



PAILLE DE CÉRÉALE TRAITÉE A L'AMMONIAC ANHYDRE

Définition

Coproduit de la culture des céréales à petits grains (blé, orge, avoine) constitué de la tige lignifiée rigide de la plante récoltée à maturité. Pressée en balles rondes, la paille est ensuite traitée à l'ammoniac, à raison en moyenne de 4 % du produit sec.

Ce traitement chimique à l'ammoniac anhydre (agent alcalin) permet d'améliorer la digestibilité des glucides pariétaux dont la paille est essentiellement constituée, en hydrolysant les liaisons chimiques unissant la lignine et les hémicelluloses ainsi que les liaisons existant à l'intérieur des hémicellulose, sans laisser de résidus toxiques pour la flore microbienne et l'animal hôte. L'ensemble de ces réactions se traduit par une réduction importante de la rigidité des structures végétales, une aptitude au gonflement des parois et à leur pénétration par l'eau, les électrolytes et les enzymes cellulolytiques. Outre l'ammoniac, la potasse, la chaux et la soude sont des agents alcalins agissant selon le même procédé.

Sommaire

Partie 1 - Composition chimique de la paille de céréale traitée à l'ammoniac anhydre

Partie 2 - Valeur alimentaire de la paille de céréale traitée à l'ammoniac anhydre

Partie 3 - Le traitement des pailles de céréale à l'ammoniac anhydre

Le principe du traitement à l'ammoniac

Techniques utilisées pour réaliser le traitement à l'ammoniac

Partie 4 - La paille de céréales traitée à l'ammoniac anhydre en alimentation des ruminants

Intérêt zootechnique de la paille de céréale traitée à l'ammoniac anhydre

Recommandations liées à l'utilisation de la paille de céréale traitée à l'ammoniac anhydre

Utilisation de la paille de céréale traitée à l'ammoniac anhydre par les vaches allaitantes

Exemples de rations pour vaches allaitantes

Utilisation de la paille de céréale traitée à l'ammoniac anhydre par les génisses

Exemples de rations pour génisses

Utilisation de la paille de céréale traitée à l'ammoniac anhydre par les vaches laitières

Exemples de rations pour vaches laitières

Utilisation de la paille de céréale traitée à l'ammoniac anhydre par les ovins

Exemples de rations pour brebis allaitantes

Résultats d'essais zootechniques

Les risques sanitaires liés à l'utilisation de la paille traitée à l'ammoniac

Partie 5 - Disponibilités et prix liés à l'utilisation de la paille traitée à l'ammoniac anhydre

Pour en savoir plus (références bibliographiques)

Adresses utiles et Sites Internet

1 - Composition chimique de la paille de céréale traitée à l'ammoniac anhydre

Tableau 1 : Composition chimique de la paille de céréale traitée à l'ammoniac anhydre

	Valeur moyenne	Valeurs extrêmes
Matière sèche (%)	88	85 - 90
Matières minérales (% de la MS)	7	5 - 10
Matières azotées totales (% de la MS)	n'a pas de	signification
Azote soluble (% de l'azote total)	25	20 - 30
Cellulose brute (% de la MS)	45	40 - 50
Calcium (g/kg de MS)	3	2 - 5
Phosphore (g/kg de MS)	0.8	0.2 - 1.5

- Le traitement à l'ammoniac anhydre entraîne une **diminution de la proportion de parois totales** dans la matière sèche grâce à la diminution de la teneur en hémicellulose (Waagepetersen et Vestergaard-Thomsen, 1977).

- Le traitement à l'ammoniac s'accompagne d'une **augmentation de la teneur en MAT** de 2.5 points à 6 à 9 points, selon l'efficacité du traitement (Horton, 1978 ; Soleiman *et al.*, 1979). Celle-ci est d'autant plus importante que la température, l'humidité, la dose de traitement et sa durée sont plus élevées .

Le traitement fait passer en moyenne la teneur en MAT des pailles de 20 - 40 g à 80 - 100 g par kg de MS. Dans des essais de laboratoire, Kernan *et al.* (1979) ont cependant observé que le traitement à l'ammoniac (5 %) augmente plus la teneur en MAT des pailles de blé que des pailles d'avoine et d'orge : respectivement + 81 , + 47 et + 53 g par kg de MS.

L'augmentation de teneur en MAT est d'autant plus importante que la teneur en humidité de la paille est élevée et que la paille reste plus longtemps sous atmosphère NH₃, notamment quand les températures extérieures sont faibles. Elle dépend aussi du temps écoulé après l'ouverture de la bâche puisque la teneur en MAT diminue progressivement avec le temps.

