urée des fourrages grossiers en milieu agricole.  
Niger - Juin 1988.
  
- **KAYOULI, C, 1994a.** Rapport de mission. Projet FAO -  
PNUD/NER/89/016 Niger: Traitement à l'urée des fourrages  
grossiers.- Mai 1994.
  
- **KAYOULI, C, 1994b:** Rapport de mission, Projet TCP/CMB/2254  
(E): Plan d'urgence pour la sauvegarde du bétail au Cambodge.  
Avril 1994.
  
- **KAYOULI C., 1995.** Second Advisory Mission, FAO-  
TCP/LAO/4451 (T): Increasing utilization of locally feed resources  
for cattle and buffaloes in LAO, PDR. January, 1995.
  
- **KAYOULI, C, DEMEYER, D.I. and ACCACHA, M., 1993.**  
Evaluation of poultry Utter and olive cakes as alternative feed for  
ruminant production in Tunisia. In Proceedings of the International  
Conference on 'Increasing Livestock Production through Utilization  
of Local Resources" Beijing, China, 18-22 October, 1993, 420-

440.

- **KHAN, A.K.M. NURAZZAMAL, and DAVIS, C.H., 1981.** Effect of treating paddy straw with ammonia (generated from urea) on the performance of local and crossbred lactating cows. in JACKSON M.G., DOLBERG F., DAVIS C.H., MOZAMMEL H. and SAADULLAH M., eds: Maximum livestock production from minimum land. Proceedings of a seminar held from 2-5 February, 1981 in Bangladesh, 168-180.

- **KHAN, A.K.M. NURAZZAMAL, and DAVIS, C.H., 1982.** Effect of the level of feeding urea-treated paddy straw on the performances of growing cattle. In C.H. Davis, T.R. Preston, Mohammell Haque and M. Saadullah, ed.: "Maximum Livestock Production from Minimum Land". Department of Animal Science, Bangladesh Agricultural University, Mymensingh, Bangladesh, 143-145.

- **KIANGI, E.M.I., KATEGILE. J.A., and SUNDSTØL, F., 1981.** Different sources of ammonia for improving the nutritive value of low quality forages. Anim. Feed Sci. Technol. 6: 377-386.

- **KRONBERGER, M, 1933.** Cité par Sundstol F. et Coxworth E.M, 1984. Ammonia treatment: in Sundstol F. and Owen E., ed., "Straw and Other By-Products as Feed", Elsevier, Amsterdam. 196-247.
  
- **KUMAR, RD., NAIDU, KN., KRISHNA, N. and LAKSHMINARAYANA, M., 1991.** Effect of feeding urea treated paddy straw on the performance and nutrient digestibility in crossbred cows. Indian-Journal-of-Dairy-Science 1991,44: 2,196-199.
  
- **KUMARASUNTHARAM, V.R., JAYASURIYA, M.C.N., JOUBERT, M. and PERDOCK, H.B., 1984.** The effect of method of urea-ammonia treatment on the subsequent utilization of rice straw by draught cattle. In "The Utilization of Fibrous Agricultural Residues as Animal Feeds", pp. 124-130, editor P.T. Doyle. (School of Agriculture and Forestry, University of Melbourne, Parkville, Victoria).
  
- **KUNJU, P.J.G., 1986.** Urea molasses block: A futur animal feed

supplement. Asian Livestock II: 153-159 FAO Regional Office.  
Bangkok, Thailand.

- **LAURENT, C. et CENTRES J.M., 1990.** Elevage bovin laitier en Tanzanie. Un programme de développement pour les petits producteurs des régions Kilimandjaro et Arusha. Versailles. I.N.R.A. Département de Recherches sur les Systèmes Agraires et le Développement. 110 p. (Document de travail de l'URSAD. Versailles. Dijon. Mirecourt).

- **LENG, R.A., 1984.** The potential of solidified molasses based blocks for the correction of multi-nutritional deficiencies in buffaloes and other ruminants, fed low quality agro-industrial by-products. in: Proceedings of final research co-ordination meeting organized by the joint FAO/IAEA Division of Isotope and Radiation Applications of Atomic Energy for Food and Agricultural Development, Manila, Philippines, Jan. 30 - Feb. 3 1984, Panel Proceedings Series, fat. Atomic Energy, Vienna, 135-150.

- **LENG, R.A., 1990.** Factors affecting the utilization of poor quality forages by ruminants particularly under tropical conditions. Nutr.

