



Les résidus de cultures pour l'alimentation animale

En particulier à l'étable



Agromisa oeuvre au renforcement de l'autonomie et de la sécurité alimentaire des petits paysans dans les pays en développement. Sa mission est de partager et d'échanger les expériences et connaissances dans les domaines relatifs à l'agriculture durable et à petite échelle. Agromisa estime essentiel de jeter des ponts entre les connaissances formelles (des scientifiques) et les connaissances informelles (des paysans). C'est pourquoi elle s'emploie à diffuser les informations existantes auprès des paysans et des services de vulgarisation agricole, en collaboration avec un réseau étendu d'experts disposant d'une expérience de terrain considérable.

Pour en savoir plus sur les services d'Agromisa, consultez notre site Internet ou contactez-nous directement à :

Agromisa

Postbus 41

6700 AA Wageningen

Pays-Bas

Tél. : +31 (0)317 483151

E-mail : agromisa@wur.nl

Site internet : www.agromisa.org



Le Centre technique de coopération agricole et rurale (CTA) est une institution internationale conjointe des Etats du Groupe ACP (Afrique, Caraïbes, Pacifique) et de l'Union européenne (UE). Il intervient dans les pays ACP pour améliorer la sécurité alimentaire et nutritionnelle, accroître la prospérité dans les zones rurales et garantir une bonne gestion des ressources naturelles. Il facilite l'accès à l'information et aux connaissances, favorise l'élaboration des politiques agricoles dans la concertation et renforce les capacités des institutions et communautés concernées.

Le CTA opère dans le cadre de l'Accord de Cotonou et est financé par l'UE.

Pour plus d'informations sur le CTA, visitez www.cta.int ou contactez :

CTA Service de distribution des publications

Postbus 173

6700 AD Wageningen

Pays-Bas

Tél. : +31 (0)317 467100 ; fax : +31 (0)317 460067

E-mail : cta@cta.int

Les résidus de cultures pour l'alimentation animale

© Fondation Agromisa et CTA, Wageningen 2015

Tous droits réservés. Aucune reproduction de cet ouvrage, même partielle, quel que soit le procédé, impression, photocopie, microfilm ou autre, n'est autorisée sans la permission écrite de l'éditeur.

Première édition : 2015

Éditeur : Adri Vink

Contributeur : Hans Schiere

Traduction : Evelyne Codazzi

Illustrations : Barbera Oranje

Photo de couverture : Arjan Ard Studio/Shutterstock.com

Photos : Hans Schiere (sauf indication contraire)

ISBN Agromisa : 978-90-8573-149-8

ISBN CTA : 978-92-9081-580-8

Cette publication est sponsorisée par : De Bouwkamp-Stichting.

Imprimé par : Proud Press, Barneveld, Pays-Bas



Avant-propos

L'idée de rédiger un Agrodok sur l'utilisation des pailles pour l'alimentation animale nous est venue il y a quelques années lors d'une réunion de discussion concernant l'Agrodok sur l'élevage des vaches laitières. Cet Agrodok devait comporter un chapitre sur l'alimentation animale, en particulier sur les fourrages que constituent les herbes et les résidus de cultures. Mais il aurait fallu pour cela compresser trop de données en quelques pages, ce qui n'aurait pas fait justice à la grande quantité d'informations disponibles sur les pailles. Un Agrodok spécial sur le sujet était donc nécessaire.

Toutefois, la pression sur les pâturages naturels ne cesse de croître et, dans de nombreuses régions du monde, le bétail continuera à être une importante source de revenus additionnels pour un grand nombre de paysans aux ressources limitées. Par ailleurs, les pailles jouent un rôle important dans la gestion durable des sols.

La concurrence entre les diverses manières d'utiliser les pailles augmentera sans doute encore si la demande urbaine d'énergie, de matériaux d'emballage et de couverture de toit continue à croître, ce qui entraînera une réduction de la quantité de pailles disponibles pour l'alimentation animale.

Le présent Agrodok « Les résidus de cultures pour l'alimentation animale » met l'accent sur les différentes manières d'utiliser les nombreuses variétés de pailles, en particulier pour l'alimentation à étable. Il contient des informations recueillies par Hans Schiere auprès de paysans et de chercheurs dans différents pays du monde, informations basées sur l'expérience pratique et sur un grand nombre d'études scientifiques.

Adri Vink
Wageningen, 2015

Contents

1	Introduction	7
1.1	Les sous-produits de cultures et leur utilisation	7
1.2	Les pailles	7
1.3	Les pailles comme fourrage	9
1.4	Structure de l'Agrodok	9
2	Les pailles et l'alimentation animale	11
2.1	Les pailles et autres restes de cultures	11
2.2	Terminologie	14
2.3	La nutrition	16
2.4	La qualité de la paille : un second regard	27
3	La disponibilité des pailles : sortes, quantités et utilisation	31
3.1	Introduction	31
3.2	Les sortes de paille	32
3.3	Les quantités de paille	38
3.4	Les sortes de paille et les pratiques agricoles	42
3.5	Les pratiques après récolte	47
4	Les pailles dans l'alimentation à l'étable	49
4.1	Les différents systèmes d'alimentation	49
4.2	L'utilisation des pailles « telles quelles »	51
4.3	La supplémentation	54
4.4	La consommation sélective	60
5	Le traitement des pailles	63
5.1	Introduction	63
5.2	Les traitements physiques	64
5.3	Les traitements chimiques	69

6	Le pâturage	81
6.1	Introduction	81
6.2	La paille et autres résidus de cultures pour le pâturage	83
6.3	Le pâturage et l'alimentation à l'étable	85
7	La faisabilité et la durabilité de l'alimentation à la paille	87
7.1	Introduction	87
7.2	Quelques notions d'économie	87
7.3	Autres considérations sur l'alimentation à la paille	93
7.4	En guise de conclusion	95
	Ouvrages recommandés	97
	Adresses utiles	98
	Glossaire	100

1 Introduction

1.1 Les sous-produits de cultures et leur utilisation

Les plantes agricoles sont cultivées pour un ou plusieurs produits principaux, par exemple pour le grain, les légumes secs, le sucre ou l'huile. La paille et les restes de cultures après récolte et après traitement sont des « sous-produits » de la culture principale. Qu'ils soient laissés dans le champ ou récoltés, ces sous-produits ont une certaine valeur et les paysans les ont toujours utilisés de nombreuses façons. Parfois, le sous-produit est même plus important que la culture principale, en particulier pour les paysans des régions semi-arides qui associent l'agriculture et l'élevage.

« Les sous-produits fibreux » est un terme général désignant à la fois les sous-produits fibreux (p. ex. les pailles, les herbes mûres et les feuilles d'arbre) et les résidus de cultures plus riches en nutriments (p. ex. les grains cassés, le son, l'huile et les tourteaux de graines).

1.2 Les pailles

Les sous-produits fibreux de cultures existent sous différentes formes et portent différents noms. Les cultures céréalières donnent soit des pailles fines (orge, riz, seigle et blé), soit des pailles grossières (maïs, millet et

sorgho). Mais les têtes de canne à sucre peuvent aussi servir dans l'alimentation animale, tout comme les feuilles de bananier et les « pailles » de haricot, toutes étant également des sous-produits fibreux de cultures. Dans certains pays, les tiges de maïs, de sorgho et de soja sont appelées « cannes ». Les restes de tiges de pois, de haricot et de pomme de terre sont appelés « chaumes ».

Pour simplifier les choses, le présent Agrodok appelle « pailles » tous les sous-produits agricoles fibreux et les définit ainsi : *les parties fibreuses de la biomasse végétale, à l'exclusion des racines, mais y compris les mauvaises herbes et les grains tombés ou non mûrs des mauvaises récoltes, ainsi que les repousses spontanées de la culture.*

Utilisations traditionnelles des pailles :

- Mulch : on laisse les pailles dans le champ pour protéger le sol et réduire l'érosion par le vent et par l'eau ;
- Compost : les restes de cultures sont transformés en compost pour maintenir ou améliorer la qualité du sol du jardin familial ou du champ ;
- Couvertures de toit, toitures et matériau de construction : p. ex. les tiges de sorgho dans la construction d'abris et la paille hachée dans les briques d'argile ;
- Combustible pour la cuisine : quand le bois de chauffage est rare et que les autres combustibles de cuisine ne sont pas abordables ;
- Litière pour animaux : dans les enclos où sont gardés vaches, buffles, chèvres et moutons ;
- Alimentation animale : le sujet du présent Agrodok.

Utilisations plus récentes des pailles/restes de cultures :

- emballage et/ou fabrication du papier
- biocarburant
- digesteurs de biogaz
- matériau brut pour carburants synthétiques.

L'utilisation des pailles dans les zones rurales permet aux communautés locales d'économiser de l'argent. Elle contribue à maintenir et à améliorer la qualité des sols et permet aux paysans de réduire les dépenses en fourrage extérieur, en matériaux de couverture de toit, etc. La vente des pailles dans les zones urbaines comme fourrage ou pour des usages modernes procure de rapides recettes monétaires, mais prive les zones rurales de matériaux de valeur. Les recettes monétaires à court terme peuvent donc aller à l'encontre de la durabilité à long terme des zones agricoles.

Le brûlage est une manière facile de se débarrasser de la paille, mais l'idée que le brûlage ajouterait des nutriments au sol est fautive. Ce qui se passe en réalité, c'est que la matière organique et les nutriments de valeur, comme l'azote et le soufre, partent en fumée. Ne pas brûler la paille permet donc d'économiser de l'argent sur l'engrais (voir Chapitre 7). Le brûlage des restes de cultures dans les champs est une pratique traditionnelle de certaines communautés agricoles devant être fortement déconseillée.

1.3 Les pailles comme fourrage

Tous les animaux de ferme ne peuvent pas digérer convenablement la paille. Les animaux n'ayant qu'un seul estomac (monogastriques), comme la volaille, le lapin, le cochon d'Inde, le porc, l'âne et le cheval, ne digèrent pas du tout les pailles, contrairement aux ruminants, comme le buffle, la vache, la chèvre et le mouton. Les ruminants ont quatre estomacs spécialisés qui leur permettent d'extraire des nutriments de fourrages de mauvaise qualité. Cet Agrodok porte surtout sur les pailles comme fourrage pour les ruminants à l'étable, mais contient aussi quelques informations sur le pâturage.

1.4 Structure de l'Agrodok

Le chapitre 2 donne des définitions et des informations de base sur l'alimentation animale et les sous-produits agricoles, ainsi que sur leur valeur nutritive.

Le chapitre 3 traite de plusieurs sortes de pailles, de leur disponibilité et de leur stockage, ainsi que des manières dont le paysan peut restructurer sa ferme afin d'optimiser sa production végétale et animale.

Le chapitre 4 examine l'utilisation des pailles « telles quelles » pour l'alimentation animale, avec ou sans supplément alimentaire.

Le chapitre 5 décrit des méthodes permettant d'améliorer la digestibilité et/ou la valeur nutritive des pailles.

Le chapitre 6 donne un bref aperçu des systèmes de pâturage basés sur la paille.

Le chapitre 7 aborde les aspects économiques et la durabilité des différentes manières d'utiliser les pailles. Il aborde brièvement les avantages et les inconvénients de l'utilisation des pailles comme fourrage ou comme matériau de compostage, ainsi que les émissions de gaz à effet de serre provoquées par l'utilisation des pailles.

A la fin de ce livret, vous trouverez un glossaire, une liste d'adresses utiles et une bibliographie.

2 Les pailles et l'alimentation animale

2.1 Les pailles et autres restes de cultures

Les pailles peuvent constituer une part importante de la valeur totale d'une culture, en particulier dans les hautes terres, les zones semi-arides et/ou pluviales. Dans ces régions, les céréales à pailles grossières sont plus courantes que les céréales à pailles fines. Les pailles sont importantes également dans les zones très peuplées et dans les systèmes agricoles pauvres en pâturages naturels.

Les pailles grossières ont une valeur nutritive généralement meilleure que celle des pailles fines, et se vendent à un prix similaire à celui des pailles fines, ou même plus élevé. Les céréales à grains grossiers ont un ratio paille/grain plus élevé que les céréales à grains fins, c'est-à-dire que leur paille constitue une plus grande part de la biomasse de culture totale. En raison de cette combinaison – prix plus élevé, plus grande proportion de paille dans la biomasse de culture totale et valeur nutritive légèrement meilleure –, les pailles de maïs, de sorgho et de millet représentent une plus grande part de la valeur totale du produit que celles de riz, de blé, d'orge et de seigle (voir Tableau 1).

Tableau 1 : Valeur de la paille par rapport à la valeur totale du produit : un cas dans le Sud de l'Inde

	Riz (paille fine) Zone à fort potentiel	Millet (paille grossière) Zone à faible potentiel
Rendement en grain (kg/ha)	5 000	1 000
Rendement en paille (kg/ha)	8 000	3 000
Ratio paille/grain	1,60	3,00
Prix du grain (INR/kg)	5,00	2,00
Valeur totale du grain (INR)	25 000	2 000
Prix de la paille (INR/kg)	0,40	0,60
Valeur totale de la paille (INR)	3 200	1 800
Valeur totale du produit (INR)	28 200	3 800
Valeur du grain en % du produit total	89	53
Valeur de la paille en % du produit total	11	47

Note : Ces valeurs sont basées sur le travail effectué sur le terrain par Hans Schiere durant la saison 1994/95 dans le Sud de l'Inde. INR = roupie indienne

Le lecteur peut utiliser ce tableau pour évaluer la valeur de la paille par rapport à la valeur du produit total dans les conditions spécifiques de sa région. Dans les zones à fort potentiel, là où le fourrage vert et/ou les concentrés sont facilement disponibles, les pailles ont peu de valeur et peuvent même créer des problèmes, car elles rendent la culture de la terre plus difficile. Dans les zones à faible potentiel, les pailles peuvent avoir une grande valeur, car elles peuvent faire la différence entre la survie et la ruine d'une ferme. Si la culture principale échoue, la valeur relative de la paille augmente. Cela se produit beaucoup plus souvent avec le millet qu'avec le riz.

Les feuilles d'arbre, les herbes coupées au bord des routes et sur les murets de contrôle de l'érosion, les repousses, les tiges et les feuilles de bananier et les têtes de canne à sucre peuvent servir aussi de fourrages, ainsi que les résidus de culture comme les tourteaux (voir Encadré 2.1). En effet, là où il y a des pailles, il y a aussi souvent d'autres sortes de fourrages. Par consé-

quent, les pailles sont souvent utilisées en combinaison avec d'autres fourrages, ou ne sont pas du tout utilisées du fait qu'un meilleur fourrage est disponible. De plus, les animaux qui broutent dans les champs de chaume mangent aussi les mauvaises herbes, les repousses et les grains tombés.

Quand la paille est le seul fourrage disponible, sa principale valeur tient au fait qu'elle permet aux animaux de subsister pendant la saison sèche. La paille ne donne pas de hauts niveaux de production. Les nutritionnistes parlent d'entretien et de sous-entretien quand les animaux consomment juste assez pour « subsister », même s'ils perdent du poids. Il arrive que des pailles soient données à des animaux hautement productifs, mais seulement dans un cas très spécifique (voir Paragraphe 7.2).

La productivité animale peut se rapporter à la production de lait ou de viande d'un animal, à son poids corporel, à sa puissance de traction ou au nombre de sa progéniture (son potentiel reproducteur). En général, un bon rendement laitier implique aussi un gain pondéral potentiellement élevé, une bonne capacité de travail et un bon potentiel reproducteur, tant que l'animal est en bonne santé. Toutefois, l'alimentation a une influence plus cruciale sur la production de lait que sur la production de viande.