L'azote fixé par les fourrages traités à l'ammoniac peut se diviser en 3 fractions :

- une première (de 45 à 50 % de l'azote fixé) est sous forme d'ammoniac et est donc soluble dans l'eau. C'est elle qui peut être en partie perdue après ouverture de la meule.
- Une seconde (de 25 à 30 % de l'azote fixé) n'est plus sous forme d'ammoniac mais reste soluble dans l'eau ?
- Une troisième (de 30 à 35 % de l'azote fixé) n'est plus sous forme d'ammoniac mais est insoluble dans l'eau. Elle est pour partie soluble dans les détergents neutres et pour une autre partie insoluble dans ces détergents, c'est à dire très solidement fixée aux parois végétales. Elle est très vraisemblablement liée à la lignine et est responsable du changement de couleur de la paille après traitement.

L'azote soluble dans l'eau constitue une source d'azote non protéique pour les microbes du rumen et semble être aussi efficacement utilisé que l'azote uréique (Ramihone *et al.*, 1987). L'azote insoluble dans l'eau, qui est totalement inutilisable dans le cas des pailles non traitées, ne doit être que partiellement utilisable dans le cas des pailles traitées. En moyenne, 28.8 % de l'azote fixé seraient donc apparemment non utilisés et se retrouveraient dans les fèces.

- **La teneur en minéraux des pailles n'est pas modifiée par le traitement.**

2 - Valeur alimentaire de la paille de céréale traitée à l'ammoniac anhydre

Tableau 2 : Valeurs alimentaires des pailles de céréales traitées à l'ammoniac anhydre (d'après la méthode de calcul INRA 1988)

Paille de :	UFL /kg MS	UFV /kg MS	PDIA g/kg MS	PDIN g/kg MS	PDIE g/kg MS	UFc /kg MS	MADc g/kg MS
Blé	0.58	0.47	11	43	54	0.41	0
Orge	0.58	0.48	12	44	56	0.44	0

◆ Digestibilité des pailles traitées

L'augmentation de digestibilité des pailles traitées est comprise entre 10 et 15 points.

◆ Ingestibilité des pailles traitées

L'amélioration de la digestibilité entraîne également une forte augmentation des quantités de paille consommées.

L'**ingestibilité** de la paille traitée, par rapport à la paille non traitée, **augmente** ainsi **en moyenne de 15 g/kg P^{0.75}** (soit environ 40 % chez les ovins et les bovins) et atteint 1.6 à 1.7 kg de MS/100 kg de poids vif chez les bovins. On estime ainsi que la **valeur d'encombrement** d'une paille convenablement traitée **se situe entre 1.25 et 1.35 UEB/kg de MS**, valeurs s'apparentant à celles des foins moyens.

Les quantités ingérées peuvent donc augmenter de 30 à 40 % lorsque le traitement est réussi (teneur en MAT de 90 g minimum).

◆ Valeur énergétique

On estime que la **valeur énergétique est majorée de 0.05 à 0.1 UFL** lorsque la paille est distribuée à volonté et de 0.10 à 0.15 UFL/kg de MS si elle est rationnée.

◆ Valeur azotée

Lorsque le traitement en tas 5 % est correctement réalisé, **PDIN passe en moyenne de 22 à 43 et PDIE de 45 à 55 g / kg de matière sèche. L'équilibre entre PDIN et PDIE est pratiquement atteint** ; cela constitue un élément très favorable pour l'activité des micro-organismes. Mais un excès de matières azotées sous forme soluble est à craindre si la paille traitée est distribuée en complément d'un ensilage d'herbe récolté précocement ou au moment de la mise à l'herbe. Dans ces deux cas, la distribution de paille non traitée paraît préférable.

3 – Le traitement des pailles de céréale à l'ammoniac

3.1 – Le principe du traitement à l'ammoniac

Le traitement des pailles à l'ammoniac améliore leur valeur nutritive. Les modifications biochimiques survenant au cours d'une attaque alcaline des parois cellulaires fortement lignifiées des pailles peuvent se résumer ainsi :

- la libération de groupement phénoliques depuis la lignine ;
- l'hydrolyse de liaisons covalentes et hydrogènes entre lignine et hémicellulose ;
- des hydrolyses sur les molécules d'hémicellulose qui provoquent la rupture des liaisons Ca entre radicaux d'acides glucuroniques et la libération de radicaux acétyles. La rupture des liaisons Ca favorise le gonflement des parois végétales donc leur pénétration par l'eau et les enzymes. La libération des radicaux acétyles lève l'empêchement stérique qui limite l'accessibilité du substrat aux enzymes xylanastiques.