Res. reviews, 3,277-303.

- **LIENARD, G. et DULPHY, J.P., 1987.** Intérêt économique du traitement des pailles. In C. Demarquilly, éd., Les fourrages secs: récolte, traitement, utilisation. I.N.R.A., Paris, 621-668.
- **MAENG, W.J., VAN NEVEL, C.J. BALDWIN, R.L., and MORRIS. J.G., 1976.** Rumen microbial growth and yields: Effect of ammo acids and protein. Journal of Dairy Science, 59: 68-79.
- **MANDELL, I.B., CHRISTISON, G.I., NICHOLSON, H.N., E.C. and COXWORTH, 1988.** Effect of variation in the water content of wheat straw before ammoniation on its nutritive value for beef cattle. Animal. Feed Sci. and Technol., 20: 111-124.
- **MAO, HM. AND FENG, YL., 1991.** Study of the improvement of nutritive value of straw with urea and calcium hydroxide. Chinese-Journal-of-Animal-Science. 1991, 27: 5, 3-6.
- **MASON, V.C., COOK, J.E., COOPER, E.M., HOADLEY, C.J. and COCKBURN J.E., 1989.** Oven and stack ammoniation of

grass hays. 11 - Voluntary intake, digestibility and faecal excretion in sheep in relation to hay composition. Anim. Feed Sci. Technol., 24,313-326.

- **MELCION, D.J. et DELORT-LAVAL, J., 1972.** Aliments complets agglomérés à base de paille et de céréales. I - Etude technologique. Ann. Zootech., 21, 535-542.

- **MICHALET-DOREAU, B. et GUEDES, C.V.M., 1989.** Influence du traitement des fourrages à l'ammoniac sur leur dégradation dans le rumen. Ann. Zootech., 38,259-268.

- **MINSON D.J., 1990.** Ed. 'Forage in Ruminant Nutrition'. Academic Press, San Diego, 483 PP

- **NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1976.** "Nutrient Requirements of Domestic Animals. N° 4. Nutrient Requirements of Beef Cattle". (National Research Council-National Academy of Sciences, Washington D.C.).

- **NYARKO-BADOHU, D.K., KAYOULI, C., BA, A.A., and GASMI,**

**A., 1993.** Valorization of cereal straws in the feeding in the North of Tunisia. In Proceeding of the International Conference in Increasing Livestock Production through Utilization of Local resources, 172-184. Beijing, China. October 18-22-1993.

- **OOSTING, S.J., 1993.** Ed "Wheat straw as ruminant feed. Effects of supplementation and ammonia treatment on voluntary intake and nutrient availability. Thesis. Wageningen, 232 PP

- **ØRSKOV, E.R., 1977.** Capacity for digestion and effect of composition of absorbed nutrients on animal metabolism. J. Anim. Sci., 46,600-608.

- **ØRSKOV, E.R. and GRUBB, D.A, 1978.** Validation of new system for protein evaluation ruminants by testing the effect of urea supplementation on intake and digestibility of straw with or without sodium hydroxide treatment. J. Agric. Sci. Cam. 91, 483-486.

- **PERDOK, H.B., THAMOTHARAM, M., BLOM J.J., VAN DEN BORN, H. and VAN VELUW, C., 1982:** Practical experiences with



urea ensued straw in Sri Lanka, in Preston, T.R., Davis, C.H., Dolberg, F., Haque, M. and Saadullah, M. (eds): Maximum livestock production from minimum land, pp 123-134. Proceedings of the third seminar held at Bangladesh Agricultural Research Institute. Joydebpur. Bangladesh, 15-17 Feb.

**- PERDOK, H.B., MUTTETTUWEGAMA, G.S., KAASSLHIETER, G.A., BOON, H.M., VAN WAGENINGEN, M.M., ARUMUGAM, V., LINDERS, M.G.FA and JAYASURIYA, M.C.N., 1984.** Production responses of lactating or growing ruminants fed urea-ammonia treated paddy straw with or without supplements. In "The Utilization of Fibrous Agricultural Residues as Animal Feeds", pp. 213-230, ed. P.T. Doyle. (School of Agriculture and Forestry, University of Melbourne, Parkville, Victoria).

**- PEYRE DE FABREGUES, B. et DALIBARD, C., 1990.** La confection et l'utilisation des meules de pailles dans la gestion des ressources fourragères au Sahel. *Revue Elev. Méd. Vêt Pays Tropicaux*, 43, 3, 409-415.