En règle générale, on peut dire que :

- 10 Litres de lait par jour équivalent à un gain pondéral de 1-2 kg ;
- Une vache laitière (de 350 kg de poids corporel) donnant 10-16 litres de lait par jour est une bonne productrice ; une vache donnant 5-10 litres de lait par jour est une productrice moyenne (voir Agrodok 14 : L'élevage des vaches laitières) ;
- Pour le bétail plus petit et plus grand (chèvre, mouton, buffle), le ratio de poids corporel peut s'appliquer. Une chèvre pesant 35 kg (ce qui est beaucoup dans de nombreuses zones tropicales) consomme et produit 10 % de la quantité que consomme et produit une vache de 350 kg ; pour une chèvre pesant 17,5 kg, ce sera 5 %, et ainsi de suite.

2.2 Terminologie

Les gens emploient différents termes pour désigner les sous-produits de différentes cultures :

Encadré 1 : Sous-produits : quelques définitions

Les écales

Les enveloppes extérieures dures du grain, en particulier du riz. Les écales ne conviennent pas comme fourrage. On les utilise pour faire du mulch, du combustible, du matériel d'emballage ou des litières pour animaux, y compris la volaille.

Le son

L'enveloppe extérieure tendre du grain, enlevée par battage et mouture. Une partie du son est la « pousse » ou « germe » du grain, souvent séparée du grain par traitement industriel (voir Figure 1). Le germe peut être utilisé comme fourrage, en particulier après extraction de son huile. Le son peut être de différentes qualités, selon qu'il est plus ou moins riche en fibres. C'est un bon fourrage pour les ruminants, les porcs et la volaille, mais de qualité moyenne, comparé surtout au grain complet.

Les tourteaux de graines oléagineuses

Les résidus solides de l'extraction de l'huile des graines ou fruits oléagineux, comme la noix de coco, la graine de palmier à huile, la graine de tournesol, la fève de soja, mais aussi du son et des germes de riz, de maïs et de blé. En général, leur valeur nutritive est beaucoup plus élevée que celle des pailles (voir Tableau 2.3) du fait que des sucres et des protéines restent dans le résidu après la pression de l'huile. Les tourteaux doivent être correctement conservés, sinon ils rancissent.

Les concentrés alimentaires

Les concentrés alimentaires peuvent être produits localement par les fermiers ou par des entreprises commerciales. Il s'agit souvent un mélange de grains et de résidus comme les tourteaux. Leur concentration en nutriments est plus élevée que celle du fourrage vert ou sec.

Les feuilles d'arbre

Les feuilles d'arbre sont en général les feuilles nutritives d'arbres poussant dans les systèmes agroforestiers et/ou dans les jardins familiaux, tels que l'arbre à pain, le bananier et les arbres légumineux. Les feuilles d'arbre sont nutritives et peuvent être séchées et données aux animaux comme supplément à un régime de paille pendant la saison sèche.

Les repousses

Les rejets qui poussent après la récolte du riz, du sorgho, de la canne à sucre, etc. Les repousses sont en général vertes et fraîches, contrairement aux pailles qui sont plutôt jaunes, brunes et sèches. Elles sont un fourrage plus nutritif que la paille. Elles sont presque aussi bonnes que les herbes et le maïs vert, mais moins bonnes que les tourteaux ou les mauvaises herbes. Certaines repousses peuvent être toxiques et doivent être « flétries » avant l'utilisation (voir Paragraphe 3.2). Les repousses se développent après la récolte, souvent juste au-dessus des racines.

Les déchets de cuisine, les pelures et les restes de restaurants

Des mélanges très variables d'aliments, le plus souvent nutritifs, pouvant servir de suppléments aux pailles. Ils présentent certains risques, notamment la transmission de maladies et la présence inopinée d'ustensiles de cuisine tranchants, ce qui peut être dangereux pour les animaux et les humains.

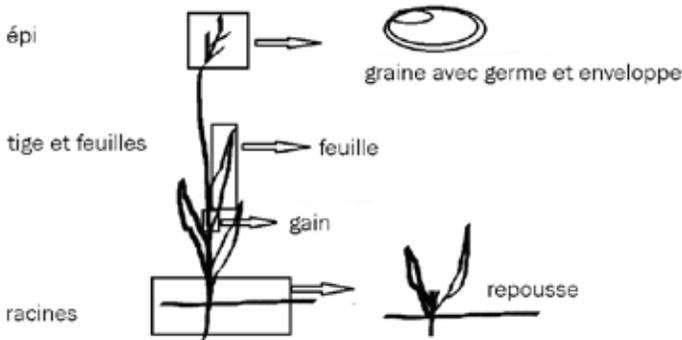


Figure 1 : Principales parties d'une plante en général et d'une céréale en particulier. En général, la valeur nutritive des tiges est plus faible que celle des feuilles (sauf pour le riz). Les feuilles ont une partie feuille et une partie gaine ; les feuilles ont une valeur nutritive supérieure à celle des gaines, sauf pour le riz. Les feuilles de légumineuses sont plus nutritives que la paille, mais elles sont fragiles et s'abîment facilement pendant la récolte et la manipulation.

Tous les sous-produits mentionnés dans l'encadré ci-dessus peuvent être des suppléments d'importance cruciale dans l'alimentation à la paille (voir Paragraphe 4.3). Même s'il est difficile d'estimer avec précision les volumes disponibles, il existe certaines règles générales, influencées évidemment par les conditions locales. 100 kg de riz paddy (riz battu) donnent 25-35 kg

d'écales, 5-10 kg de son et 60-70 kg de grain. Et 100 kg de graines oléagineuses donnent environ 60-80 kg de tourteaux, en fonction de la quantité d'huile extraite.

Le présent Agrodok reprend les termes utilisés par les paysans (pour certains termes scientifiques, voir Paragraphe 2.3) :

- La « sucrosité » est une mesure de la valeur nutritive de la paille. Une forte sucrosité signifie une meilleure valeur nutritionnelle.
- La « verdure » est une mesure du contenu en protéines, en minéraux et en vitamines. Le contenu en protéines est généralement le plus important.
- La sucrosité et la verdure ont tendance à aller de pair : si la sucrosité augmente, la verdure fait de même.
- La quantité consommée est la quantité de nourriture mangée par un animal. La quantité consommée est liée à la saveur de l'aliment : plus l'aliment est savoureux, plus l'animal en mange.
- La matière sèche d'un aliment est tout ce qu'il contient, sauf l'eau. 100 kg d'herbes et de feuilles fraîches contiennent environ 15-25 kg de matière sèche. 100 kg de pailles peuvent contenir plus de 90 kg de matière sèche, si elles sont récoltées dans des conditions sèches, et convenablement stockées. Tous les calculs que vous trouverez dans cet Agrodok sont basés sur la matière sèche.

2.3 La nutrition

Les pailles peuvent être utilisées comme fourrage à condition de tenir compte des points suivants :

- Seuls les ruminants peuvent manger de la paille.
- La paille est un aliment de mauvaise qualité, qu'il faut si possible éviter au profit des herbes, des feuilles d'arbre et des aliments concentrés faits à partir de résidus de grain, de son et de tourteaux (s'ils sont abordables)
- La paille peut être utilisée dans certaines conditions spécifiques et pour certains animaux spécifiques, p. ex. quand on ne dispose pas de meilleurs fourrages pour des animaux faiblement productifs ou comme fourrage spécial pour des animaux hautement productifs.

La valeur nutritive

Les paysans et les universitaires évaluent la valeur nutritive (ou « valeur alimentaire ») et l'utilité de la paille de différentes manières. Alors que les paysans s'intéressent surtout à la maximalisation du revenu total de l'ensemble de leurs activités agricoles, les universitaires pensent surtout à la maximalisation de la productivité d'une seule activité agricole. Les paysans parlent de la qualité des pailles en termes de prix, de main-d'œuvre, de couleur (verdure) et de sucrosité. Les techniciens, les scientifiques et les chercheurs se concentrent surtout sur les fibres, les protéines digestibles et le contenu énergétique.

Les paysans et les scientifiques sont néanmoins d'accord sur un ensemble de principes (voir Tableau 2) :

- sur le fait que la faible valeur nutritionnelle des pailles entraîne de bas niveaux de production animale ;
- sur l'importance de la quantité consommée.

La valeur nutritive n'est pertinente que si les animaux consomment réellement la nourriture mise à leur disposition. C'est ici qu'intervient la palatabilité. La palatabilité est une notion controversée, mais la paille de riz et les têtes de canne à sucre, dont les bords ont une texture semblable à celle du papier de verre, ne rend pas l'aliment très savoureux. Pour augmenter la quantité consommée de pailles à basse palatabilité, on les hache ou on les fait tremper, ou on y ajoute des ingrédients plus savoureux tels que de la mélasse ou du sel (voir Chapitres 4 et 5).

Souvent, les paysans doivent apprendre à utiliser les pailles dans l'alimentation animale et les animaux doivent apprendre à les consommer, en particulier s'ils n'en ont encore jamais mangé. Commencez par leur donner de petites quantités de pailles mélangées à du fourrage vert et passez peu à peu à des quantités plus grandes. Les animaux habitués à manger des herbes dures peuvent directement commencer à consommer des pailles.

La valeur nutritive dans la terminologie paysanne

Les paysans mesurent la qualité des aliments en termes de prix, de facilité de manipulation, de couleur, de feuillage, d'épaisseur de tige, de sucrosité, de poussière et de moisissure. Un autre aspect de la qualité des aliments est leur effet sur la santé animale, en particulier si la reproduction pâtit de la mauvaise qualité des pailles consommées. Cette mauvaise qualité peut entraîner à long terme une carence en vitamine A et un déséquilibre en minéraux tels que le calcium et le phosphore. Des moisissures, des morceaux de ferraille (p. ex. des clous ou du fil de fer utilisé pour la mise en bottes) ou encore des herbes toxiques mélangées aux pailles peuvent aussi créer des problèmes. En général toutefois, les pailles peuvent être utilisées comme fourrage et ont rarement des effets négatifs sur la santé animale si l'on y ajoute du fourrage vert, des concentrés ou des déchets de cuisine.

Tableau 2 : Valeur nutritive dans la terminologie paysanne et universitaire

Terminologie paysanne	Langage universitaire
Sucrosité	Il reste encore beaucoup de sucres dans la paille, ce qui indique en général un mauvais mûrissement et un faible rendement en grain, mais une bonne paille relativement facile à digérer.
Verdure	Les feuilles et les tiges sont vertes, ce qui indique que certains nutriments comme les protéines sont encore présents dans la paille.
Reste verte	Beaucoup de nutriments dans la tige et les feuilles, facile à digérer et riche en sucres.
Feuillage	Les feuilles sont généralement plus faciles à digérer que les tiges (sauf dans la paille de riz) ; la paille feuillue a souvent une meilleure valeur nutritive. Les paysans ajustent parfois la hauteur de coupe pendant la récolte ; une coupe basse donne davantage de paille de mauvaise qualité (plus de tiges) ; une coupe haute donne moins de paille mais plus de feuilles.
Moisi	Le moisi implique la présence de mycotoxines.

Encadré 2 : Sucrosité, fibres et nutriments digestibles : quelques informations techniques

La sucrosité dépend de la quantité de contenu dans les cellules du matériel végétal. Plus il y a de contenu cellulaire, moins il y a de fibre ; plus il y a de fibres implique, moins il y a de contenu cellulaire. Les fibres sont les parois cellulaires et sont constituées de chaînes de sucres bien serrées, appelées fibres au détergent neutre (FDN). Ces chaînes de sucres sont difficiles à digérer : elles sont décomposées par des bactéries présentes dans le rumen, le premier estomac des ruminants.

La quantité totale de nutriments digestibles (surtout les sucres) contenue dans les cellules de la plante (nutriments digestibles totaux, NDT) équivaut environ à la quantité de sucrosité (= sucres) contenue dans les pailles. En gros, 40 % de nutriments digestibles signifie qu'il y a 0,4 kg de sucrosité dans 1 kg de matière sèche, comme dans le cas des pailles de très mauvaise qualité. Les herbes et les légumineuses peuvent contenir plus de 60 % de nutriments digestibles, c'est-à-dire que 1 kg de matière sèche contient plus de 0,6 kg de ces sucres (plus facilement digestibles !).

En règle générale, les nutriments digestibles totaux (NDT) peuvent être transformés en énergie métabolisable (EM), c'est-à-dire en énergie générée pour le corps de l'animal) selon la formule suivante :

1 kg de NDT = 3,6 mégacalories d'EM.

1 mégacalorie = 1 000 kilocalories

La valeur nutritive des fourrages n'est pas le seul élément dont les paysans tiennent compte. En témoignent les observations suivantes de paysans en Inde et les décisions qu'ils prennent.

Des paysans dans l'Haryana, dans le Nord de l'Inde, récoltent et conservent soigneusement la paille de blé, bien qu'elle ne soit pas d'aussi bonne qualité que la paille de riz qu'ils brûlent ou vendent. La paille de blé est disponible au début de la saison sèche alors qu'il n'y a pas d'autre fourrage et peu de travaux agricoles à effectuer. Par contre, la paille de riz, légèrement plus sucrée et plus « juteuse », est disponible à un moment où les paysans ont peu de temps pour la récolter et la stocker, et où beaucoup d'autres fourrages verts sont disponibles. La disponibilité de la main-d'oeuvre et d'autres fourrages est plus importante que les différences de valeur alimentaire.

Dans la même veine, un paysan de l'Ouest du Bengale demandait : « Pourquoi gaspillerais-je mes tourteaux pour nourrir mes animaux si je peux m'en servir pour fertiliser mes cultures ? »

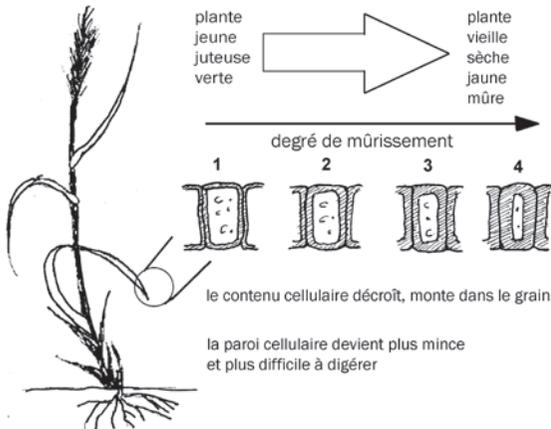


Figure 2 : Comment la paroi cellulaire et le contenu cellulaire de la plante changent au fur et à mesure que la plante mûrit

Les parois cellulaires et les contenus cellulaires : plus d'informations

Les plantes sont constituées de cellules, lesquelles se composent d'une paroi cellulaire et d'un contenu cellulaire (voir Figure 2). La paroi cellulaire est faite de fibres dures, ligneuses, consistant le plus souvent en chaînes de sucres très serrées (voir Encadré 2). La paroi cellulaire sert de structure pour soutenir les processus vitaux de la plante : croissance, floraison et grenaison par le stockage de nutriments (sucres, protéines, minéraux) dans les graines, les tubercules ou les bulbes pour la génération suivante (voir Encadrés 2 et 3). Dans l'idéal, dans une bonne récolte, la plupart sinon tous les contenus cellulaires sont montés dans le grain, ne laissant que les parties structurelles dans les tiges, qui deviennent donc la paille.

Les animaux ont du mal à digérer les matériaux fibreux, bien qu'ils digèrent facilement les contenus cellulaires. Les contenus cellulaires consistent principalement en sucres, en protéines et en minéraux. Les cellules du matériau végétal frais, tel que l'herbe verte, les feuilles d'arbre et les légumineuses,

ont une paroi fine remplie d'une substance soluble facilement digestible. Elles sont donc « sucrées » et leur niveau de protéines est relativement élevé. Plus les pailles et les herbes sont riches en sucrosité, plus elles sont riches aussi en verdure et plus elles sont digestibles.