L'efficacité du traitement varie avec quatre facteurs :

- **la dose** : l'efficacité du traitement augmente jusqu'à la dose de 50 g d'ammoniac par kg de paille. Traiter à 30 g est cependant suffisant si les autres facteurs, humidité, température et durée sont respectés.
- **l'humidité de la paille** : une paille humide est mieux traitée qu'une paille sèche, mais il vaut mieux ne pas aller au-delà de 25 – 30 % d'humidité pour éviter les risques de moisissures et de condensation importante. Les pailles récoltées après la moisson et peut-être avec la rosée peuvent donner les meilleurs résultats.
- **la température** : ce facteur est très important ; la chaleur accélère la vitesse des réactions chimiques et permet de réduire les délais nécessaires pour obtenir un résultat optimal.. C'est pourquoi il faut traiter en été dès la récolte du grain terminée et sous bâche noire pour bénéficier pleinement de l'action du soleil.
- **la durée du traitement** : l'action de l'ammoniac sous bâche est assez lente. On recommande de n'ouvrir le tas qu'environ un mois après le traitement au plus tôt. Il est cependant préférable d'attendre 2 – 3 mois, voire la période d'utilisation hivernale.

En rassemblant les résultats de plusieurs travaux, on peut retenir qu'une durée de traitement de deux mois est nécessaire lorsque la température ambiante moyenne est comprise entre 0 et 10°C. En revanche, en été, lorsque la température est supérieure à 15°C, une durée de 1 mois est suffisante. Dans les deux cas, des durées de traitements plus longues sont bénéfiques.

3. 2 – Techniques utilisées pour réaliser le traitement à l'ammoniac

Le traitement à l'ammoniac peut être réalisé de différentes façons :

1 – en tas sous bâche plastique

C'est la technique la plus simple et la moins onéreuse. La paille est enfermée de façon hermétique au moyen de 2 bâches plastiques réunies entre elles par enroulement des bords libres et fixation, et l'ammoniac est introduit dans un tuyau. En général, on introduit du liquide pour accélérer la manœuvre. Il s'écoule sur la paille et ne doit pas quitter l'enceinte où est enfermée celle-ci, mais il est possible de la verser dans des bacs en plastique placés à la base du tas de paille. Si on dispose d'un réservoir d'ammoniac anhydre sur place, l'introduction de l'ammoniac sous forme gazeuse est préférable. C'est cette technique qui est la plus utilisée.

Le traitement n'est réussi que sous certaines conditions :

- traitement en été, lorsqu'il fait chaud : laisser la meule fermée après traitement le plus longtemps possible (1 mois au minimum) ;
- utilisation d'une bâche noire de bonne qualité, étanche, de 150 microns ;
- constitution d'une enceinte parfaitement étanche : la bâche au sol et celle de couverture doivent être roulées ensemble sur au moins 70 cm tout autour et le bourrelet ainsi formé recouvert de terre ou de sacs de sable ;
- mise en place d'un tuyau rigide percé de trous sur toute la longueur interne dans sa partie supérieure. Il doit avoir son extrémité conique (ne pas utiliser de drain) ;
- injection aussi lente que possible, l'idéal étant une injection de gaz en 24 – 48 heures, et non de liquide, ce qui suppose une cuve de stockage (qui peut être achetée en commun). Il faut mieux traiter à 50 kg d'ammoniac par tonne de produit, qu'à 30 kg. Dans la pratique, on pourra cependant se contenter d'une injection relativement rapide de liquide si on compense par une durée longue de stockage sous bâche ;
- choix d'une paille pas complètement sèche (20 % d'humidité) : dans ce cas, il ne faut pas attendre pour traiter à cause des moisissures.

2 – en container isolé

Le traitement est effectué dans une enceinte calorifugée de construction artisanale ou industrielle (tunnels FMA ou SFS). Le container isolé peut être chauffé ou non électriquement. C'est le cas des tunnels (chauffage à 90°C) dans lesquels le cycle de traitement ne dure que 24 heures. Si le container n'est pas chauffé, il est souhaitable d'y introduire l'ammoniac sous forme gazeuse afin de bénéficier de la chaleur de réaction de l'ammoniac sur la paille exothermique en la conservant dans le container. Dans ce type de matériel, qu'il faut bien exposer au soleil (système Cordesse), le cycle de traitement dure 4 – 5 jours.

3 - par injection, système "Fourche Armako"

L'ammoniac est injecté directement dans la paille, généralement pressée en balles rondes, à l'aide d'un système de fourches à 3 ou 5 dents creuses placé à l'avant du tracteur reliées à la cuve d'ammoniac anhydre qui est placée à l'arrière du tracteur. L'injection est rapide ; l'ammoniac atteint le cœur de la masse de paille. Les balles sont ensuite introduites dans une gaine de plastique, d'un diamètre approprié, à l'aide d'un "conformateur", appareil permettant de dérouler la gaine autour des balles alignées en "boudin" au champ.

Le contact ammoniac - paille étant immédiat et réparti dans toute la masse de la paille, on peut réduire les quantités d'ammoniac utilisées de 5 kg (pour le traitement en tas) à 3 kg par 100 kg de paille sans affecter l'augmentation de la digestibilité de la paille ainsi traitée. Toutefois, les quantités d'ammoniac fixées et donc la valeur azotée du fourrage traité seraient légèrement inférieures.