- **PRESTON T.R. 1993.** Report on the first advisory mission. FAO/TCP/URT/2255 project "Increasing livestock production by making better use of available feed resources". United Republic of Tanzania, June 1993, 20pp.
  
- **PRESTON T.R., 1995.** Tropical animal feeding. A practical manual for research workers, Second edition of FAO Animal Production and Health Paper (Sous presse).
  
- **PRESTON, T.R. and LENG, R.A., 1980.** Utilization of tropical feeds by ruminants. In Ruckebush Y. and Thivend P., eds, "Digestive Physiology and metabolism in Ruminants". M.T.P. Press Ltd., Lancaster, 640-641.
  
- **PRESTON T.R. and LENG R.A., 1984.** Supplementation of diets based on fibrous residues and by-products. In "Straw and other fibrous by-products as feed". In Sundstol F. and Owen E., Eds. Elsevier, Amsterdam. 373-413.
  
- **PROMMA, S., TUIKUMPEE, S., RATNAVANIJA, A., VIDHYAKORN, N. and FROEMERT, R. W., 1985.** The effects of

urea-treated straw on growth and milk production of crossbred Holstein Friesian dairy cattle. In "The Utilization of Fibrous Agricultural Residues as Animal Feeds", pp. 88-93, editor P.T. Doyle. International Development Program of Australian Universities and Colleges Ltd. (IDP), Canberra.

- **RAHMAN, S.M., BARSAL, C.S., AND SIDDIQUI, I.A., 1987.** Improvement in the palatability and nutritive value of wheat straw by urea treatment. Indian Journal of Animal Nutrition. 1987,4: 3,209-211.

- **RAMANA, J.V., KRISHNA, N., PARTHASARATHY, M. AND PRASAD, J.R., 1989.** Nutritive value of urea treated bajra (*Pennisetum typhoideum*) straw based rations in yearling Nellore rams. Indian-Journal-of-Animal-Nutrition. 1989, 6: 3, 265-269.

- **RAMIHONE, B., 1987.** Facteurs limitant la fermentation dans le rumen des pailles de céréales (à petits grains) traitées à l'ammoniac anhydre. Thèse de doctorat. USTL de Montpellier. 85 pp.

- **RAMIHONE, B. et CHENOST M., 1988.** Effet de la nature du complément protéique sur la digestion dans le rumen d'une paille de blé traitée ou non à l'ammoniac. *Reprod. Nutr. Develop.*, 28, (1), 91-92.
  
- **REDDY, G.V.N., REDDY, M.R. AND RAO, A.M., 1989.** Comparative efficiency of nutrient utilisation in crossbred bulls fed on stacked or ensiled urea treated paddy straw. *Indian J. Animal Nutrition.* 1989,6: 1,22-27.
  
- **REDDY, D.N., REDDY, M.R. AND ALI, M.P., 1991.** Effect of feeding urea treated paddy straw to lactating crossbred cows on nutrient utilization and quantity and quality of milk production. *Indian-Journal-of-Dairy-Science.* 1991,44: 9,539-542.
  
- **REXEN, B., 1977.** Enzyme solubility: a method for evaluating the digestibility of alkali-treated straw. *Anim. Feed Sci. Techn.*, 2,205-218.
  
- **SAADULLAH, M., HAQUE, M., and DOLBERG, F., 1981a.** Practical methods for chemical treatment of rice straw for ruminant

feeding in Bangladesh. In Kategile, J.A. SAID, A.N. Sundstol, F. (Eds.). "Utilization of low quality roughages in Africa". Proceedings of a workshop, Arusha, Tanzania, January 18-22, 1981. Agric. Development Report n° 1. Agricultural University of Norway, Aas, Norway, pp, 85-90.

- **SAADULLAH, M., HAQUE, M., and DOLBERG, F., 1981b.**  
Effectiveness of ammoniation through urea in improving the feeding value of rice straw in ruminants. Trop. Anim. Prod., 6: 30-36.

- **SAADULLAH, M., HAQUE, M., and DOLBERG, F., 1981c.**  
Treated and untreated paddy straw for growing cattle. In "Maximum Livestock Production *from* Minimum Land", pp 136-155, M.G. Jackson, F. Dolberg, C.H. Davis, Mozammel Haque and M. Saadullah. (Department of Animal Science, Bangladesh Agricultural University, Mymensingh, Bangladesh).