Les parois cellulaires s'épaississent quand la plante mûrit : elles deviennent plus ligneuses et plus difficiles à digérer (voir Figure 2). Quand les plantes croissent et mûrissent, les contenus cellulaires montent de la tige et les feuilles jusqu'au grain, où ils sont stockés sous forme de sucres, de féculés, de protéines et de graisse pour la croissance d'une nouvelle plante. La semence (grain) est généralement la principale raison de cultiver une céréale. Le paysan veut obtenir un bon rendement en grain et accepte que la paille soit de mauvaise qualité, car cela indique que la majeure partie des contenus cellulaires a effectivement été stockée dans le grain. Une mauvaise récolte indique que tous les contenus cellulaires ne sont pas montés dans le grain et que la paille sera de qualité relativement bonne.

Encadré 3 : La structure des fibres de paille

Au niveau chimique, la paroi cellulaire se compose de cellulose et d'hémicellulose. Ces fibres forment une sorte de gaine (ou coque) flexible et renforcée autour du contenu cellulaire. Le matériau qui en résulte est maintenu ensemble par de la lignine, une substance à la fois plus solide et plus flexible que l'acier. La lignine est un petit composant très solide de la paroi cellulaire et des fibres (chaînes de parois cellulaires serrées ensemble. Si elles sont rompues, ces chaînes se recollent car les parties de lignine se comportent comme de petits aimants.

Tout comme le béton armé ne nécessite que quelques barres d'acier bien placées pour le renforcer, la paille ne nécessite qu'un peu de lignine pour être solide et flexible. La production de lignine exige beaucoup d'énergie solaire, mais la nature préfère utiliser cette énergie pour la construction de la « génération suivante » : les semences. La nature ne gaspille pas d'énergie pour faire des matériaux de construction.

La cellulose et l'hémicellulose sont des chaînes densément emballées et interconnectées de diverses molécules de sucre. Les animaux ont donc en-

core plus de difficulté à extraire l'énergie des fibres pendant la digestion. La manière dont les chaînes de molécules sont empilées et connectées diffère entre les pailles de céréales, de légumineuses et de canne à sucre. La meilleure manière de traiter les différentes pailles et d'en nourrir les animaux varie, tout comme elle varie entre les pailles et les chaumes.

Des produits bien mûrs donnent moins de restes fibreux « sucrés » et « verts » (c'est-à-dire moins de paille). Cependant, certains produits donnent moins de paille et/ou restent plus verts que d'autres en raison de différences génétiques, des modes de gestion agricole ou des conditions climatiques (voir Chapitre 3). Les céréales sont parfois interplantées avec des légumineuses ou de jeunes herbes ayant moins de parois cellulaires et plus de contenus cellulaires, ce qui donne un bon fourrage (voir Figure 3 et Chapitre 3).

Sous des conditions arides ou semi-arides, il peut même arriver que les paysans trouvent dans leur champ un produit dont les grains partiellement remplis ne valent pas la peine d'être récoltés. Sous ces conditions, les paysans choisissent leur sorte de céréale et adaptent leurs pratiques de gestion afin de mettre en balance le risque entre le rendement en grain et le rendement en paille (voir Paragraphe 2.4).

Manque de sucrosité, faible quantité consommée et entretien

Les pailles sont difficiles à digérer, même par les ruminants. Pour compenser la mauvaise qualité des pailles, les animaux devraient manger davantage, mais en réalité ils mangent moins. Ils ont tendance à ne consommer que 1,5 % de leur poids corporel si on leur donne des pailles, au lieu des 2-3 % (normaux) si on leur donne du fourrage vert frais (les pourcentages se rapportent à la matière sèche).

Par exemple : un animal pesant 350 kg peut consommer 1,5 % de 350 kg = 5,25 kg de matière sèche de paille et 8,75 kg de matière sèche de fourrage vert frais (soit 2,5 % de son poids corporel). Un animal pesant 250 kg peut consommer 3,75 kg de matière sèche de paille et 6,25 kg de matière sèche de fourrage vert frais.

Une faible quantité consommée de nutriments des pailles pose un double problème :

1. Les fibres sont difficiles à digérer, même par les ruminants, malgré l'activité des bactéries présentes dans le rumen ; une grande quantité de fibres traverse le corps de l'animal et en ressort sous forme d'engrais.
2. La carence de contenus cellulaires (= carence de nutriments digestibles) entraîne un mauvais fonctionnement du rumen, car les bactéries présentes dans le rumen ont besoin elles aussi de nutriments pour faciliter la digestion.

Les ruminants sont des animaux qui régurgitent et remâchent les aliments, comme le buffle, la vache, la chèvre et le mouton. Ils ont quatre estomacs, dont le premier, le rumen, contient particulièrement beaucoup de bactéries, qui sont de minuscules organismes qui facilitent la digestion des fibres. Mais ces bactéries ont besoin elles aussi de nutriments. Si la paille est de très mauvaise qualité (pauvre en contenus cellulaires et riche en fibres), les bactéries ne disposent pas de suffisamment de nutriments pour faire leur travail de digestion. Au lieu de manger davantage de paille de mauvaise qualité pour compenser sa faible valeur nutritive, les animaux en mangent moins car ils la digèrent difficilement.

Pour satisfaire ses besoins en nutriments (voir Tableau 3), un animal devrait consommer davantage de paille de mauvaise qualité qu'il n'aurait mangé de fourrage plus digestible (herbes vertes, feuilles, grains et tourteaux). Mais comme on l'a expliqué plus haut, la consommation de fourrage décroît quand décroissent sa sucrosité et sa verdure.

On peut compenser cette plus faible quantité consommée de fourrage et de nutriments de plusieurs manières, à savoir :

- En ajoutant au fourrage des nutriments qui améliorent le fonctionnement des bactéries présentes dans le rumen ;
- En acceptant la mauvaise qualité des pailles et en suivant les stratégies alimentaires décrites au Chapitre 4, y compris en administrant des suppléments alimentaires ;

- En appliquant des méthodes physiques ou chimiques pour « améliorer » les pailles (voir Chapitre 5) ;
- En intercalant la culture avec d'autres cultures pour obtenir un meilleur mélange de fourrages (voir Chapitre 3).

Les besoins alimentaires

Pour subsister, tout animal a besoin d'une quantité minimale de nourriture. C'est ce qu'on appelle le besoin d'entretien (E). Par ailleurs, l'animal a besoin d'énergie pour se mouvoir, restaurer les forces dépensées pour la traction ou le transport, se développer, produire du lait ou de la progéniture. On peut comparer la quantité de fourrage nécessaire à l'accomplissement de toutes ces fonctions à celle nécessaire à l'entretien seul, en exprimant la quantité supplémentaire sous forme d'un multiple de ce besoin d'entretien.

Plus l'animal est lourd, plus son besoin d'entretien est élevé, et vice-versa. Théoriquement, un animal nourri avec de la paille à laquelle sont ajoutés beaucoup de concentrés, peut consommer 3 fois la quantité nécessaire à son entretien (3E). Pour une vache de 350 kg, cela suffit pour produire 16 litres de lait, car un animal de 350 kg a besoin de 1E pour son entretien et d'environ 1E pour produire 8 litres de lait. 3E est une règle générale approximative, valable pour tous les ruminants de ferme.

Le terme « multiple d'entretien » permet de mieux comprendre l'alimentation (voir Encadré 4). Comme il est indiqué, les animaux ont du mal à tirer suffisamment de nutriments des pailles pour répondre à leurs besoins d'entretien. Des animaux nourris avec une ration basée sur la paille + un complément ou des fourrages de bonne qualité peuvent consommer jusqu'à environ 3 fois leur besoin d'entretien. Si les animaux doivent être plus productifs (p. ex. parce qu'ils sont élevés pour leur puissance de trait, le vêlage ou la production laitière, ou parce que leur masse corporelle doit encore se développer), ils ont besoin de fourrage de meilleure qualité et d'une gestion spéciale.

Tableau 3 : Effet combiné de la sucrosité et de la quantité consommée de fourrages variant en valeur nutritive

	Sucrosité par 100 kg de fourrage	Quantité consommée totale pour un poids corporel de 350 kg	Quantité consommée de sucrosité pour un poids corporel de 350 kg	Quantité consommée, moins besoin d'entretien	Lait**	Multiples du besoin d'entretien
	A	C	D = A x C	E = D-2.8*	F = E/0.325	G = (D/2.8)
	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[litres]	
Paille de très mauvaise qualité	40 (35-45)	5,25	2,10	-0,70	-2***	0,75***
Paille de bonne qualité	50 (45-55)	7,00	3,50	0,70	2	1,25
Herbes de moyenne qualité	55 (50-60)	8,75	4,81	2,01	6	1,72
Bon fourrage tropical	60 (55-65)	10,50	6,30	3,50	11	2,25
Bon fourrage tempéré	65 (60-70)	11,38	7,39	4,59	14	2,64
Feuilles d'arbre & légumineuses	65 (60-70)	11,38	7,39	4,59	14***	2,64***

Tous ces chiffres se rapportent à la matière sèche et aux besoins d'animaux pesant 350 kg. Les valeurs alimentaires sont des estimations raisonnables (avec fourchette entre parenthèses). Voir aussi le Chapitre 3 et la Figure 3.

Note : La sucrosité est presque identique à la digestibilité, et identique à NDT (nutriments digestibles totaux).

* Besoin d'entretien = 2,8 kg par 350 kg de poids corporel

** En gros, 0,35 kg de sucrosité est nécessaire pour produire 1 litre de lait. Par conséquent, 2,8 kg de sucrosité supplémentaires produiront 8 litres de lait.

*** Une vache nourrie avec de la paille de très mauvaise qualité produira - 2 litres de lait (= rien) et atteindra seulement 75 % de son niveau d'entretien. Pratiquement, cela revient dire qu'une vache peut produire du lait, mais elle le fait au détriment de son poids corporel (et de son état de santé général) parce qu'elle ne tire pas assez de nutriments de la paille qu'elle consomme. Sa perte de poids corporel correspond à la quantité de paille nécessaire pour produire 2 litres de lait. Si le niveau d'entretien n'est pas atteint, la vache perd du poids et risque de mourir.

Encadré 4 : La valeur alimentaire

Les animaux ont besoin de nutriments pour vivre. C'est ce qu'on appelle leur « besoin d'entretien », c'est-à-dire ce qui est leur nécessaire pour rester en vie, mâcher, marcher, conserver leur chaleur, respirer, pour que leur sang circule, etc. Pour gagner du poids, pour produire du lait et de la progéniture, les animaux doivent manger plus que pour seulement subsister. Les principaux nutriments nécessaires aux animaux sont l'énergie (sucrosité), les protéines (verdure) et des minéraux comme le calcium et le phosphore pour les os, le fer pour le sang, l'iode, les vitamines et autres nutriments pour d'autres fonctions. Le présent Agrodok utilise des « multiples d'entretien » pour donner une indication du niveau de production pouvant être atteint en nourrissant les animaux avec des pailles de différentes qualités (voir aussi Tableau 3). Le besoin d'entretien est abrégé en 1E.

Les animaux qui consomment suffisamment de sucrosité pour subsister mangent environ 1E. Il est important de savoir que plus les animaux sont lourds, plus ils ont besoin de nourriture pour leur entretien. Les animaux les plus lourds ont donc besoin d'un plus gros volume de sucrosité pour produire du lait. Ceci est expliqué ci-dessous :

- Un animal qui consomme moins de nourriture que nécessaire pour subsister (c.-à-d. moins de 1E) perd du poids et risque de mourir.
- La quantité de sucrosité qu'un animal de 350 kg a besoin pour son entretien (1E) est presque identique à la quantité de sucrosité dont il a besoin pour produire 8 litres de lait.
- Pour produire 5-10 litres de lait, une vache a besoin d'environ la même quantité de nutriments que pour produire 1 kg de viande. (Cela varie en fonction du taux de matière grasse du lait, car pour produire du lait riche en matière grasse, la vache doit manger plus).
- Sous climat tropical, les vaches ne mangent pas plus de 3 fois la quantité de nourriture nécessaire à leur entretien, c.-à-d. 3E (1E pour l'entretien + 2E pour le lait). Une vache de 350 kg ne peut donc pas produire plus de 16 litres de lait par jour.
- Une chèvre ou un mouton de 35 kg pèse 10 fois moins qu'une vache de 350 kg. Les besoins alimentaires de 10 chèvres ou 10 moutons équivalent donc en gros à ceux d'une seule vache.

En règle générale, la paille seule suffit rarement à un animal, même pas pour son entretien seul (voir Tableau 3). Si l'on inclut les protéines et les minéraux nécessaires aux animaux dans les calculs du Tableau 3, cela complique légèrement les calculs mais cela ne modifie pas radicalement l'image.

Une paille de mauvaise qualité ne fournit que 0,9 x Entretien (0,9 E). Dans ce cas, les animaux perdent du poids et des réserves corporelles (env. 100 g par jour, c.-à-d. 30 kg en 3 mois pour un animal de 350 kg). De nombreux animaux – dans les pays tempérés comme sous les tropiques – sont habitués à une perte périodique de poids corporel. Cela peut être sensé du point de vue économique si le fourrage est bon marché pendant la saison luxuriante. Dans les fermes à haut niveau d'intrants, les animaux très productifs ne sont pas habitués à la sous-alimentation et souffrent beaucoup plus lorsqu'ils sont nourris avec du fourrage de mauvaise qualité.

Si les animaux ont la possibilité de choisir les meilleures parties des pailles (grossières), ils peuvent consommer une quantité de nutriments juste légèrement plus élevée que celle nécessaire à leur entretien (voir Tableau 3).

2.4 La qualité de la paille : un second regard

Bien que les pailles soient généralement considérées comme un fourrage de mauvaise qualité, elles peuvent avoir une valeur dans certains cas particuliers :

- quand aucun autre fourrage n'est disponible, les pailles permettent aux animaux de traverser une période de pénurie alimentaire ;
- quand les autres fourrages disponibles sont trop bons pour les besoins des animaux. La consommation de légumineuses et d'herbes vertes fraîches fournit des nutriments pour plus de 2 fois l'entretien. Si les paysans disposent de beaucoup de fourrages verts pour des animaux faiblement productifs (buffles, animaux de trait ou vaches donnant quelques litres de lait par jour), ils peuvent utiliser des pailles pour économiser sur les frais d'alimentation, sans pour autant accuser une perte de production ;

- pour maintenir le bon fonctionnement du rumen des animaux de ferme nourris avec des aliments très concentrés, comme ceux élevés dans des fermes proches des villes là où les herbes ne poussent pas par manque de terres et où les moulins à grain ou à huile fournissent un fourrage bon marché de bonne qualité. Dans ces cas, les pailles sont parfois transportées sur de longues distances vers les zones urbaines ;
- la paille et le chaume laissés dans le champ après la récolte contribuent à la protection des sols : la paille peut servir de mulch pour lutter contre l'érosion par le vent.

Les pailles ne sont pas seulement un sous-produit. Dans un environnement incertain, les paysans ont tendance à soupeser soigneusement leurs options. Soit qu'ils optent pour de bons rendements en grain avec la paille comme sous-produit, soit qu'ils mettent en balance le grain récolté pour l'argent et la nourriture, et la paille pour le fourrage. Ces différentes options ont des conséquences sur le choix du produit cultivé. Les pailles grossières ou les pailles qui « restent vertes » sont préférées dans les régions semi-arides où leur valeur alimentaire est élevée. Dans les régions à fort potentiel, le rendement en grain est plus important que la qualité de la paille.



Figure 3 : En haut : des vaches et des chèvres à bas rendement nourries à la paille dans le Pendjab, au Paskistan, produisent de l'engrais et du lait, et sont utilisées comme animaux de trait. Au centre : marché de la paille près de Khartoum (Soudan) où sont vendues des pailles (grossières) de maïs et de sorgho destinées à l'alimentation du bétail en ville et près des villes. Les pailles ne sont pas en premier lieu une source de nutriments, mais une source de fibres nécessaires au bon fonctionnement du rumen. En bas : de grands chaumes permettent de lutter contre l'érosion par le vent dans des zones où le pâturage est réduit.