Dans tous les cas, l'ammoniac est un gaz dangereux et toxique qui ne doit être manipulé que dans des conditions précises et particulières dans des réservoirs et des tuyaux flexibles éprouvés à la pression.

4 - La paille de céréale traitée à l'ammoniac anhydre en alimentation des ruminants

Intérêt zooteknique de la paille de céréale traitée à l'ammoniac anhydre



Pour les bovins et ovins :

Intéressant pour les animaux à faibles besoins



Pour les caprins et équins :

Pas de références

4.1. - Recommandations liées à l'utilisation de la paille de céréale traitée à l'ammoniac anhydre

• **Le traitement par l'ammoniac ne modifie absolument pas la composition minérale de la paille qui reste un aliment extrêmement carencé**, tout particulièrement en soufre et vitamines. Du fait de l'augmentation notable des quantités consommées et de la diminution corrélative du concentré, il est même recommandé d'ajouter au complément minéral une petite quantité de soufre (pour atteindre environ 1 g/kg de Ms ingérée) pour favoriser le développement de la population microbienne ; cela peut se faire pour moitié sous forme de soufre élémentaire ou fleur de soufre et pour moitié sous forme de sulfate de sodium (attention, ce produit est laxatif et l'apport doit être limité à 25 g/jour pour un bovin de 600 kg).

Tableau 3 : Niveau de distribution recommandé, en kg de produit brut par jour

Vaches laitières	4 - 5
Génisses	3 - 4
Vaches allaitantes	5 - 10
Brebis	1 - 1.5
Chevaux	6 - 8

4.2. - Utilisation de la paille de céréales traitée à l'ammoniac anhydre par les vaches allaitantes

Exemples de rations pour vaches allaitantes de format moyen (600 - 650 kg après vêlage), rentrées en bon état, vêlant moins de 2 mois avant la mise à l'herbe.

Données exprimées en kg de produit brut avec des pailles contenant 100 g de MAT / kg de MS, 0.57 UFL/kg MS, 47 et 50 g/kg MS de PDIN et PDI E

	Paille + Bon foin		Paille + Concentré	
	Avant vêlage	Après vêlage	Avant vêlage	Après vêlage
Paille traitée à l'ammoniac	5	6	10	12
Foin de pré	5	6	-	-
Complément azoté à 47 % MAT	0.2	0.6	0.5	1
Aliment minéral type 15 - 15 P - Ca	0.15	0.15	0.2	0.2

Les niveaux d'ingestion très élevés de paille qui ont été constatés permettent de diminuer considérablement la quantité de concentré, de 2.1 kg durant la fin de gestation et de 2.7 kg en lactation par rapport à la paille non traitée.

4.3. - Utilisation de la paille de céréales traitée à l'ammoniac anhydre par les génisses

C'est le type d'animal susceptible de valoriser dans les meilleures conditions la paille traitée. La conjugaison des augmentations de valeur énergétique et de quantités consommées permet de réduire notablement la distribution de concentré ; pour un même niveau de performances, l'économie est de 1.2 kg/jour pour les génisses de 1 an et de 1.4 kg pour celles de 2 ans.

Exemples de rations pour génisses

Données exprimées en kg de produit brut

	1 an, 300 kg GMQ : 500 g		2 ans, 450 kg GMQ : 300 g	
	Paille + Concentré	Paille + Bon foin	Paille + Concentré	Paille + Bon foin
Paille traitée	5	2.5	7	3
Foin de pré	-	3	-	4
Orge	1.5	1	1.6	1.5
Complément azoté à 47 % de MAT	0.3	0.3	0.2	-
Aliment minéral type 15 - 15 P - Ca	0.06	0.03	0.08	0.05

Il faut noter qu'une moindre distribution de céréales et tourteau appauvrit la ration en phosphore ; par rapport aux rations à base de paille ordinaire qui nécessitent un aliment minéral plus riche en calcium qu'en phosphore, celles à base de paille traitée font appel à un aliment minéral dont le rapport phospho-calcique est équilibré.

Par mesure de prudence, une faible quantité de tourteau accompagne les rations à base de paille traitée pour assurer un apport minimal de protéines d'origine alimentaire ; seules les génisses de 2 ans recevant la paille et le foin en sont dispensées car dans ce cas, les besoins azotés sont faibles et le foin seul peut les couvrir.

4.4. - Utilisation de la paille de céréales traitée à l'ammoniac anhydre par les vaches laitières

La paille traitée peut devenir un fourrage à part entière si elle est associée à un autre aliment riche en énergie comme les pulpes de betterave surpressées par exemple. Cependant, la part d'aliment concentré reste importante si la ration de base ne comporte rien d'autre.