- **SAADULLAH, M., HAQUE, M. and DOLBERG, F., 1982:**  
Treated and untreated rice straw for growing cattle. Trop. Anim. Prod. 7: 20-25.

- **SAADULLAH, M., HAQUE, M. and DOLBERG, F., 1983.** Effect of chemical treatment of rice straw supplemented with concentrate on feed intake and weight gain in growing calves. In "The Utilization of Fibrous Agricultural Residues", pp 129-139, ed. G.R. Pearce. Australian Government Publishing Service, Canberra.
  
- **SAADULLAH M., HORSAIN B., SILVA D. and DOLBERG F., 1988** Utilisation of crop residues as feed for ruminants in small holder farming in Bangladesh, Proc VI Wrld Conf. Anim. Prod., Helsinki, Finland, 294-295.
  
- **SAHNOUNE, S., BESLE, J.M. and JOUANY, J.P., 1989.** Treatment of wheat straw by hydrolysis of urea at low level of water addition. 7th Internat. Symp. Ruminant Physiol., Japan, Asian Australian J. Anim. Sci., 2,533-534.
  
- **SAHNOUNE, S., 1990.** Le traitement des pailles à l'ammoniac produit par l'hydrolyse de l'urée. Thèse de Doctorat. Université Blaise Pascal, UER Sciences Clermont II, 117 pp.
  
- **SAHNOUNE, S., BESLE, J.M., CHENOST, M., JOUANY, J.P.**

- and COMBES D., 1991.** Treatment of straw with urea. I - Ureolysis in low water medium. *Animal Feed Sci. Technol.*, 34,75-93.
- **SAHNOUNE, S., GIRARD, L., BESLE, J.M. and CHENOST. M., 1992.** A kinetic study of ammoniation of straw either via hydrolysis or by anhydrous ammonia. *Ann. Zootech.*, 41,42.
- **SANSOUCY, R., 1986.** Manufacture of molasses-urea blocks. *World. Anim. Rev.* 57: 40-48.
- **SANSOUCY, R., 1995.** New development in the manufacture and utilization of multinutrient blocks. *World. Anim. Rev.* 82: 78-83.
- **SANSOUCY. R., AERTS, G. and PRESTON, T.R., 1988.** Molasses urea blocks as a multinutrient supplement for ruminant. *FAO, Animal Production and Health Paper n° 72*, 263-278.
- **SCHIERE, J.B. and IBRAHIM, M.N.M., 1989.** Ed., "Feeding of urea ammonia treated rice straw". A compilation of miscellaneous reports produced by the Straw'. Utilization Project (Sri-Lanka).

Pudoc, Wageningen, 125 pp.

- **SILVA, A.T., GREENHALGH, J.F.D. and ØRSKOV, E.R., 1989.** Influence of ammonia treatment and supplementation on the intake, digestibility and weight gain of sheep and cattle on barley straw diet. Anim. Prod. 48, 99-108.
  
- **SPEEDY, A. and PUGLIESE, P.L., 1992.** eds. "Legume trees and other fodder trees as protein sources for livestock". Proceedings of an FAO Expert Consultation held at the Malaysian Agricultural Research and Development Institute, Kuala Lumpur, Malaysia, 14-18 October 1991. FAO Animal Production and Health Paper n° 102. Rome, FAO, 339 pp.
  
- **STATION DE RECHERCHE ZOOTECHNIQUE DU SAHEL - NIONO - MALI., 1993.** Résultats de recherche sur l'utilisation du bloc mélasse - urée en supplémentation chez le zébu et le mouton du Sahel - Réunion du Comité Technique Régional de la Recherche Agronomique Segon (9-10-11 - Mars 1993).
  
- **STIEFEL, J., BABU, Y.K., BUTCHAIHAH, V. AND REDDY, N.G.,**



**1991.** Indo-Swiss Project, Andhra Pradesh (ISPA), Visakhapatnam 530 040, India.

- **STRAW UTILIZATION PROJECT (Sri Lanka), non publié, cité par DOYLE P.T. et al, 1986.** Rice straw as a feed for ruminant. 117 p. IDP. GPO. Box 2006 Canberra. Australia.

- **SUDANA, I.B., 1985.** Urea molasses block for growing lambs on wheat basal diet. Proceeding, 3rd A.A.A.P. Animal Sci. Congress. May, Korea.