3 La disponibilité des pailles : sortes, quantités et utilisation

3.1 Introduction

Quelle est la quantité de paille disponible et que peut faire un paysan avec cette paille ? Comment un paysan peut-il gérer sa ferme de manière à répondre au mieux aux besoins de ses cultures et de ses animaux ?

Le choix de la paille comme fourrage et la manière d'en alimenter les animaux dépendent du système agricole, des pailles disponibles et de leur coût. L'alimentation à la paille peut être très utile, mais c'est souvent un second choix. Un meilleur fourrage peut être disponible à un coût plus abordable et les pailles peuvent être trop coûteuses ou humides et moisies. Les pailles destinées à l'alimentation animale doivent être bien stockées. Une paille sèche bien stockée se garde pendant plusieurs années sans perdre sa valeur alimentaire. Une paille mal stockée perd rapidement de sa valeur.

Le même raisonnement s'applique à la façon d'alimenter les animaux : il existe de nombreuses manières de nourrir ses animaux avec des pailles. Les pailles de mauvaise qualité permettent aux animaux de subsister, mais au mieux juste à leur niveau d'entretien. La paille hachée (voir Chapitre 5) est utile quand la main-d'œuvre est bon marché et que les autres fourrages

sont rares ou coûteux. La consommation sélective (voir Chapitre 4) présuppose une offre abondante de fourrage. Le traitement à l'urée (voir Chapitre 5) est utile uniquement en cas de niveaux moyens de production laitière, si le marché laitier local fonctionne bien et si le coût du traitement de la paille n'est pas supérieur à la moitié du coût des concentrés.

Le présent chapitre décrit différentes sortes de pailles, leur disponibilité et leur qualité.

3.2 Les sortes de paille

Les pailles fines et les pailles grossières

Les différences entre les pailles fines et les pailles grossières sont résumées au Tableau 4. Les pailles fines sont disponibles surtout dans les hautes terres à bas potentiel, là où l'argent manque pour l'achat de suppléments et/ou pour le traitement de la paille, et où la survie du bétail est l'objectif premier. Les pailles grossières permettent une meilleure alimentation sélective que les pailles fines. Normalement, on trouve plus de pailles fines dans les zones où sont cultivés des produits à haut rendement. Les pailles fines contribuent moins à la valeur totale du produit que les pailles grossières.

Les pailles bon marché et les pailles chères

Le prix de la paille est déterminant pour savoir si on va l'utiliser pour l'alimentation animale et de quelle manière. Si la paille est abondante et bon marché, le paysan peut y ajouter des suppléments pour faciliter la digestion, appliquer l'alimentation sélective ou traiter la paille à l'urée (voir Chapitres 4 et 5). Dans ces cas, les animaux reçoivent beaucoup de fourrage (paille) et la manière dont ils sont nourris permet de leur en faire consommer davantage. Mais quand la paille est rare et chère, les meilleures méthodes d'alimentation sont le hachage, le trempage et l'application de niveaux moyens à hauts de supplémentation. Dans ces cas, la paille ne constitue qu'une petite part de la ration, des quantités restreintes sont utilisées et sa qualité est moins importante, car elle sert surtout de source de fibres.

Tableau 4 : Différences entre pailles fines et pailles grossières

Aspects	Pailles fines (blé, riz, orge, avoine)	Pailles grossières (sorgho, millet, maïs, haricots)
Agroécologie & systèmes agricoles	Zones à fort potentiel, basses terres, souvent irriguées.	Zones à faible potentiel, semi-arides à arides, hautes terres.
Caractéristiques nutritives	L'alimentation sélective n'est pas facile. La valeur nutritive est plus faible et un traitement chimique peut être utile.	La valeur nutritive est souvent plus élevée dans les hautes terres, car moins le grain est plein, plus la paille est meilleure. L'alimentation sélective est plus facile. Un traitement chimique est moins utile.
Objectifs de production du paysan	L'objectif premier est le grain, la paille arrivant loin après.	La paille constitue une partie importante du rendement total de la culture.
Ratio prix du grain/prix de la paille	Le grain a beaucoup plus de valeur. La valeur de la paille est assez faible (voir Tableau 2.1).	La valeur de la paille ajoute une valeur substantielle à la récolte (voir Tableau 2.1).
Intérêt politique	Importantes pour l'alimentation animale dans les zones urbaines. Fournies par des paysans des zones à haut potentiel.	Importantes pour la vie dans les zones rurales excentrées ; pas d'influence directe sur la vie urbaine.

Les pailles vertes, jaunes et brunes

La différence entre les pailles vertes, les pailles jaunes et les pailles brunes est similaire à celle entre les jeunes pailles et les vieilles pailles. Les pailles brunes sont souvent des pailles n'ayant pas été bien stockées, alors que la couleur jaune indique que les pailles ont été bien stockées. Les pailles vertes sont les pailles qui « restent vertes » de certaines céréales. Puisque « vert » signifie riche en protéines et en minéraux, une paille qui « reste verte » a généralement une meilleure valeur nutritive. Les sélectionneurs et les paysans connaissent la valeur ajoutée de la couleur verte. Certains paysans payent plus pour avoir de la paille qui reste verte. Certaines variétés de riz

peuvent « rester vertes », et les « pailles » de haricots et/ou de légumineuses peuvent rester vertes pendant longtemps.

Un autre exemple de « paille verte » est la paille grossière de maïs ou de sorgho récoltée avant la pleine maturité du grain. Cette sorte de paille verte (p. ex. après la cueillette de jeunes épis non mûrs) a une valeur alimentaire plus élevée que les pailles jaunes, et peut être vendue et donnée comme fourrage vert de qualité moyenne (1,7E, voir Tableau 3). Du fourrage vert peut aussi être récolté sur le maïs en pleine croissance par effeuillage et/ou éclaircissage (voir Paragraphe 3.4). Si le paysan récolte avant la pleine maturité du grain, soit en cueillant des épis de maïs pas encore mûrs, soit en effeuillant, il doit mettre en balance le coût et la valeur du fourrage vert, et la perte de rendement en grain.

Les repousses d'une culture après récolte sont une sorte particulière de fourrage vert. Le paysan peut couper les repousses de pailles grossières et les ramener à la ferme pour les donner directement à ses animaux, ou bien les faire sécher et les stocker. Les repousses de pailles fines sont plus difficiles à couper, car elles sont souvent plus courtes. La meilleure façon de les utiliser est de laisser les animaux les brouter. (Voir ci-après sous « Repousses »).

Les mauvaises herbes et les cultures non céréalières

Les mauvaises herbes vertes peuvent être utilisées pour l'alimentation animale. Elles constituent un fourrage très utile, meilleur que les pailles et chaumes secs jaunes ou bruns. Le paysan peut les laisser à brouter aux animaux ou les ramener pour l'alimentation à l'étable. Certaines mauvaises herbes sont toxiques, mais les paysans sont au courant de ces risques.

Les cultures non céréalières donnent des restes fibreux ressemblant aux pailles. Il s'agit de tiges de légumineuses et de feuilles de canne à sucre, mais aussi d'herbes sèches, de feuilles de légumes (attention aux résidus de la vaporisation de pesticides chimiques !) et de feuilles de cultures comme le jute. Les feuilles vertes de l'arachide, du manioc et de la patate douce res-

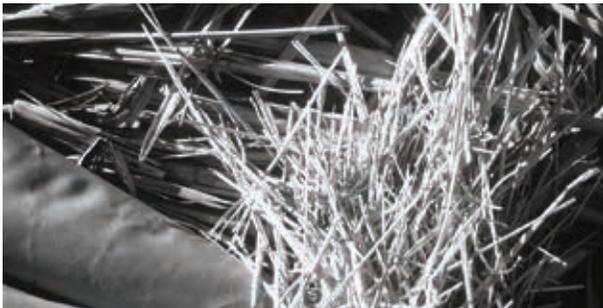


Figure 4 : En haut : Paille fine en botte, bien conservée et non moisie, collines de la région centrale, Nicaragua. Au centre : La paille grossière (verte) de maïs (à arrière-plan) est un meilleur fourrage que la paille fine (jaune) de riz (au premier plan), Bangalore, Inde. En bas : La paille fine (au premier plan) est meilleure que la paille grossière de sorgho (à l'arrière-plan), Khartoum, Soudan.

semblent aux herbes fraîches, et leur valeur alimentaire est suffisante pour atteindre un niveau d'entretien 2E. Les paysans connaissent la différence entre les diverses pailles et les autres fourrages verts. Ils s'appuient sur des critères de qualité tels que l'épaisseur des tiges, la jutosité, le contenu en feuilles et le niveau de moisissure. Vous trouverez ci-dessous une liste des principales cultures à sous-produits fibreux.

La canne à sucre

Environ 20-30 % de sa masse végétale totale de la canne à sucre se trouve dans ses feuilles. Les têtes de canne (amarres) se composent de différentes parties : les feuilles (pas très bonnes), la gaine (mauvaise) et la tête proprement dite (bonne). La meilleure façon d'en nourrir les animaux est de leur en donner de grandes quantités et de les laisser choisir ; ne hachez pas les têtes en trop petits morceaux (<40 cm), car cela empêcherait les animaux de choisir. Le traitement des têtes à l'ammoniac ou à l'urée a peu d'effet, ou pas du tout, sur leur valeur nutritive. L'ensilage est seulement possible si les têtes ont été hachées et compactées.

La bagasse est la masse fibreuse qui reste après la pression du jus de la canne. La bagasse est composée uniquement de parois cellulaires. Le mieux est de l'utiliser comme combustible pour la fabrication du sucre ou comme engrais pour l'amendement des sols. Il est techniquement possible de faire « exploser » les fibres de canne par un traitement à la vapeur (pratique seulement si vous habitez à proximité d'une fabrique de sucre), mais la bagasse n'est pas un ingrédient important pour l'alimentation animale, sauf en tant que source de fibres dans des rations très concentrées.

La mélasse est un autre sous-produit de la canne au niveau de la ferme. Du fait qu'elle peut être utilisée de nombreuses façons (p. ex. pour la fabrication d'alcool), la mélasse est un fourrage coûteux. On peut l'utiliser en petites quantités pour sucrer les pailles et augmenter leur palatabilité. La mélasse peut être aussi vaporisée sur les pailles comme support d'autres ingrédients comme l'urée, des minéraux ou des médicaments, notamment vermifuges. La mélasse est un ingrédient de base des pierres à lécher mé-

lasse/urée (voir Encadré 4.2). Il est techniquement possible de donner au bétail de grandes quantités de mélasse comme concentré, mais c'est une pratique peu courante en raison de ses autres utilisations.

Les légumineuses

Les légumineuses (haricots) donnent des « pailles » pouvant servir de bon fourrage. Ici aussi, il y a des différences entre les différentes parties de la plante : les tiges (faible valeur nutritive, environ 1E) et les feuilles (moyenne et bonne qualité, 1-2E). Les feuilles ont la meilleure valeur nutritive, mais elles doivent être correctement récoltées et stockées afin de rester aussi intactes que possible. Souvent, elles sont fragiles et s'effritent dans le champ, et il ne reste au paysan que les tiges. Un traitement à l'urée n'a aucun effet sur la valeur nutritive des pailles de haricot.

Les tiges et les feuilles vertes

Les tiges et les feuilles vertes sont souvent souillées, ce qui accroît le risque de moisissure. À condition d'être propres, les tiges et les feuilles de manioc et de patate douce, ainsi que les feuilles d'arbre, ont une valeur nutritive similaire à celle des herbes vertes (2E). Elles sont très nutritives, mais peuvent aussi être toxiques (car elles contiennent par exemple de l'acide prussique), comme c'est le cas des feuilles de manioc et des repousses de sorgho.

Les herbes sèches

Les herbes sèches ressemblent aux pailles grossières (valeur nutritive : environ 1E). Elles peuvent être coupées et stockées, mais il est souvent plus facile de laisser les animaux les brouter. Le traitement à l'urée n'a qu'un léger effet et n'est donc pas recommandé. L'alimentation sélective est possible quand les herbes sèches sont abondantes. La meilleure option est sans doute de les donner aux animaux telles quelles, sèches et non traitées si elles sont abondantes, sinon hachées et/ou trempées.

3.3 Les quantités de paille

La valeur nutritive

La paille fournie par 1 hectare de céréales permet de nourrir une vache pendant un an, juste à son niveau d'entretien ou juste en dessous (0,9-1E, voir Encadré 5). Pourtant, les pailles sont souvent trop peu sucrées et trop peu vertes pour maintenir un animal en vie pendant longtemps. Une légère perte de poids est souvent acceptable, mais les animaux qui ne consomment que des pailles fines pendant plusieurs mois voient leur santé et leur capacité de production et de reproduction fortement affectées. À condition d'être correctement récoltées et stockées, les pailles grossières peuvent fournir juste assez de nutriments pour maintenir les animaux à leur niveau d'entretien ou légèrement au-dessus, en particulier si elles sont abondantes et si les animaux peuvent en sélectionner les meilleures parties.

La quantité de paille

La quantité de paille se mesure le mieux sur place, mais on peut aussi l'évaluer (Encadré 5). Le mieux est de baser les quantités exactes sur des données recueillies dans le champ, car les chiffres diffèrent en fonction des conditions climatiques et les pratiques de récolte. En règle générale, un rendement de 4 000 kg de grain (fin) est associé à environ 6 000 kg de paille. Les rendements en grain du sorgho et du millet peuvent être plus bas, mais comme ces céréales produisent davantage de paille par kg de grain, la quantité totale de paille est souvent pratiquement la même.

Les pertes en paille

Les paysans brûlent souvent la paille ou la laissent se décomposer dans le champ. Un léger brûlage des pailles permet aux animaux de sélectionner plus facilement les grains tombés et les mauvaises herbes. Le brûlage économise de la main-d'œuvre, réduit l'incidence des maladies et des ravageurs, et facilite la culture du champ, mais va au détriment de la fertilité et de la vie du sol (voir Paragraphe 7.3). Un violent brûlage des pailles détruit les repousses et les mauvaises herbes, mais cette pratique est peu courante.

Le plus souvent, la paille est laissée éparpillée ou mise en rangées et brûlée très vite.

Encadré 5 : Calcul des quantités de paille de céréales

Les ratios paille/grain peuvent facilement être mesurés dans le champ, mais il existe certaines règles générales.

Les pailles fines

Pour les pailles fines et dans de bonnes conditions de récolte, le ratio paille/grain est généralement inférieur à 1,5:1. Autrement dit, on n'obtient pas plus de 1,5 kg de paille par kg de grain.

Les pailles grossières

Pour les pailles grossières, les ratios paille/grain sont sensiblement plus élevés, supérieurs même à 2:1. Autrement dit, on obtient plus de 2 kg de paille par kg de grain, en particulier dans de mauvaises conditions de croissance et de récolte. Dans de telles conditions, le ratio paille/grain est très élevé parce qu'il y a peu de grain.

L'indice de récolte

Une autre façon d'évaluer la quantité de paille est d'utiliser l'indice de récolte, c'est-à-dire la proportion de grain en % de la biomasse totale au-dessus du sol. En fait, l'indice de récolte est le ratio paille/grain inversé. Les indices de récolte tournent en général autour de 30-50 %, ce qui signifie des ratios paille/grain de 2:1 (ou plus).

Si le ratio paille/grain est de 1,5:1, un rendement en grain de 4 000 kg/ha par saison peut donner 6 000 kg de paille, à condition qu'elle soit coupée au ras du sol et manipulée avec soin.

Les animaux peuvent consommer jusqu'à 1,5 % de leur poids corporel en paille. Cela signifie qu'une vache de 350 kg mangera environ $0,015 \times 350 = 5,25$ kg de paille par jour, c.-à-d. presque 2 000 kg par an. Par conséquent, une récolte de 6 000 kg de paille suffira en gros à nourrir trois vaches de 350 kg pendant un an, à condition que toute la paille soit correctement récoltée et stockée !