Les deux exemples ci-après assurent une production laitière de 12 kg (vaches de 600 kg de poids vif).

Exemples de rations pour vaches laitières

Données exprimées en kg de produit brut

	Paille seule	Paille + Pulpes surpressées
Paille traitée à l'ammoniac	11	7
Pulpes surpressées à 20 % MS	-	25
Orge	3.8	1.0 ou 1.4
Tourteau de soja 50	1	0.8 ou 0.4
Urée	-	0 ou 0.1
Carbonate de calcium	0.03	-
Aliment minéral		
<i>Type</i>	8 - 16	18 - 10
<i>Quantité</i>	0.25	0.15

4.5. - Utilisation de la paille de céréales traitée à l'ammoniac anhydre par les ovins

Exemples de rations pour brebis allaitantes dont le poids moyen à la lutte est de 60 kg

Données exprimées en kg de produit brut

	Entretien	Fin de gestation (8 semaines)	Début lactation (6 semaines)
Paille traitée à l'ammoniac	1.4	1	1.2
Orge	0.1	0.4	0.75
Complément azoté à 47 % de MAT	-	0.1	0.25
Aliment minéral			
<i>Type P - Ca</i>	18 - 10	5 - 20	5 - 20
<i>Quantités</i>	0.01	0.04	0.04

4.6. - Résultats d'essais zootechniques

Le traitement à l'ammoniac des pailles améliore les performances animales.

Si nous nous limitons aux animaux en croissance qui sont, avec les femelles allaitantes, les utilisateurs privilégiés des pailles traitées, l'augmentation des gains de poids journaliers est de l'ordre de 200 à 300 g/jour à même niveau de complémentation qu'avec les pailles non traitées.

Plusieurs essais menés en France (Dulphy et Bony, 1983 ; Dulphy *et al.*, 1984 ; Chenost, 1989) montrent qu'il est aussi possible d'obtenir les mêmes performances de croissance des génisses de 2 ans avec la paille traitée qu'avec la paille non traitée, mais en diminuant la complémentation avec la paille traitée : suppression de 2.1 kg de MS de regain ou réduction de 1.5 ou 1.75 kg de pulpe de betterave déshydratée distribuée en complément.

Dans ces essais, l'augmentation de la valeur énergétique, entraînée par le traitement et calculée à partir des performances des animaux, est cependant nettement inférieure (en moyenne + 0.02 UFL/kg MS dans 5 essais) à celle estimée à partir des mesures de digestibilité sur moutons (+ 0.15 UFL en moyenne), quand les génisses reçoivent la paille traitée à volonté et la même complémentation qu'avec la paille non traitée.

L'amélioration des performances semble donc résulter surtout de l'augmentation des quantités de paille traitée ingérées. En revanche, quand les pailles traitées sont offertes en quantité limitée, égale à celle ingérée sous forme de paille non traitée, leur valeur énergétique augmente : en moyenne dans 2 essais + 0.12 contre + 0.15 UFL (essais moutons).

Enfin, quand les pailles traitées offertes à volonté sont distribuées avec moins d'aliments concentrés que les pailles témoin non traitées et que le complément énergétique et azoté offert, en plus des pailles, à des génisses de 500 kg, est constitué d'un peu d'ensilage d'herbe de bonne qualité (1.5 à 2 kg de MS) plus éventuellement 1 à 2 kg de MS de pulpe de betterave déshydratée suivant le niveau de croissance hivernale recherché, l'augmentation de valeur énergétique devient voisine de celle estimée à partir des mesures de digestibilité : en moyenne 0.18 contre 0.20 UFL/kg MS dans 8 comparaisons.

La plupart des résultats d'essais indique une même tendance : l'amélioration due au traitement est d'autant plus nette que la paille constitue l'essentiel de la ration et que le concentré classique, s'il n'est pas accompagné de fourrages digestibles favorisant la cellulolyse, ne représente pas plus de 30 % de la MS totale consommée.

Tableau 4 : Principaux résultats des essais menés par le Laboratoire des Aliments de l'INRA sur l'utilisation des pailles traitées aux alcalis par des génisses laitières de 2 ans.