- **SUDANA, I.B. and LENG, R.A., 1986,** Effect of supplementing a wheat straw diet with urea or a urea-molasses block and/or cotton seed meal on intake and live-weight change of lambs. Anim. Feed Sci. Technol., 16: 25-35.

- **SUNDSTØL, F., COXWORTH, E.M., MOWAT, D.M., 1978.** Improving the nutritive value of straws and other low quality roughages by treatment with ammonia. World Anim. Review., 26,13-21.

- **SUNDSTØL, F. and COXWORTH, E.M., 1984.** Ammonia treatment. In Sundstol F. and Owen E., Ed., "Straw and other by-products as feed", Elsevier, Amsterdam, 196-247.
- **SUNDSTØL, F. and OWEN, E., 1984.** Ed., "Straw and other by-products as feed", Elsevier, Amsterdam, 604 pp.
- **SURIYAJANTRATONG, W. and WILAI PON, B., 1985.** Supplementing rice straw with Verano Stylo (*Stylosanthes hamata* cv. Verano) for native cattle. In "The utilization of fibrous agricultural Residues as Animal Feeds", pp. 149-153, éd. P.T. DOYLE. (International Development Program of Australian Universities and Colleges Ltd. (IDP), Canberra).
- **THOMSON, N.S., 1983.** In 'Wood and Agricultural residues'. SOLTES E.J. Ed., Academic Press, New York, p, 101-119.
- **TIWARI, S.P., SINGH, U.B. and USHA MEHRA, R., 1990.** Urea molasses mineral blocks as feed supplement: effect on growth and nutrient utilization in buffalo calves. Anim. Feed Sci. Technol., 29: 333-341.

- **TORO, V.A. AND MAJGAONKAR, S.V., 1987.** Effect of feeding urea treated rice straw on the growth of crossbred heifers. Indian J. Animal Nutrition. 1987, 4: 1, 52-54.
  
- **TRUNG, L.T., PALO, L.P., ATEGA, T.A., BIEN, R.R., AND LAPINID, R.R., 1988.** Dose responses of goats fed urea-treated rice straw with varying supplementation rates: intake and digestibility by markers. Ruminant feeding systems utilizing fibrous agricultural residues - 1987. 1988, 245-251. Canberra, Australia; International Development Program of Australian Universities and Colleges Ltd.
  
- **TUAH, A.K., LUFADJEU, E., ØRSKOV, E.R. and BLACKETT, G.A., 1986.** Rumen degradation of straw. I. Untreated and ammonia-treated barley straw varieties. Animal Prod. 43: 261-269.
  
- **VAN SOEST, P.J. and WINE, 1967.** Use of detergent in the analysis of fibrous feed. IV - Determination of plant cell wall constituents. J. of AOAC 50,50: 1, 50-55.
  
- **VERMOREL, M., 1978.** Utilisation énergétique des produits

terminaux de la digestion. In 'Alimentation des ruminants', INRA, Versailles.

- **WAINMAN, F.W. and BLAXTER, K.L., 1972.** The effect of grinding and pelleting on the nutritive value of poor quality roughages for sheep. J. Agric. Sci., 79, 435-445.

- **WAISS, A.C. Jr., GUGGOLZ, J., KOHLER, G.O., WALKER, H.G. Jr. and GARRETT, W.N., 1972.** Improving digestibility of straws for ruminant feed by aqueous ammonia. J. Anim. Sci. 35,109-112.

- **WANAPAT, M., PRASERDSUK. S., CHANTHAI, S. and SIVAPRAPHAGON, A., 1982.** Effects on rice straw utilization of treatment with ammonia released from urea and or supplementation with cassava chips. In "The Utilization of Fibrous Agricultural Residues as Animal Feeds", pp. 95-101, ed. P.T. Doyle. (School of Agriculture and Forestry, University of Melbourne, Parkville, Victoria).

- **WANAPAT, M., SRIWATTANASOMBAT, P. and CHANTHAI,**

**S., 1984.** The utilization of diets containing untreated rice straw, urea-ammonia treated rice straw and water hyacinth, In "The Utilization of Fibrous Agricultural Residues as Animal Feeds", pp. 155-165, ed. P.T. Doyle. (School of Agriculture and Forestry, University of Melbourne, Parkville, Victoria).