Dans la pratique, les rendements en paille par hectare par an peuvent être plus hauts ou plus bas, avec des rendements en grain plus hauts ou plus bas, ou il peut y avoir deux récoltes par an.

Il est plus facile de laisser les animaux brouter la paille que de la récolter, la transporter et la stocker, mais il est difficile alors d'évaluer les quantités réellement consommées. Les animaux piétinent la paille, ce qui la rend immangeable et réduit la quantité disponible. Les animaux gardés à l'étable gaspillent du fourrage en sélectionnant les meilleures parties (feuilles et têtes) et en laissant les tiges. La paille est également perdue si elle n'est pas récoltée bien sèche et correctement stockée.

Les repousses

Les cultures céréalières produisent normalement des repousses vertes. La valeur nutritive de ces repousses après récolte avoisine celle des herbes. Le paysan peut choisir des variétés de céréales qui donnent beaucoup de repousses. La quantité de repousses récoltées dépend du niveau auquel la plante est coupée (au niveau du sol, c.-à-d. juste au-dessus des racines, ou à un niveau beaucoup plus haut). Cela aussi a une influence sur la qualité des repousses, car les parties les plus basses sont souvent les plus coriaces et les plus souillées.

Les repousses comptent facilement pour un quart de la culture principale. , Un chiffre de 500-1 000 kg de repousses par ha est réaliste pour le sorgho et le millet en fonction de la variété, des pluies, de la période qui suit la récolte et de la hauteur de coupe. Les céréales fines donnent moins de repousses, mais 3 000 kg de paille + 10 % de repousses (c.-à-d. 300 kg) valent tout de même la peine d'être récoltés !

Certaines repousses sont toxiques, en particulier celles du sorgho et peut-être aussi celles de certains millets. Des repousses luxuriantes de sorgho peuvent être toxiques, en particulier lorsqu'une période sèche a été suivie de pluies abondantes. Le risque est réel, mais il peut facilement être surmonté en exposant au soleil les repousses vertes pendant une journée. Dans certains pays, les paysans ne commencent à utiliser les repousses de sorgho qu'après qu'elles ont dépassé 50 cm de hauteur.

Le broutage des chaumes et des repousses, y compris des mauvaises herbes et des grains tombés, peut constituer une importante source de nourriture.

L'élevage de canards dans les rizières en Asie du Sud-Est et le broutage des moutons en Australie et au Moyen-Orient sont basés en grande partie sur les grains tombés. Les paysans gèrent le broutage de façon à ce que les animaux les plus productifs bénéficient d'un meilleur fourrage – plus de grains, plus de repousses et plus de mauvaises herbes – que les animaux les moins productifs.

Les mauvaises herbes

Dans de nombreuses zones rurales pauvres, les paysans ramènent à la ferme des mauvaises herbes et/ou des pailles comme partie de leur salaire journalier. Il peut être avantageux d'ajouter des mauvaises herbes à la ration de paille, même en petites quantités, car les mauvaises herbes sont une bonne source de minéraux (azote et phosphore) et de vitamines (en particulier la vitamine A, garante d'une bonne fertilité).

Les mauvaises récoltes

La quantité et la qualité des pailles issues de récoltes (partiellement) mauvaises dues à la sécheresse sont généralement plus élevées que normalement. Une mauvaise récolte (peu ou pas de grain) donne un ratio paille/grain plus élevé qu'une bonne récolte. Comme la paille d'une mauvaise récolte contient du grain non récolté, sa valeur nutritive est plus élevée. De plus, les tiges et les feuilles d'une mauvaise récolte sont plus sucrées et plus vertes, parce que moins de sucres et de protéines sont montés jusqu'au grain. Finalement, une mauvaise récolte due à la sécheresse signifie que la paille se conservera mieux.

Les mauvaises récoltes dues aux inondations donnent souvent des pailles et des herbes plus grandes, plus juteuses et plus vertes, mais leur récolte et leur stockage est plus difficile. La culture peut être ensilée ou traitée, mais ces deux procédés sont assez compliqués (voir Chapitre 5).

Le contenu en matière sèche

Les herbes fraîches, les mauvaises herbes et les feuilles d'arbre ont souvent un contenu en matière sèche d'approximativement 20 % ou moins,

c'est-à-dire que 10 kg de fourrage frais contiennent 2 kg de matière sèche. La plupart des pailles sont presque sèches au moment de la récolte ; elles contiennent généralement environ 90 % de matière sèche, c'est-à-dire qu'en général 10 kg de paille contiennent 9 kg de matière sèche.

3.4 Les sortes de paille et les pratiques agricoles

Les paysans peuvent utiliser des pailles de différentes qualités afin de mieux alimenter leur bétail et de compenser la valeur nutritive plus faible d'autres fourrages. Cependant, d'autres facteurs, notamment le climat et les pratiques agricoles telles que la distance de plantation, la culture mixte, l'éclaircissage, le désherbage, la récolte et le stockage, ont sans doute une plus grande influence sur la qualité de la paille que les différences entre les diverses sortes de paille.

Les paysans ne peuvent rien changer aux conditions météorologiques, mais ils peuvent prendre des mesures pour réduire leurs effets (p. ex. coupe-vent, plantes ombrageantes, rythme et systèmes de culture). Ils peuvent aussi influencer de nombreux aspects de la qualité du sol, comme la structure du sol, la fertilité, le taux de matière organique, la capacité de drainage, la couverture végétale, le labour à contre-pente. Finalement, ils peuvent choisir la sorte de céréale à cultiver et leurs méthodes de culture.

Les influences climatiques

Sous les climats humides, le ramassage et le stockage à sec des pailles est difficile, mais le fourrage vert est souvent disponible, à moins que les pailles ne soient en forte demande, soit parce que la densité de population est forte, là où les lopins agricoles sont petits, ou parce que des systèmes de culture intensive ne donnent pas suffisamment de fourrages verts.

Dans les régions plus humides, les pailles fines sont plus courantes, alors que les pailles grossières se rencontrent souvent dans les zones semi-arides où la météo est plutôt imprévisible et où les mauvaises récoltes sont fréquentes. Dans ces régions, la demande en fourrage (et le prix des pailles) est souvent plus élevée, à cause de la rareté du fourrage vert pour, par exemple,

l'alimentation des animaux de trait au début de la saison des pluies. Dans de nombreuses régions, la qualité de la paille dépend surtout d'une bonne gestion après récolte.

Le choix de la sorte de paille

Les paysans peuvent baser leur choix et leur gestion des cultures céréalières sur le rendement potentiel en grain et sur la qualité et la quantité de paille qu'ils désirent obtenir. Différentes sortes de cultures céréalières produisent différentes qualités de paille en différentes quantités, mais il est important de se souvenir qu'une même variété céréalière ne produit pas toujours une paille de même qualité et dans les mêmes quantités. L'utilisation d'une plus grande quantité d'engrais et la création de conditions de croissance plus favorables entraîneront une augmentation du volume et de la qualité de la paille obtenue.

Certaines pailles restent vertes plus longtemps et conservent leur valeur nutritive mieux que d'autres. Comparées aux pailles (fines) de riz et de blé, les pailles grossières de maïs, de millet et de sorgho sont souvent de meilleure qualité et plus coûteuses. En particulier dans les zones aux conditions climatiques très variables, les paysans sont habitués aux mauvaises récoltes et veulent être assurés de récolter au moins suffisamment de bonne paille. Ils préfèrent souvent les céréales (grossières) qui donnent plus de paille de meilleure qualité.

Il y a une cinquantaine d'années, l'introduction de variétés à haut rendement (VHR) a influé sur la quantité et la qualité des pailles produites. Beaucoup de gens pensent que les variétés de céréales à tige courte donnent moins de paille et de la paille de moins bonne qualité que les anciennes variétés. Bien qu'au niveau de la plante individuelle, les VHR produisent relativement moins de paille et plus de grain, les VHR comme cultures ont un rendement beaucoup plus élevé en tonnes par hectare. Par conséquent, non seulement le rendement total en grain est plus élevé, mais aussi la quantité totale de paille. Par ailleurs, les nouvelles VHR ont tendance à

avoir moins de tiges et plus de feuilles, ce qui donne une meilleure qualité de paille, sauf peut-être le riz.

Les pratiques culturales

Les pratiques culturales influant sur la quantité et la qualité de la paille sont notamment :

- la densité de plantation
- l'effeuillage
- la culture intercalaire
- la récolte
- les pratiques après récolte

Aucune de ces pratiques ne doit être considérée à elle seule. Toutes sont liées à d'autres aspects comme les modes de culture, le choix de la céréale, le travail du sol, la main-d'œuvre disponible, l'utilisation de machines agricoles et l'économie agricole. Les paysans peuvent vouloir récolter au ras du sol afin d'obtenir davantage de paille, mais une coupe basse peut être peu pratique. D'autres considèrent que la partie supérieure de la paille est meilleure que ses parties inférieures. Les coutumes locales prescrivent souvent les pratiques de récolte, telles que la hauteur de coupe et le stockage, même si les raisons en sont parfois anachroniques et contre-productives.

La densité de plantation

La densité de plantation est le nombre de plants par unité de surface. Une forte densité de plantation signifie des cultures plus serrées, des tiges plus fines (moins ligneuses, donc plus juteuses) et moins de mauvaises herbes. Les coûts plus élevés des semences et de la main-d'œuvre doivent être compensés par des rendements plus élevés en grain et en paille. Les conditions locales déterminent si une plus forte densité de plantation vaudra la peine, et les paysans doivent calculer les coûts et bénéfices. Des précipitations incertaines, les types de sols locaux et la présence d'animaux nuisibles influent également sur les pratiques d'ensemencement et de plantation.

L'effeuillage

L'effeuillage ou « éclaircissage » consiste à cueillir tôt dans la saison les feuilles basses qui sont encore vertes, mais qui commencent à jaunir quand les plantes mûrissent. Les jeunes feuilles hautes sont laissées pour produire des sucres au profit du grain, et les feuilles basses en pleine maturation sont cueillies et données directement aux animaux ou mise à sécher pour une utilisation ultérieure. L'effeuillage exige beaucoup de main-d'œuvre et influe sur le rendement en grain. Les paysans doivent donc mettre en balance le besoin de main-d'œuvre, le rendement de la culture et les besoins de leurs animaux.

La culture intercalaire

La culture intercalaire et la culture en relais sont des variantes de ce qu'on appelle souvent « culture mixte ». Il s'agit de reconcevoir la ferme afin d'obtenir un meilleur rendement combiné des cultures et des animaux. Il existe plusieurs options :

- En plantant des légumineuses au moment où la culture principale commence à mûrir, on peut accroître le rendement en paille. Les légumineuses envahissent la paille sur pied et améliorent sa valeur nutritive. Le fourrage obtenu est de meilleure qualité, à moins qu'une mauvaise gestion ou un taux élevé d'humidité ne provoque des moisissures.
- En plantant un mélange de céréales mûrissant à différents moments, on peut s'assurer d'au moins une récolte dans des conditions incertaines. Cela signifie (plus ou moins) aussi que des pailles vertes seront disponibles pendant une plus longue période, ce qui améliore la valeur nutritive totale.

D'autres formes de culture mixte aident aussi à obtenir un fourrage (vert) à côté de la paille. Elles comprennent :

- La culture en allées, une variante de la culture intercalaire. Par exemple, le maïs ou le sorgho sont plantés en rangées espacées de 1-2 mètres, et la couverture du sol est assurée par des cultures basses, comme le haricot et la patate douce, plantées entre les cultures plus grandes. On obtient ainsi un approvisionnement plus stable en fourrage vert.

- Des cultures fourragères, comme la moutarde et le trèfle des près, sont plantées quand les céréales ne poussent pas bien (comme on le fait dans les plaines septentrionales du Gange et dans le delta du Nil). Ces cultures fourragères sont utiles aussi comme cultures de rotation, car elles ajoutent des nutriments et barrent la route aux mauvaises herbes, aux animaux nuisibles et aux maladies, soutenant ainsi la culture principale.

La période de récolte et la méthode de récolte

La période de récolte des pailles dépend de la maturité de la culture et du rendement escompté en grain. Elle dépend aussi des conditions météorologiques, de la main-d'œuvre et des autres fourrages disponibles. Chaque stade de croissance implique des choix particuliers en fonction des conditions climatiques, des marchés et des traditions. Ainsi par exemple :

- Tôt dans la saison de croissance, un paysan possédant du bétail peut décider de le faire brouter ; un léger broutage incite même la culture à mieux repousser et les animaux consomment un bon fourrage.
- Plus tard dans la saison, si les pluies ont été suffisantes pour rendre probable un bon rendement en grain, le paysan peut concentrer son attention sur le grain. Si les pluies ont été rares, il peut choisir de se concentrer sur la paille.
- La paille récoltée dans des conditions pluvieuses risque beaucoup plus de moisir que la paille récoltée par temps sec. La paille laissée dans le champ a une valeur nutritive plus faible, car la pluie emporte les nutriments qui se trouvent dans la paille ; les sucres végétaux restent dans la plante, ce qui permet de développement des moisissures.
- La hauteur de coupe influe sur la qualité et la quantité des pailles récoltées. Une coupe haute économise du travail et donne une meilleure paille. Bien qu'il reste moins de paille pour le fourrage, plus de pailles et de repousses restent pour le broutage dans le champ.
- Dans un autre ordre d'idée, la hauteur de coupe et/ou le broutage sont devenus problématiques pour le contrôle de l'érosion (voir Paragraphe 2.4). Dans le Sud-Est de l'Australie et au Moyen-Orient, le broutage a

été réduit et des chaumes plus grands sont laissés dans le champ pour réduire l'érosion par le vent (voir aussi Chapitre 7).

Les systèmes traditionnels permettent aux propriétaires d'animaux, venant souvent d'ailleurs, de laisser leurs troupeaux brouter les pailles et les chaumes. Mais partout dans le monde, les paysans veulent de plus en plus utiliser leur propre paille, et les pasteurs ont plus de difficultés à poursuivre leur mode de vie itinérant.

3.5 Les pratiques après récolte

Les pratiques après récolte comprennent la collecte, le transport et le stockage de la paille. Les pailles destinées à l'alimentation animale devraient être enlevées du champ le plus rapidement et le plus proprement possible afin de pouvoir être correctement stockées à la ferme. Le soleil et la pluie ont une influence négative sur la sucrosité. La pluie emporte les nutriments et provoque des moisissures. Les moisissures détériorent la palatabilité. Elles peuvent aussi entraîner une perte de matière sèche et mettre en danger la santé des animaux. La paille moisie ne convient pas à l'alimentation. Elle ne peut servir qu'à faire du mulch et des litières pour animaux. Un bon stockage doit protéger la paille du soleil, de la pluie, des animaux errants, des insectes et des rongeurs. Les rats et les souris se reproduisent volontiers dans les meules de paille de récoltes (partiellement) mauvaises contenant encore un peu de grain.

Les principes d'un bon empilage :

- a. On empile la paille sèche et propre de sorte qu'elle ne touche pas le sol, afin d'empêcher l'humidité et les animaux nuisibles d'entrer dans la meule.
- b. On couvre les côtés et le dessus de la meule pour empêcher la pluie d'y entrer.

Pour bien couvrir les côtés de la meule, on utilise des bottes bien ficelées aux pailles bien serrées et qui ne dépassent pas. On couvre la meule avec

une bâche, des sacs plastique, des feuilles de palmier, des feuilles de zinc, etc.

Les pailles (tiges) de légumineuses comme les haricots ou les fèves de soja ont des feuilles fragiles qui s'effritent facilement quand on les manipule, et qui moisissent pendant le stockage. Celles qui sont de bonne qualité et bien séchées ont une bonne valeur nutritive et il est recommandé de les stocker dans des bacs ou des sacs rangés dans un endroit sec.