Références Régimes	% Paille dans ration	Ingestion Paille non traitée (kg MS/j)	Ingestion Paille NH3 (kg MS/j)	GMO (g/j) Paille non traitée	GMO (g/j) Paille NH3
Dulphy <i>et al.</i>, 1984					
- Paille de blé non traitée + ensil + pulpes	51	3.9 (1.73)	-	316	-
- Paille de blé NH3 3 % tas + ensilage	73	-	5.64 (0)	-	522
- Paille de blé NH3 5 % tas + ensilage	77	-	6.66 (0)	-	453
- Paille de blé NH3 3.5 % four + ensilage	75	-	6.14 (0)	-	302
- Paille de blé non traitée + pulpes	62	4.54 (2.8)	-	153	-
- Paille de blé NH3 5 % tas + pulpes	70	-	6.37 (2.8)	-	400
- Paille de blé NH3 5 % tas + pulpes	87	-	7.09 (1.0)	-	188
Chenost, 1989					
- Paille de blé non traitée + ens + pulpes	41	2.81 (2.6)	-	218	-
- Paille de blé NH3 5 % tas + ens + pulpes	47	-	3.59 (2.6)	-	540
- Paille de blé NH3 5 % tas + ensilage	77	-	5.10 (0)	-	26
- Paille blé NH3 3.5 % four + ens + pulpes	53	-	4.69 (2.6)	-	441
- Paille de blé NH3 3.5 % four + ensilage	78	-	5.25 (0)	-	3
Chenost, 1989					
- Paille de blé non traitée + ensil + pulpes	51	3.83 (2.6)	-	271	-
- Paille de blé NH3 5 % tas + ens + pulpes	56	-	4.85 (2.2)	-	533
- Paille de blé NH3 5 % tas + ens + pulpes	70	-	5.54 (0.9)	-	326
- Paille de blé non traitée	48	4.40 (2.6)	-	65	-
- Paille blé NH3 5 % four + ens + pulpes + tourteau tanné	61	-	4.60 (2.0)	-	573
- Paille blé NH3 5 % four + ens + pulpes + tourteau tanné	68	-	5.58 (1.1)	-	448

Des observations réalisées en exploitations, dans les conditions de la pratique courante des éleveurs (Grenet *et al.*, 1985), confirment bien les résultats expérimentaux (se reporter au tableau 5) : des niveaux d'ingestion de paille traitée de l'ordre de 1.45 kg de MS par 100 kg de poids vif ont été enregistrés aussi bien chez les génisses de 1 à 2 ans que chez les vaches allaitantes, ce qui correspond à une valeur d'encombrement d'environ 1.30 UEB/kg de MS. Avec moins de 2 kg de concentré par jour, les génisses ont gagné près de 400 g/jour, ce qui permet d'attribuer de manière indirecte à la paille une valeur énergétique de 0.58 UFL par kg de MS.

Tableau 5 : Principaux résultats de l'enquête ITEB en zone Charolaise (Grenet *et al.*, 1985).

	Nbre d'ex ploitations	Nbre d' animaux	Poids vif début hiver	Paille ingérée *	Concentré ingéré *	% paille dans ration	GMO (g/j)
Génisses	12						
- 1 an		96	290 kg	4.2	1.8	70.3	397
- 2 ans		113	422 kg	6.3	1.6	79.4	412
Vaches allaitantes	6	66	696 kg	11.1	1.6	87.3	- 0.263 acceptable

* : données exprimées en kg brut / jour

4.7. - Les risques sanitaires liés à l'utilisation de la paille de céréale traitée à l'ammoniac anhydre

Risque d'intoxication ammoniacale

Le risque principal du traitement à l'ammoniac est l'intoxication ammoniacale due à l'ingestion d'une paille trop enrichie en azote (surdosage lors du traitement et fixation en excès sur une paille un peu humide). Il faut se méfier également de la paille des fonds de meule qui a recueilli l'eau de condensation : elle est souvent très humide et présente une teneur en azote parfois double de la normale.

La prévention de tout risque passe par :

- des changements de régimes avec une transition de 10 à 15 jours, le respect de la complémentation en énergie, qui permet d'optimiser la synthèse microbienne ;
- enfin, une politique cohérente de déparasitage assurant l'intégrité de la fonction hépatique.

Toxicité des pesticides et utilisation des pailles

La culture rationnelle des céréales nécessite l'emploi d'insecticides, d'herbicides et de fongicides ; ces produits sont plus ou moins fortement toxiques pour le bétail.

Un délai entre le traitement et l'utilisation de la paille par les animaux doit être respecté. Les temps de rémanence sont très variables d'un type de produit à l'autre (2 - 3 semaines à plusieurs mois pour les insecticides et herbicides, 3 à 5 semaines pour les fongicides chimiques), mais aussi en fonction du sol, des conditions climatiques, etc...

Rares sont les toxicités révélées liées à l'utilisation de la paille de céréales. En général, le délai de latence entre le traitement et la distribution est largement respecté et les doses trouvées sont infinitésimales. A ce sujet, il convient de signaler que le dosage des pesticides sur paille est souvent erroné du fait de l'absorption de ces molécules sur les fibres. S'il y a doute, ou si des problèmes de toxicité semblent apparaître, il est recommandé de contacter les Services Techniques du fabricant.