- **WANAPAT, M., SRIWATTANASOMBAT, S. AND CHANTHAI, S., 1985.** The utilization of diets containing untreated rice straw, urea-ammonia treated rice straw and water hyacinth (*Eichhornia crassipes*, Man). *Tropical-Animal-Production*, 10: 1,50-57.

- **WANG, S. and FENG, Y., 1993.** Effect of the treatment with urea and calcium hydroxide on the nutritive value of straws. In *Proceeding of the Internal Conference on Increasing Livestock Production through Utilization of Local Resources*, pp, 202-209. Beijing, China. October 18-22-1993.

- **WILLIAMS, P.E.V., INNES, G.M. and BREWER, A., 1984a:** Ammonia treatment of straw via hydrolysis of urea. I. Effect of dry matter and urea concentration on the rate of hydrolysis of urea.

Anim. Feed Sci. Technol. II, 103-113.

**- WILLIAMS, P.E.V., INNES, G.M. and BREWER, A., 1984b.**

Ammonia treatment of straw via the hydrolysis of urea. II - Additions of soya bean (urease), sodium hydroxide and molasses. Effects on the digestibility of urea-treated straw. Anim. Feed Sci. Technol., 11, 115-124.

**- WINTHER, P., SKOVBOG, E.B., KRISTENSEN, V.F., WOLSTRUP, J., HOLM, E. and LUND, A., 1983.** Different methods for preservation of hay. Beret Faellesudvalget Statens Planteavl Husdrybrugsforog., 9, 1-40.

**- WONGSRIKEAO, W. and WANAPAT, M., 1985.** The effects of urea treatment of rice straw on the feed intake and liveweight gain of buffaloes. In "The Utilization of Fibrous Agricultural Residues as Animal Feeds", pp. 81-84, editor P.T. Doyle. International Development Program of Australian Universities and Colleges Ltd. (IDP), Canberra.

**- YAMEOGO-BOUGOUMA, V., CORDESSE, R., ARNAUD, A. et**

**INESTA M., 1993.** Identification de l'origine des uréases impliquées dans le traitement des pailles de blé à l'urée et caractéristiques de la flore microbienne présente. Ann. Zootech., 42, 39-47.

- **ZAMAN, M.S. AND OWEN, E., 1990.** Effect of calcium hydroxide or urea treatment of barley straw on intake and digestibility in sheep. Small-Ruminant-Research. 1990, 3: 3, 237-248.

- **ZHANG WEI XIAN and JING KAI, 1993.** Effect of different supplements on production responses and economics of Chinese yellow cattle given urea treated or untreated wheat straw *ad libitum*. In: "Proceedings of the International Conference on Increasing Livestock Production through Utilization of Local Resources", Beijing. 18-22 October, 1993, 287-296.

- **ZWAENEPOEL, P. ET LIENARD, G., 1987.** Coût du traitement de la paille à l'ammoniac. In C. Demarquilly, éd.,. Les fourrages secs: récolte, traitement, utilisation. I.N.R.A., Paris, 609-620.

Dans le contexte d'une augmentation rapide de la population

mondiale et d'un accroissement de la production de céréales, de plus en plus de fourrages grossiers seront disponibles. Toutefois, les cultures vivrières s'étendent de plus en plus sur des terres autrefois réservées à la production de fourrages, tandis que la demande en produits d'origine animale s'intensifie. Les fourrages grossiers peuvent donc jouer un rôle de plus en plus crucial dans l'alimentation des ruminants. Des systèmes bien conçus d'alimentation basée sur les fourrages grossiers permettraient de diminuer ou d'éliminer l'utilisation de céréales ou autres aliments concentrés souvent coûteux et importés. Cela favoriserait une production supplémentaire de viande, lait, traction animale et engrais et, partant, une intégration de l'agriculture et de l'élevage respectueuse de l'environnement. Ce livre offre une vue globale des connaissances accumulées au cours des 20 dernières années sur certains aspects de la nutrition des ruminants, des techniques de traitement des fourrages grossiers, de leur complémentation et de la vulgarisation de ces techniques, qui permettra aux décideurs, personnel de terrain et enseignants de prendre les décisions propres à améliorer l'utilisation des fourrages grossiers par les ruminants. Le lecteur trouvera les réponses à des questions



souvent posées telles que: Comment peut-on compléter les fourrages grossiers avec les ressources localement disponibles? Doit-on ou non traiter les fourrages grossiers dans le contexte socio-économique local? Si oui, quelle technique adopter et comment utiliser ces fourrages grossiers traités?

---