Certains paysans « stockent » simplement leurs pailles sur le toit de leur maison ou de leur étable. Elles sont ainsi à l'abri des animaux errants, mais elles sont exposées au soleil et à la pluie. Cela est funeste pour leur valeur nutritive, mais c'est parfois la solution la plus facile dans la pratique.

4 Les pailles dans l'alimentation à l'étable

4.1 Les différents systèmes d'alimentation

Les animaux sont gardés de différentes manières en fonction du climat, des traditions, des systèmes agricoles et des marchés. En général, les paysans nourrissent leurs animaux selon trois méthodes différentes, à savoir :

- **L'alimentation à l'étable** – les animaux sont gardés et nourris dans une étable la majeure partie du temps ou en permanence.
- **Le système mixte** – les animaux vagabondent (ou sont gardés) dehors pendant une partie de la journée (ou de l'année) et retournent à l'étable pour la nuit (ou pendant la saison sèche) – où ils consomment du fourrage additionnel (pailles).
- **Le pâturage** – les animaux sont gardés dans des zones où l'herbe pousse après les pluies, ou dans les champs où il y a des restes de céréales, des chaumes, des repousses ou des mauvaises herbes.

Le Chapitre 4 porte sur les pailles utilisées « telles quelles » comme fourrage – en particulier dans les systèmes d'alimentation à l'étable.

Le Chapitre 5 décrit les traitements pour rendre la paille plus facile à consommer et plus nutritive – en particulier pour l'alimentation à l'étable.

Le Chapitre 6 aborde brièvement le pâturage.

Les méthodes d'alimentation choisies par les paysans dépendent en grande mesure du type de système agricole pratiqué. Les paysans disposant de ressources abondantes ont généralement recours à un plus haut niveau d'intrants, car ils peuvent se permettre d'acheter du fourrage et des engrais, et de modifier la quantité de fourrage qu'ils donnent à leurs animaux. Les paysans disposant de ressources limitées doivent se contenter des quelques ressources auxquelles ils ont accès ; ils doivent « composer avec de mauvaises conditions », ce qui peut signifier se contenter de pailles de mauvaise qualité.

Encadré 6 : Composer avec de bas niveaux de production

Les ressources abondantes

Quand les ressources sont abondantes, les paysans peuvent se permettre d'acheter du fourrage d'excellente qualité et ils obtiennent ainsi de leurs animaux de hauts niveaux de production. Les paysans disposant de ressources abondantes dans les villes ou près des villes achètent du bon fourrage (souvent des pailles vertes de maïs et de sorgho provenant des zones rurales) et laissent les pailles fines de moins bonne qualité aux paysans des zones rurales.

Les ressources limitées

Quand les ressources sont limitées, les paysans ne peuvent pas facilement acheter de bon fourrage et ils doivent ajuster les niveaux de production au fourrage disponible, en prenant pour acquis une perte de poids de leur bétail et des rendements laitiers plus bas. S'ils vendent leurs pailles de meilleure qualité à des paysans riches, la qualité des pailles disponibles pour leur propre bétail décroît.

L'ajout de concentrés peut compenser la mauvaise qualité des pailles consommées. Quand toutes les autres conditions sont bonnes, les vaches peuvent produire 1-1,5 litre de plus par kg de concentré ajouté à leur fourrage. Si 1 kg de concentré coûte moins cher que le prix de vente de 1 litre de lait, la supplémentation est rentable. S'il coûte plus cher, la supplémentation n'est pas rentable.

« Composer avec le fourrage disponible » et donc accepter que la production sera basse est parfois une sage décision, en particulier quand le coût d'une hausse de production serait trop élevé. Un fourrage constitué uniquement de paille peut entraîner une perte de poids, mais les animaux subsisteront jusqu'à l'arrivée des pluies (voir Tableau 5).

Le même raisonnement s'applique aux animaux nourris en vue d'augmenter leur poids vif ou leur puissance de trait. Cependant, il y a des différences. Une perte de poids due à la sous-alimentation peut être compensée par une croissance accélérée lors de la reprise de l'alimentation normale. Parfois, quand les paysans ont la possibilité de vendre des moutons à prix élevé à l'occasion des fêtes religieuses, l'achat de suppléments alimentaires pour engraisser leurs bêtes peut être rentable.

Il est important toutefois de savoir que la sous-alimentation pendant une période de lactation ne fait pas baisser les rendements laitiers uniquement pendant cette période, mais également pendant les périodes de lactation ultérieures. Les concentrés alimentaires peuvent donc être rentables si le paysan désire maintenir ses niveaux de production dans l'avenir.

4.2 L'utilisation des pailles « telles quelles »

Les méthodes d'utilisation des pailles « telles quelles » comme fourrage pour les animaux gardés à l'étable sont notamment :

- « Composer avec le fourrage disponible », c.-à-d. ajuster la production animale au fourrage disponible.
- Supplémenter l'alimentation : ajouter les nutriments manquants en quantités de plus en plus grandes.
- Permettre la consommation sélective.

Un paysan peut s'accommoder d'une pénurie de fourrage (en quantité et/ou en qualité) :

- en choisissant un bétail adapté, c.-à-d. des animaux qui produisent moins, mais qui sont plus robustes, comme le zébu ou des races croisées avec le zébu, plutôt que des races exotiques. Le bétail exotique souffre beaucoup plus de la pénurie et de la mauvaise qualité du fourrage ;

- en choisissant du petit bétail (chèvres ou moutons) plutôt que des vaches, en particulier quand la qualité du fourrage est bonne, mais que sa quantité est limitée. N'oubliez pas : une chèvre de 35 kg consomme et produit environ un dixième de ce que consomme et produit une vache de 350 kg ;
- en appliquant l'alimentation stratégique, c.-à-d. en donnant le meilleur fourrage aux animaux les plus productifs (les femelles gravides et allaitantes) tout en acceptant une perte de poids des animaux moins productifs. Au début de la plantation, ce qui est souvent à la fin de la saison sèche, le besoin de traction animale peut être particulièrement critique. Mais c'est généralement à ce moment-là aussi quand la pénurie de fourrage est la plus grande. L'alimentation des animaux de trait peut alors devenir prioritaire ;
- en acceptant une perte de poids temporaire et en donnant comme fourrage aux animaux des pailles bon marché pour assurer leur survie. Des gains plus élevés en poids vif et/ou de meilleurs rendements laitiers peuvent s'obtenir pendant des périodes où le fourrage bon marché est abondant ;
- en ajustant la période et/ou la fréquence de la mise bas pour la faire coïncider avec la disponibilité du fourrage. Les animaux peuvent être incités à se reproduire moins fréquemment ou seulement à certaines saisons ;
- en déplaçant les femelles gravides et allaitantes dans des endroits où le fourrage est plus abondant et de meilleure qualité. Il est courant que les vaches soient traitées dans les villes ou près des villes et qu'elles soient ramenées à la campagne pour mettre bas et récupérer ;
- en abattant ou en vendant des animaux, souvent à (très) bas prix pendant les périodes de pénurie de fourrage. De la paille mélangée à des feuilles d'arbre et à des restes de cuisine permet au bétail de rester en vie. Comme disait un paysan d'une zone aride de l'Ouest de l'Inde : « Nous n'avons pas de pénurie de fourrage, nous vendons nos animaux avant que la saison sèche ne soit trop rude ! »

Tableau 5 : Méthodes d'ajustement du troupeau en réponse à la disponibilité changeante des pailles et des concentrés selon les saisons et les endroits, en appliquant des stratégies alimentaires de base

Situation alimentaire		Manque constant de qualité et de quantité	Pénurie de pailles, mais suppléments disponibles
Stratégies d'ajustement du troupeau			
Choix des animaux et taille du troupeau	Beaucoup d'animaux (grands et/ou petits) restent en vie sous de mauvaises conditions, même sans produire beaucoup	Quelques animaux seulement (grands et/ou petits) restent en vie sous de mauvaises conditions	Les animaux à haut rendement (viande et lait) - chèvres, moutons et vaches - consomment peu de paille et beaucoup de suppléments
Mise bas ajustée, combinée à un abattage saisonnier	Très pertinente : mise bas pendant la saison d'abondance, abattage pendant la saison creuse	Pas très pertinente, car sans caractère saisonnier	Le jeune bétail est élevé dans d'autres régions ayant suffisamment de fourrage et pas de marchés
Grand troupeau ; bas rendement par animal ; engrais de valeur	Un grand troupeau peut être utile, la plupart du temps en pâturage ; bas rendement par animal	Un grand troupeau n'est pas utile, animaux nourris généralement à l'étable	Aucune stratégie d'ajustement du troupeau n'est utile
Stratégies alimentaires			
Valeur des pailles et des herbes pour la survie des animaux	Très grande. Ces fourrages constituent l'essentiel de ce système ; la production de lait et de viande par tête est basse ; marchés souvent très éloignés	Très grande, mais ces fourrages ne sont disponibles qu'en petites quantités.	De petites quantités de pailles et d'herbes sont utilisées pour un bon fonctionnement du rumen, mais pas comme fourrage principal
Principales stratégies alimentaires	Alimentation stratégique, pierres à lécher, mélanges dilués urée-mé-lasse, consommation sélective	Hachage, trempage	Supplémentation modérée ou même de substitution + paille sur tout comme source de fibres pour un bon fonctionnement du rumen
Exemples de ces systèmes d'alimentation	Pâturages naturels et terres forestières et/ou zones où poussent beaucoup de céréales ; utilisation des animaux pour la traction et l'engrais	Zones agricoles à forte densité de population humaine et animale	Zones ayant un bon accès aux marchés, en général près des grandes villes et des ports

4.3 La supplémentation

La faible valeur nutritive des pailles « telles quelles » peut être compensée par une supplémentation, c.-à-d. par l'ajout de nutriments tels que son, tourteaux, grains et feuilles vertes. On distingue trois niveaux de supplémentation (voir Figure 5) :

1. **La supplémentation catalytique**
Des suppléments sont ajoutés en petites quantités (10-15 % de la ration totale) pour stimuler la digestion en améliorant le fonctionnement du rumen.
2. **La supplémentation modérée**
Des nutriments manquants sont ajoutés en quantités modérées (15-60 % de la ration totale).
3. **La supplémentation de substitution**
Des suppléments sont ajoutés pour compenser un fourrage de mauvaise qualité, à des niveaux supérieurs à 60 % et allant même jusqu'à 70 % de la ration.

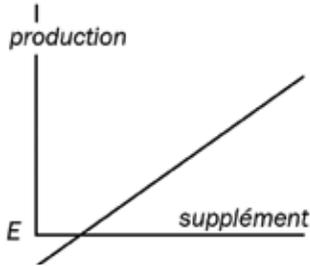
La supplémentation catalytique

Les ruminants digèrent la paille dans leur premier estomac (le rumen) à l'aide de bactéries, lesquelles ne fonctionnent pas correctement avec seulement de la paille. Les bactéries ont besoin elles aussi de nutriments. L'ajout de petites quantités de nutriments manquants aide le rumen à « démarrer rapidement ». La supplémentation catalytique a pour but de fournir de petites quantités de ces nutriments d'importance cruciale (voir Figure 5C).

La supplémentation catalytique pour améliorer la quantité consommée et la digestibilité du fourrage utilise trois méthodes d'alimentation bien connues, à savoir :

- les pierres à lécher
- les rouleaux à lécher
- l'urée vaporisée sur la paille (voir Tableau 6)

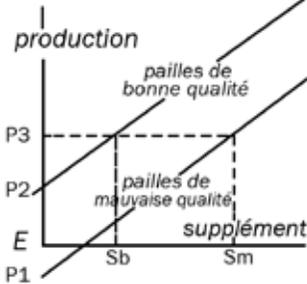
Figure 5 : Effet des trois niveaux de supplémentation sur la production animale



A: Effet de la supplémentation sur la production animale

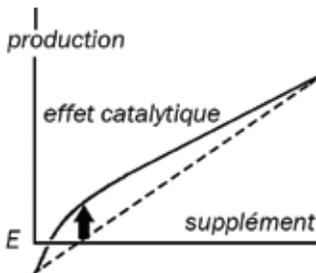
La production (axe vertical) augmente en ligne droite quand la quantité de supplément augmente (axe horizontal).

E = niveau d'entretien (dans la pratique, la ligne n'est pas droite, voir Figures C et D).



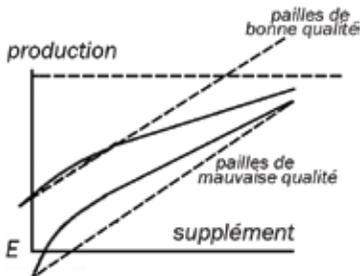
B: Effet sur la production d'une alimentation avec des pailles de mauvaise qualité et d'une alimentation avec des pailles/herbes de bonne qualité

Les animaux nourris uniquement avec des pailles de mauvaise qualité perdent du poids. Ils ont besoin de suppléments pour maintenir leur poids. Les animaux peuvent prendre un peu de poids (P2) s'ils sont nourris avec des pailles grossières de bonne qualité et/ou avec des pailles traitées. Pour atteindre le même niveau de production (P3) en donnant uniquement des pailles de mauvaise qualité, il faut ajouter plus de suppléments (Sm) que lorsqu'on donne des pailles de bonne qualité (ou traitées) (Sb).



C: Effet de la supplémentation catalytique

Les bas niveaux de supplémentation (catalytique) peuvent accroître de manière disproportionnée (voir flèche) la quantité de production obtenue avec un fourrage constitué de pailles et d'herbes de mauvaise qualité. La ligne brisée représente la ligne pleine de la Figure A.



D: Effet de la supplémentation de substitution

Dans ce cas les suppléments constituent la majeure partie de la ration. La différence de qualité entre les pailles est moins importante et les effets sur la production sont voisins. Les lignes brisées représentent les lignes pleines de la Figure B.

Tableau 6 : Différentes manières de fournir une supplémentation catalytique

Méthode	Pierres à lécher mélasse/urée	Mélanges dilués mélasse/urée (agi- tateur à tambour)	Urée vaporisée sur la paille
Quoi	Mélasses + substances durcissantes + urée (azote) + un des produits suivants : minéraux, médicament vermifuge, petites quantités d'aliments spéciaux, p. ex. farine de poisson, tourteaux de graines de coton	Urée + autres nutriments dissous dans des mélasses, avec ou sans suppléments minéraux et/ou médicaments	Solution à 2 % (2 kg d'urée dans 100 litres d'eau/100 kg de paille sèche)
Avantages	Augmente la quantité consommée de fourrage de mauvaise qualité. Léchage = consommation lente et constante de nutriments catalytiques pour stimuler l'activité du rumen (et éviter d'ingestion de niveaux toxiques d'urée)	Léchage = consommation lente et constante de nutriments catalytiques pour stimuler l'activité du rumen (et éviter l'ingestion de niveaux toxiques d'urée)	La vaporisation permet une répartition uniforme de l'urée sur la paille. Les animaux ne mangent pas assez rapidement la paille vaporisée pour ingérer des quantités toxiques d'urée. Les mélasses peuvent être utilisées à la place de l'eau pour accroître la quantité de paille consommée.
Inconvénients	Une consommation irrégulière accroît le risque que les animaux avalent des gros morceaux de pierre. Trop d'urée est toxique.	En cas de grande consommation de mélanges dilués, la supplémentation catalytique devient facilement une supplémentation modérée..	Attention aux fourmis si vous utilisez des mélasses. Veillez à ce que les animaux ne boivent pas la solution d'urée !
Utilisée où	Pâturages	Pâturages	Étable

NOTE : Toutes ces formes de supplémentation catalytique pour accroître la quantité de paille consommée ne sont utiles que si la paille est abondante. Sinon, les réserves de fourrage seront épuisées avant la fin de la saison.

Beaucoup de petits paysans utilisent des feuilles d'arbre ou de déchets de cuisine en petites quantités (5-15 % de la ration totale) comme supplément catalytique. Au-dessus de 15 %, la supplémentation devient « modérée » et l'effet catalytique est perdu ; la supplémentation modérée n'a pas d'effet activateur.