Les délais doivent être d'autant plus respectés que la paille est distribuée à des vaches laitières. En effet, les produits de traitement pour la plupart sont liposolubles et se retrouvent dans le lait. Dans le cas de concentrations élevées, il faut faire rechercher le (les) produit(s) concerné(s) dans le lait en utilisant la méthode de recherche du (des) produit(s) proposée par le fabricant.

Sauf cas exceptionnels, les délais de latence proposés sont suffisants pour éviter des intoxications alimentaires avec de la paille provenant de culture ayant reçu des pesticides dans des conditions de bonne pratique agricole (respect des doses recommandées...).

5 – Aspects économiques

Seuil d'intérêt de la paille traitée

Le prix d'intérêt du produit est le prix maximal que peut atteindre ce même produit pour rester compétitif vis-à-vis des produits qui pourraient lui être substitués.

Le calcul du prix d'intérêt de la paille traitée n'est pas possible précisément. Il peut simplement être fait provisoirement avec les hypothèses choisies pour l'exemple proposé ci-après, pour des génisses de 300 kg de poids vif ayant un GMQ de 400 g.

RATION 1	6 kg de foin 300 g de céréales	Coût de la ration : 0.787 euros
RATION 2	5 kg de paille traitée 1.4 kg de céréales 0.2 kg de tourteau	Coût de la ration : 0.305 + 5 P (avec P = Prix de la paille traitée)

Les hypothèses de prix suivantes ont été retenues :

Foin : 0.122 euro / kg

Céréales : 0.183 euro / kg

Tourteau : 0.244 euro / kg

Le prix maximal de la paille traitée, comparativement à la ration à base de foin, est :
 $P = (0.787 - 0.305) / 5 = 0.096$ euro / kg

Cela signifie donc qu'au niveau de la ration et pour l'hypothèse retenue (foin à 0.122 euro/kg), le coût total de la paille traitée ne doit pas dépasser 96 euros/Tonne.

Pour en savoir plus

Publication du Comité National des Coproduits

- **Chenost M., Grenet N., Morel d'Arleux F., Zwaenepoel, 1991.** Synthèse sur : Les pailles de céréales. Comité des sous-produits – RNED Bovins, Juillet : 49 pages.

Autres Références bibliographiques

- **Abidin Z., Kempton T.J., 1981.** Effects of treatment of barley straw with anhydrous ammonia and supplementation with heat-treated protein meals on feed intake and live weight performance of growing lambs. *Animal Feed Science and Technology*, 6 : 145 – 155.

- **Blein R., 1981.** Valorisation des pailles : Traitement à l'ammoniac. Etude bibliographique. CR ITEB n° 82016 : 17 pages.

- **Chenost M., 1989.** Intérêt comparé du traitement à l'ammoniac et d'une complémentation appropriée de pailles de blé (niveau et nature des compléments énergétique et azoté) pour l'alimentation de génisses de race laitière de 2 ans en croissance hivernale modérée. *Annales de Zootechnie*, 38 : 29 – 47.

- **Chenost M., Dulphy J.P., 1987.** Amélioration de la valeur alimentaire (composition, digestibilité, ingestibilité) des mauvais foin et des pailles par les différents types de traitements. In C. Demarquilly Ed., " Les fourrages secs : récolte, traitement, utilisation", INRA Paris : 199 – 230.

- **Chenost M., Grenet N., Hoden A., 1987.** Utilisation des pailles par les bovins en croissance. "Les fourrages secs : récolte, traitement, utilisation". C. Demarquilly Ed. INRA, Paris : 183 – 198.

- **Cordesse R., 1982.** Amélioration de la valeur nutritive des pailles par les traitements chimiques. Revue bibliographique. Traitement de la paille de blé dur avec l'ammoniac anhydre. Thèse de Docteur-Ingénieur ENSA de Montpellier : 94 pages.

- **Cordesse R., Gaubert J.L., 1984.** Performances de brebis alimentées pendant 3 cycles d'élevage avec de la paille traitée à l'ammoniac. Bulletin technique de l'élevage ovin, n°5.

- **Coombe J.B., Dinius D.A., Wheeler W.E., 1979.** Effect of alkali treatment on intake and digestion of barley straw with beef steers. *Journal of Animal Science*, 49 : 169 – 176.

- **Dulphy J.P., 1979.** Valeur alimentaire des pailles traitées ou non. Bulletin Technique Inf. n° 341 – 342 : 319 – 335.