L'alimentation catalytique est utile si elle fait la différence entre la mort et la survie des animaux, si le supplément catalytique est bon marché et si les pailles et les herbes de mauvaise qualité sont abondantes, comme dans le cas du pâturage naturel. L'alimentation catalytique est contre-productive si elle est utilisée pour accroître la quantité consommée lorsque la quantité de paille disponible est limitée, car elle entraîne une plus grande pénurie de fourrage vers la fin de la saison creuse.

La supplémentation modérée

La supplémentation modérée est une manière de nourrir le bétail en ajoutant des nutriments manquants, tout en faisant une utilisation maximale de pailles et d'herbes. Le supplément constitue entre 20 et 60 % de la ration totale, selon le fourrage principal (ou produit de base) donné. S'il s'agit d'herbes jeunes et vertes, riches en sucrosité et pauvres en fibres, le supplément constituera jusqu'à 50 % de la ration totale. S'il s'agit de pailles grossières riches en fibres et beaucoup plus pauvres en sucrosité, la supplémentation sera probablement plus proche de 60 % ou même de 70 %. Dans la supplémentation modérée, 10 kg de fourrage contiennent 2-6 kg de supplément. Dans cette fourchette, la réaction des animaux au supplément est assez constante (voir la ligne droite à la Figure 5B).

Les suppléments riches en féculents, comme les bananes et les résidus de manioc, ont un taux de protéines similaire à celui des pailles. Ils ne peuvent être utilisés comme fourrage que si l'on y ajoute des protéines, sous forme p. ex. de feuilles de légumineuses et de tourteaux. Les suppléments comme les grains (cassés) et le son ont des taux moyens de protéines (8-14 %), mais les tourteaux de graines oléagineuses peuvent contenir jusqu'à 20-40 % de protéines.

L'objectif est de tirer l'effet maximum de l'ensemble du fourrage (ration totale = produit de base + supplément), en acceptant le fait que l'ajout d'un concentré réduira la quantité de paille consommée par les animaux et donc aussi la quantité de nutriments tirés d'elle.

La supplémentation de substitution

Quand les ressources sont abondantes, certains paysans donnent à leurs animaux des rations constituées de plus de 50-70 % de suppléments, p. ex. près des villes où les concentrés sont bon marché et les pailles coûteuses. Un peu de paille est nécessaire afin d'éviter l'acidose, un trouble de l'équilibre acido-basique dû à de hauts niveaux de concentrés. L'acidose est un trouble du rumen (voir glossaire).

Tableau 7 : Pertinence des trois stratégies de supplémentation

Stratégies de supplémentation	Supplémentation catalytique	Supplémentation modérée	Supplémentation de substitution
Fonction des pailles	Fourrage de base bon marché	Fourrage de base bon marché	Pour éviter des troubles du rumen
Niveau de production	Survie et sous-entretien	Modéré 1-3 x entretien	Elevé 3 x entretien ou plus
Exemples de systèmes alimentaires	Pâturage naturel, alimentation à l'étable Pierres à lécher (sur le pâturage) et/ou vaporisation d'urée (à l'étable)	Pâturage et alimentation à l'étable dans des systèmes à haut niveau d'intrants, avec un bon accès aux marchés pour l'achat de concentrés et la vente de produits (lait, viande)	Systèmes à haut niveau d'intrants, avec alimentation à l'étable, quand les ressources sont abondantes, près des villes

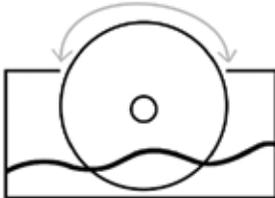


Figure 6 : En haut : un vieux pneu est utilisé comme auge pour donner aux animaux un mélange de mélasses, de minéraux, de médicaments ou de concentrés riches en protéines comme les tourteaux de graines de coton (pas de mélange d'urée !). Au centre et en bas : photo et croquis d'un agitateur à tambour placé dans une auge. Cet appareil permet aux animaux de lécher le mélange mélasse-urée en petites quantités, ce qui assure une quantité consommée constante, tout en évitant l'intoxication à l'urée. (Photos : <http://cadfor.com.au/murraygreys>)

4.4 La consommation sélective

La consommation sélective est une pratique de gestion que les paysans peuvent utiliser pour influencer activement sur la qualité et la quantité de la paille consommée par leurs animaux, tout en ne traitant les pailles d'aucune manière. Lorsqu'il y a suffisamment de paille disponible, cette pratique permet aux animaux de sélectionner eux-mêmes les meilleures parties du fourrage, comme p. ex. les feuilles. La consommation sélective est une pratique largement répandue, mais souvent mal comprise.

A la fois les paysans et les animaux jouent un rôle dans la sélection du fourrage, qui est la base de la consommation sélective. Les paysans peuvent choisir le type de fourrage à donner à certains animaux, comme dans l'« alimentation stratégique » (voir Paragraphe 4.2). Ils peuvent choisir aussi de nourrir leurs animaux soit « généreusement », soit « chichement ». Dans l'alimentation « chiche » (p. ex. quand la paille est disponible en quantités limitées), les animaux doivent manger ce qu'on leur donne et la sélection n'est pas possible. Dans ce cas, on peut hacher les pailles ou les mélanger à d'autres fourrages pour réduire au maximum la quantité de fourrage refusé. Dans l'alimentation « généreuse » (quand la paille est disponible en abondance), les animaux choisissent eux-mêmes entre les feuilles et les tiges, ou entre les pailles vertes et les pailles sèches ou dures. Dans ce cas, le hachage des pailles est contre-productif.

La consommation sélective est une pratique particulièrement pertinente pour les pailles grossières. Si l'on en donne aux animaux de grande quantité, ils refuseront de manger tout. La paille restante peut constituer plus de 30 % de la ration totale, mais on peut la hacher et la donner en fourrage aux animaux peu productifs, ou encore l'utiliser comme litières, mulch ou engrais. Les chèvres et les moutons sont de très bons consommateurs sélectifs ; les vaches et les buffles ne savent pas très bien sélectionner les feuilles et les tiges, même des pailles fines. La consommation sélective des pailles grossières est plus facile que celle des pailles fines.

Les animaux sélectionnent toujours leur fourrage, à moins qu'ils en soient empêchés. Le hachage et le mélange minutieux de la paille obligent les animaux à manger aussi les parties de mauvaise qualité. Mais dans ce cas, la quantité consommée totale baisse.



Figure 7 : Exemple de consommation sélective : cette vache subsiste grâce à des tiges de pailles grossières, mais elle peut choisir : les restes seront donnés aux taureaux.

5 Le traitement des pailles

5.1 Introduction

Les paysans peuvent décider de traiter les pailles au lieu de les donner « telles quelles » à leurs animaux. La décision dépendra du prix des fourrages et des niveaux de production des animaux. Les pailles, qu'elles soient vertes, jaunes ou sèches, peuvent être traitées de différentes manières pour accroître leur sucrosité, leur verdure, leur patabilité et la quantité consommée. Les principaux traitements sont les suivants :

- **Les traitements physiques**
hachage, trempage, broyage, agglomération et vapeur ;
- **Les traitements chimiques**
à base de soude caustique ou de composés ammoniacaux (en particulier l'urée) ;
- **Les traitements plus complexes**
à base de moisissures, d'enzymes ou autres agents.

Certains de ces traitements sont bien connus et très pratiques ; d'autres sont inefficaces, peu pratiques ou trop coûteux. Les méthodes de hachage et de trempage sont utilisées depuis de nombreux siècles. Les traitements chimiques sont utilisés depuis une cinquantaine d'années. Certains pro-

duits chimiques peu pratiques sur le terrain ne sont mentionnés ici que par un souci d'exhaustivité.

N'oubliez pas : aucun traitement et aucune méthode d'alimentation ne convient dans tous les cas. Les considérations économiques varient en fonction de la disponibilité (et du coût) des pailles, de la main-d'œuvre, des produits chimiques et des autres fourrages, ainsi que du revenu tiré de la production animale. Les traitements les plus pratiques sont le hachage, le trempage et le traitement à l'urée. D'autres méthodes ne sont que légèrement utiles ou pas du tout. Elles sont brièvement mentionnées ici, car les gens sur le terrain peuvent déjà en avoir entendu parler.

5.2 Les traitements physiques

Le hachage et le trempage

Le hachage et le trempage sont des pratiques agricoles traditionnelles ; leur finalité première est d'accroître la quantité consommée d'un fourrage que les animaux ne mangeraient pas autrement. Le hachage de la paille est un travail intensif et les paysans doivent se servir de couteaux, de hachoirs ou d'équipements plus lourds pour réduire les particules de paille à 2-5 cm. Le trempage est un travail moins intensif.

Le trempage et le hachage sont souvent combinés, c'est-à-dire qu'on met la paille hachée à tremper dans un conteneur rempli d'eau ou dans la mangeoire (pas plus d'une nuit). Ainsi, les animaux disposent en même temps de leur eau de boisson. Si le trempage dure trop longtemps, la paille pourrit et les sucres solubles dans l'eau sont perdus quand l'eau est évacuée.

Les pailles hachées peuvent aussi être mélangées à d'autres aliments, comme les concentrés, les mélasses et le sel. Le hachage a sans doute pour effet principal l'amélioration de la palatabilité, car il assouplit le bord sili-cieux dur des pailles (en particulier du riz). Les pailles hachées sont plus faciles à mélanger à d'autres aliments. Elles réduisent donc la dureté, la poudrosité et le gaspillage.

Une autre finalité du hachage est d'augmenter la quantité de paille disponible en empêchant la consommation sélective : les animaux sont obligés de manger les parties qu'ils refuseraient autrement. Les grandes herbes broussailleuses sont hachées pour assurer que les animaux mangent autant les tiges que les feuilles. Dans cette manière, le hachage et/ou le trempage peuvent augmenter la quantité consommée quand la paille disponible est restreinte. Mais s'il y a suffisamment de paille disponible, la meilleure manière d'accroître la quantité consommée est d'en donner beaucoup aux animaux et de les laisser en sélectionner eux-mêmes les meilleures parties.

Les effets du hachage et du trempage sur la digestibilité (= sucrosité) n'ont pas été étudiés en détail, mais ils sont sans doute négligeables. Il y a cependant des exceptions : à certains endroits, l'eau de source est si alcaline que le trempage provoque une sorte de traitement chimique (voir Paragraphe 5.3).

Le fin hachage des pailles à moins de 1 cm permet d'accroître à la fois la quantité consommée et le taux de passage dans le corps de l'animal. Mais un taux de passage plus rapide signifie aussi que la digestion se fait moins bien et que moins de nutriments sont absorbés. Le supplément de travail nécessaire pour hacher ou broyer finement les pailles peut donc être contre-productif.

Certaines méthodes de récolte et de battage peuvent briser la paille en petits morceaux. Des exemples sont le bhousa (paille de blé courte du Nord de l'Inde), la paille de millet dans le Sud de l'Inde, les pailles issues des récoltes mécaniques et les feuilles et les tiges fragiles (mais ayant une bonne valeur nutritive) des haricots et autres légumineuses.

Le traitement à la vapeur

Le traitement à la vapeur est une méthode pratique pour améliorer la qualité des pailles dans les endroits où l'on a accès à la vapeur et à la technologie de la vapeur, par exemple à proximité de moulins à canne à sucre, lesquels sont aussi une source de bagasse. Etant très serrées, les fibres de bagasse ne

réagissent pas à la soude caustique et/ou à l'ammoniac. Dans le traitement à la vapeur, la chaleur et la pression font « exploser » les fibres, ce qui les rend plus cassantes et donc plus faciles à absorber par les bactéries du rumen.

Le traitement à la vapeur demande des ressources et de l'argent : pour les générateurs de vapeur, le combustible et le transport. Comme il y a aussi une certaine perte de matière sèche au cours du processus, les coûts doivent être mis en balance avec les bénéfices. Cela n'est vraiment faisable que dans des conditions économiques et technologiques très spécifiques. Le traitement à la vapeur n'est pas facile à effectuer dans une petite ferme. Même si la bagasse peut être ramenée du moulin à canne à sucre à la ferme sur les charrettes ou les camions qui ramassent la canne dans les champs, le traitement à la vapeur est un processus très coûteux et qui prend beaucoup de temps.

La bagasse traitée à la vapeur est vendue sur les marchés des grandes villes où des producteurs laitiers l'achètent pour ses fibres. La bagasse traitée ne devrait pas coûter plus cher que les pailles localement disponibles, car sa valeur nutritive excède à peine celle des pailles. Par ailleurs, la bagasse connaît d'autres utilisations rentables ; elle sert par exemple dans la fabrication du papier ou comme combustible pour les chaudières des fabriques de sucre. Traitée ou non, la bagasse est parfois exportée pour améliorer la ration de bovins laitiers nourris avec beaucoup de concentrés, mais ceci dépasse le cadre du présent Agrodok.

Autres traitements physiques

D'autres traitements physiques comme le broyage, l'agglomération (pellets), l'extrusion et/ou la pression ne sont pas très pertinents dans les zones rurales.

Le broyage en très petites particules (beaucoup plus petites que 1 cm) exige des coûts pour les machines et l'énergie. Comme ces petites particules traversent rapidement le rumen, elles ne sont pas bien digérées et le traitement est contre-productif.

Les pellets peuvent être de densité très faible, moyenne ou forte. L'agglomération assure un bon mélange qui empêche les animaux de consommer de manière sélective. Elle réduit le volume de la paille et par conséquent les coûts de transport.

Les pellets de densité moyenne, appelés aussi briquettes, ont quelques centimètres de longueur et les particules individuelles sont agglomérées. Les pellets de forte densité ont 1 cm ou moins de longueur. Ils sont produits dans de grandes machines coûteuses requérant une technologie spéciale et beaucoup d'énergie. Ils ne sont donc pas pratiques dans les conditions de terrain et pour les paysans disposant de ressources limitées.

La mise en balles, qui produit des balles de basse densité, n'est pas vraiment une méthode d'agglomération. Elle réduit toutefois considérablement le volume de la paille sans avoir d'effet sur sa valeur nutritive ou sur la quantité consommée. La mise en balles peut se faire à la machine dans les grandes fermes et/ou par des opérateurs. Les paysans disposant de ressources limitées peuvent mettre la paille en bottes ou l'empiler pour la garder au sec et à l'abri des animaux nuisibles, ou encore la vendre s'ils le désirent.

La pression et l'extrusion consistent à exercer sur la paille une forte pression suivie d'une soudaine relâche pour faire exploser les fibres.

La pression, le traitement à la vapeur et l'agglomération peuvent être des méthodes utiles pour produire des aliments spéciaux pour la volaille, les lapins ou les veaux, ou des mélanges concentrés spéciaux, mais ce ne sont pas des techniques pertinentes pour les paysans disposant de ressources limitées.

Tableau 8 : Pertinence et effets des traitements physiques (sauf l'agglomération, la mise en balles et la pression)

Effets des traitements sur:	Traitements		
	Broyage	Trempage	Vapeur
La quantité consommée	Les animaux sont obligés de manger ce qui n'est peut-être pas très nutritif	Les animaux sont obligés de manger ce qui n'est peut-être pas très nutritif	La quantité consommée de fourrage traitée à la vapeur est plus grande que celle du fourrage non traitée
La sucrosité (digestibilité)	Pas d'effet	Peu ou pas d'effet, sauf si l'eau est très alcaline	Un certain effet
La verdure	Pas d'effet	Pas d'effet, sauf si l'eau contient des nutriments spéciaux	Pas d'effet sur le contenu en protéines ou en minéraux

L'utilité & les besoins spéciaux:

Accroît la quantité de fourrage dans les systèmes à bas niveaux d'intrants ; assure une quantité consommée constante du mélange de pailles et autres fourrages (aussi dans les systèmes à hauts niveaux d'intrants).	Accroît la quantité de fourrage, assouplit le fourrage, améliore la palatabilité, empêche la consommation sélective. Peut être combiné avec un apport d'eau de boisson	Utile seulement à proximité de moulins à canne à sucre, si on a accès à la technologie de la vapeur et à de la bagasse. Inutile pour les paysans pauvres ; la bagasse peut être utilisée comme de source de fibres dans les rations très concentrées
--	--	--



Figure 8 : Différentes manières d'utiliser les pailles comme fourrage. A gauche : une installation pour le traitement à la vapeur de la bagasse de canne à sucre en Inde. A droite : deux paysans au Sri Lanka traitent la paille à l'urée.