- **Dulphy J.P., Boisseau J.M., Leblanc F., 1984.** Influence du traitement à l'ammoniac sur la valeur alimentaire de pailles distribuées à des génisses. I - Résultats d'essais. Bull. Tech. CRZV Theix, INRA, 55 : 25 - 32.
- **Dulphy J.P., Bony J., 1983.** Influence de la nature de l'aliment complémentaire sur les performances des génisses recevant de la paille. Bull. Tech. CRZV Theix - INRA, 52 : 37 - 41.
- **Grenet N., Chevalier C., Roudier J., Langlois J.P., Paye M., Binet J.P., Gautier M., Pierrart M., Latron J.P., 1985.** Pailles traitées à l'ammoniac. Valorisation par des génisses et des vaches allaitantes. CR ITEB n° 85031 : 28 pages.
- **Hoden A., 1979.** Modalités de complémentation en azote et en minéraux des régimes à base de pailles ou de fourrages pauvres. Bulletin Technique Inf., n° 341 - 342 : 351 - 359.
- **Holzer Z., Levy D., Folmann Y., 1980.** The incorporation of alkali treated straw in fattening rations for male cattle. Animal Production, 31 : 237 - 242.
- **Kernan J.A., Crowle W.L., Spurr D.T., Coxworth E.C., 1979.** Straw quality of cereal cultivars before and after treatment with anhydrous ammonia. Canadian Journal of Animal Science, 59 : 511 - 517.
- **Lawlor M.J., O'Shea J., 1979.** The effect of ammoniation on the intake and nutritive value of straw. Animal Feed Science Technology, 4 : 169 - 175.
- **Lenglet B., 1992.** Ammoniac et nutrition animale. L'exemple français de la pulpe surpressée de betterave et de la paille et fourrages pauvres. Rapport de diplôme d'ingénieur ENSA Montpellier : 144 pages.
- **Lienard G., Dulphy J.P., 1987.** Intérêt économique du traitement de la paille à l'ammoniac. In "Les fourrages secs : récoltes, traitement, utilisation". C. Demarquilly Ed. - INRA, Paris : 621 - 668
- **Males J.R., Gaskins C.T., 1982.** Growth, nitrogen retention, dry matter digestibility and ruminal characteristics associated with ammoniated wheat straw diets. Journal of Animal Science, 55 : 505 - 515.
- **Ramihone B., Jouany J.P., Chenost M., 1987.** Part de l'azote apporté par le traitement à l'ammoniac dans la digestion microbienne d'une paille de blé en fermenteur semi-continu (Rusitec). Reproduction Nutrition Développement.
- **Raymond F., Citron J., 1985.** Le traitement à l'ammoniac des pailles et foins. Perspectives agricoles. Supplément n° 95 : 32 - 37.
- **Rouffet J., Dulphy J.P., Barlet J.P., 1982.** Utilisation digestive des minéraux des fourrages pauvres traités par la soude ou par l'ammoniac. Bulletin Technique CRZV INRA Theix, 49 : 47 - 49.

- **RNED Bovin, 1984.** La Paille : un aliment pour les ruminants. Ed. ITEB – Paris : 32 pages.
- **Sagot L., Raymond F., 1986.** La paille traitée à l'ammoniac pour des génisses d'élevage Charolaises. CR d'essai Jeu-les-Bois 83.04 – I TCF – SUACI : 24 pages.
- **Solaiman S.G., Horn G.W., Owens F.N., 1979.** Ammonium hydroxide treatment on wheat straw. Journal of Animal Science, 49 : 802 – 809.
- **Sundstol F., Coxworth E., Mowat D.N., 1978.** Amélioration de la valeur nutritive de la paille par le traitement à l'ammoniac. Revue Mondiale de Zootechnie, 26 : 13 – 21.
- **Waagepertersen J., Vestergaard-Thomsen K., 1977.** Effect on digestibility and nitrogen content of barley straw of different ammonia treatments. Animal Feed Science Technology, 2 : 131 – 142.
- **Zwaenepoel P., Lienard G., 1987.** Coût du traitement de la paille à l'ammoniac. In "Les fourrages secs : récolte, traitement, utilisation". C. Demarquilly Ed., INRA, Paris : 609 – 620.

Adresses utiles et Sites Internet

ADEME

2, Square Lafayette – BP 406 – 49004 Angers Cedex 01

Tel : 02 41 20 41 20

Fax : 02 41 87 23 50

<http://www.ademe.fr>

Comité National des Coproduits

Institut de l'Élevage

149, Rue de Bercy – 75595 Paris Cedex 12

Secrétaires : Marie-Catherine LECLERC et François MOREL d'ARLEUX

Tel : 01 40 04 49 81 ou 01 40 04 52 24

Fax : 01 40 04 49 60

Email : marie-catherine.leclerc@inst-elevage.asso.fr

francois.morel-d-arleux@inst-elevage.asso.fr

Bureau Commun des Pailles et Fourrages

8, Avenue du Président Wilson – 75116 Paris Cedex

Tel : 01 44 31 10 00

Fax : 01 44 31 10 10

Institut Technique des Céréales et des Fourrages – ITCF

8, Avenue du Président Wilson – 75116 Paris Cedex

Tel : 01 44 31 10 00

Fax : 01 44 31 10 10

<http://www.itcf.fr>