5.3 Les traitements chimiques

Les produits chimiques les plus couramment utilisés pour améliorer la qualité de la paille sont la soude caustique (hydroxyde de sodium) et l'ammoniac. La soude caustique est efficace, mais elle n'est pas pratique dans les zones tropicales : il est difficile de s'en procurer et elle est dangereuse à manipuler. L'urée est plus facile et moins dangereuse que la soude caustique. C'est aussi une bonne source d'ammoniac (azote), surtout parce qu'elle est généralement disponible comme engrais.

Terminologie et processus

Les traitements chimiques de la paille sont souvent appelés « méthodes d'ensilage », mais « traitement » et « ensilage » sont deux processus très différents. Les traitements sont des méthodes chimiques pour améliorer la valeur nutritive du fourrage. L'ensilage est une méthode dans laquelle des herbes vertes et les pailles de maïs ou de sorgho sont stockées en « silo » pour provoquer une fermentation microbienne.

Encadré 7 : Traitement chimique pour conserver et améliorer le fourrage : une petite histoire

Le traitement alcalin pour assouplir les fibres a d'abord été développé il y a une centaine d'années dans l'industrie papetière. Plus tard, ces traitements ont été appliqués à l'alimentation animale. Le premier produit chimique utilisé à cet effet a été la soude caustique (nom chimique : hydroxyde de sodium, formule chimique : NaOH). Il s'agit d'une substance toxique pouvant entraîner un déséquilibre de sodium chez les animaux. Faire disparaître l'excès de sodium en rinçant les pailles avec de l'eau provoque une perte de matière organique et pollue l'eau.

La soude caustique a été remplacée peu à peu par l'ammoniac, lequel, sous les tropiques, est généralement dérivé de l'urée. Le traitement de la paille à l'urée accroît la quantité consommée et la digestibilité, mais moins que la soude caustique.

Le traitement à l'ammoniac a été particulièrement couronné de succès en Scandinavie car il a permis d'éviter la perte de paille humide. La paille ne sèche pas bien sous les climats froids et humides. Le traitement chimique durant les hivers froids est devenu davantage une méthode de conservation qu'une manière spécifique d'améliorer la valeur nutritive des pailles.

Des tentatives pour conserver la paille humide à l'aide d'urée n'ont pas été couronnées de succès sous les climats chauds du Sud de l'Asie. Dans cette région, le traitement est utilisé pour améliorer la qualité de la paille dans une période de temps d'une ou deux semaines (voir plus bas : Le traitement urée-ammoniac). Ce n'est pas une méthode de conservation, car la qualité a tendance à baisser quand la paille traitée est conservée pendant plus de quelques semaines.

D'autres produits chimiques ont été tentés, p. ex. la chaux (avec ou sans urée), la potasse caustique à base de cendre et même l'urine. Bien que le traitement à la chaux ait été tenté de manière extensive, il n'a presque pas été utilisé dans la pratique, même moins que l'urée. L'utilisation de la cendre de bois des cuisines ou du bois de chauffage pose des problèmes, tout comme celle de l'urine. Le plus gros problème est de recueillir suffisamment de cendres et d'urine, et de calculer la concentration alcaline de ces substances. Aucun de ces produits ne s'est révélé pratique et certains produits chimiques plus exotiques tels que le peroxyde d'hydrogène, l'ozone et les acides, n'ont pas donné non plus de résultats positifs.

Le traitement urée-ammoniac

L'urée est la meilleure source d'ammoniac disponible pour le traitement des pailles sous les tropiques. Elle est facile à stocker, sa manipulation est sans danger et le traitement tire profit des hautes températures. En général, le traitement à l'urée n'est utilisé qu'à très petite échelle, mais son efficacité technique ne fait aucun doute. C'est un processus facile qui utilise un produit chimique fort dont la manipulation ne requiert aucune compétence ou équipement spécial. Beaucoup de choses sont connues sur le traitement des pailles à l'urée et il existe de nombreuses « recettes » indiquant la quantité d'urée à utiliser, la durée du traitement et son effet sur la valeur nutritive des pailles.

Tableau 9 : Différences entre l'ensilage des fourrages verts et le traitement des pailles à l'urée

	Ensilage des herbes	Traitement des pailles
Processus de base	fermentation microbiologique	réaction chimique
pH durant le processus	bas (acide)	haut (basique)
Ajout d'urée	peut être dangereux	essentiel
But du processus	conservation du fourrage	amélioration de la valeur nutritive
Durée	de nombreux mois ou plus	une semaine ou plus
Effet sur la valeur nutritive	négatif	positif
Perte de matière sèche	parfois plus de 10 %	beaucoup moins de 10 %
Nom de la « structure »	silo, fosse ou tas	silo, fosse ou tas
Utilisation de la « structure »	un grand lot par saison	utilisation répétée de plusieurs petits lots (silos) par saison
Coût de la « structure »	plus coûteuse	moins coûteuse
Besoin d'étanchéité à l'air	essentiel	pas essentiel
But du scellement	empêcher l'air d'entrer	empêcher l'ammoniac de s'échapper
Nom du processus	ensilage	traitement

Pour les petits paysans, une manière bien testée de traiter la paille est la suivante :

- Ramenez assez de paille sèche et propre pour alimenter les animaux pendant un certain temps.
- Vous pouvez évaluer les quantités en faisant un calcul très simple :
- Par exemple : une vache peut manger 2 % de son poids corporel de paille traitée par jour. Par conséquent, une vache pesant 350 kg a besoin de $0,02 \times 350 = 7$ kg de paille traitée (matière sèche !) par jour, c.-à-d. 49 kg par semaine. Un paysan qui possède 5 vaches aura besoin de $5 \times 49 = 245$ kg de paille traitée par semaine (matière sèche !).
- Une semaine est une période de temps pratique pour le traitement de la paille à l'urée.
- 100 kg de paille représentent un volume d'environ $0,20 \text{ m}^3$. Le traitement de 245 kg de paille pendant une semaine requiert donc une fosse de presque $0,5 \text{ m}^3$.
- Si vous construisez une fosse au-dessus du sol (appelée tas ou silo, voir Figure 9) de 2 mètres de long et 0,50 mètre de large (de façon à pouvoir la couvrir avec des feuilles de plastique larges de 1 mètre), la fosse devra avoir 0,50 mètre de profondeur. D'autres dimensions sont possibles et les fosses doivent être faites en fonction des conditions locales. Creuser une fosse dans le sol peut sembler une bonne manière d'économiser de l'argent, mais ce n'est pas pratique car ces fosses s'affaissent, prennent l'eau et sont difficiles à vider.
- Pour mesurer la quantité de paille, vous pouvez la peser en bottes de 10 kg. Les quantités d'urée indiquées plus loin doivent être adaptées à des quantités de paille plus élevées ou plus basses.
- Utilisez 4 kg d'urée pour 100 kg de paille sèche. Utiliser moins d'urée ne sera pas efficace ; utiliser plus d'urée coûterait plus cher et n'aurait pas d'effet supplémentaire, mais aurait même à long terme un effet négatif sur la reproduction animale.
- Mélangez l'urée à 60-100 litres d'eau en fonction de l'humidité de la paille. Trop d'eau a été utilisée si de l'eau s'accumule au fond de la fosse ou si les couches de fond de la paille deviennent brunes et pâteuses.

- Vaporisez uniformément la solution d'urée sur la paille et foulez la paille aux pieds pour la rendre bien compacte. Un compactage total, comme on le fait dans l'ensilage pour la conservation, n'est pas nécessaire.
- Gardez la paille traitée couverte pendant le traitement ; utilisez des feuilles de plastique, des sacs à urée ou tout autre matériau raisonnablement étanche pour empêcher l'ammoniac de s'échapper (voir Figures 9.2-9.5).
- Laissez le processus aller son cours pendant une semaine (sept jours) avant de donner la paille comme fourrage. La période de sept jours est une période facile à retenir : le traitement aura lieu toujours le même jour de la semaine. Quatre jours est une période minimale pour le traitement, mais un traitement de plus d'une semaine est possible aussi.
- Commencez à donner la paille traitée à vos animaux après une semaine (voir Figure 9.2) et assurez-vous que tout a été consommé en deux semaines. La paille traitée peut se conserver plus longtemps, mais cela en augmente le coût et peut entraîner du gaspillage.
- Pendant que vous alimentez votre bétail avec la paille de la fosse A, rechargez la fosse B et traitez-en la paille. La paille de la fosse B sera prête pour servir à l'alimentation quand la fosse A sera vide (voir Figure 9.3).

Cette méthode est facile à appliquer et la petite différence dans la pratique entre la paille séchée à l'air (environ 90 % sèche) et la paille complètement sèche (100 % sèche) est trop faible pour avoir une influence quelconque sur le processus. Par conséquent, 4 kg d'urée par 100 kg de paille « sèche » est une quantité assez bonne pour des buts pratiques. Un peu plus ou un peu moins d'eau ou une quantité plus ou moins grande d'urée (3,5-4,5 %) ne fait pas grande différence non plus. Les paysans ne mesurent parfois qu'approximativement à l'aide de mesures faites maison (boîtes de conserve, verres à eau, etc.) plutôt qu'avec une balance, mais cela n'a aucune importance.

Note 1 :

Les conditions locales diffèrent et les paysans devraient s'appuyer sur leur propre expérience.

Des hypothèses raisonnables sont les suivantes :

1. La quantité consommée de paille traitée (matière sèche) est de 2 kg/100 kg de poids corporel.
2. La quantité consommée de paille non traitée (matière sèche) est de 1,5 kg/100 kg de poids corporel.
3. Une quantité consommée de 2 kg/100 kg de poids corporel laisse supposer qu'on n'a pas donné de grandes quantités d'un autre fourrage, comme le fourrage vert, car cela annulerait l'utilité de la paille traitée.
4. Après avoir alimenté les animaux avec des pailles fines traitées, il reste peu de résidus, contrairement à la consommation sélective des pailles grossières.

Note 2 :

Il faut empêcher les animaux de manger l'urée ou de boire la solution d'urée, car cela provoquerait des convulsions et une mort rapide.

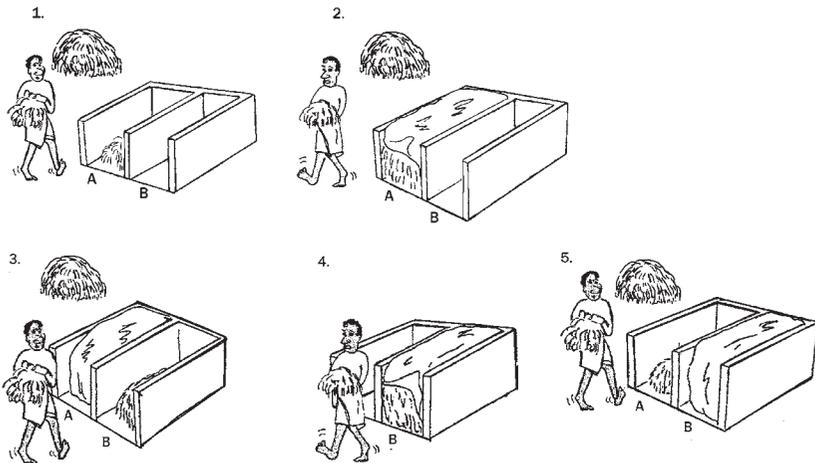


Figure 9 : Le traitement en deux lots tel que développé au Sri Lanka. Les matériaux utilisés pour construire les fosses hors sol varient en fonction de ce qui est disponible localement. (Source : Palitha Handunge)

Le traitement à l'urée a trois effets positifs sur la valeur nutritive des pailles, à savoir :

- il accroît la sucrosité (= digestibilité) ;
- il accroît la quantité consommée ;
- il accroît la verdure (= protéines).

L'importance d'une quantité consommée accrue signifie cependant que le traitement n'est utile que s'il y a suffisamment de paille disponible : les paysans ne devraient pas laisser leurs animaux manger davantage si la paille n'est disponible qu'en quantité limitée. Une meilleure digestibilité n'est pas, à elle seule, une raison suffisante pour appliquer le traitement.

Le traitement a aussi des inconvénients :

- L'urée doit être disponible à un prix pouvant être couvert par la productivité accrue des animaux : cela peut être une meilleure santé des animaux ou le revenu généré par le volume accru de lait vendu.
- De l'eau propre doit être disponible.
- Des feuilles de plastique ou autres matériaux doivent être disponibles pour couvrir le tas.
- Quoique le processus soit simple, il requiert du travail et de la prévoyance de la part du paysan qui doit développer une routine de traitements hebdomadaires et de schémas d'alimentation.
- Les animaux (et les paysans) doivent s'habituer à cette nouvelle méthode d'alimentation. Surtout quand les animaux ne sont pas habitués à consommer des pailles, la transition doit être progressive, p. ex. en mélangeant la paille à du fourrage vert meilleur au goût.

Tableau 10 : Effets combinés de l'amélioration de la digestibilité et de l'augmentation de la quantité de fourrage consommée sur la quantité de nutriments consommés : le cas des pailles fines

	Pailles non traitées	Pailles traitées	Augmentation de la quantité consommée de nutriments en comparaison avec les pailles non traitées
Sucrosité (nutriments digestibles totaux kg/kg de paille)	0,45 kg	0,50 kg	~ 11 %
Quantité consommée (kg de fourrage/100 kg de poids corporel)	1,50 kg	2,00 kg	~ 33 %
Quantité consommée (kg de fourrage/350 kg de poids corporel)	5,25 kg	7,00 kg	~ 33 %
Quantité consommée de sucrosité (kg/100 kg de poids corporel)	2,30 kg	3,50 kg	~ 45 %

Note :

Le traitement des pailles grossières, des pailles de haricots ou des têtes de canne est généralement moins efficace parce que :

- leur valeur nutritive initiale est plus élevée (entraînant un plus faible effet de traitement) ;
- elles se tassent et se compactent moins facilement, ce qui réduit l'efficacité du traitement ;
- l'urée n'a aucun effet sur les pailles de haricots et les têtes de canne.

L'alimentation avec des pailles traitées à l'urée sera rentable :

- si les pailles traitées constituent une grande partie de la ration : au moins 50 % ;
- si les animaux produisent à des niveaux d'au moins 1-1,5 x Entretien (4-12 litres de lait pour une vache de 350 kg) ;
- si un autre fourrage comme le fourrage vert n'est pas disponible et s'il y a un bon marché du lait ;

- si 1 kg de concentrés coûte plus que le double de 1 kg des pailles sèches traitées ; sinon il serait meilleur marché d'utiliser davantage de concentrés au lieu de pailles traitées.

L'alimentation avec des pailles traitées à l'urée est utile dans certaines conditions spécifiques. Ses effets sur la santé sont positifs en comparaison à l'alimentation avec des pailles non traitées. Les niveaux d'alimentation des pailles traitées sont comparables aux niveaux d'alimentation des herbes de moyenne qualité : fourrage abondant et – comme directive générale – ajout de 1 kg de concentré par 1,5 litre de lait donne un rendement de 2-4 litres. Les conditions locales - et l'œil du paysan - déterminent en fin de compte ce qui est assez bon. En général, on peut dire que 1 kg d'urée permet d'économiser en gros 7-8 kg d'aliments concentrés.

Les traitements ont des effets secondaires pouvant créer des problèmes dans certaines situations :

- La bouse devient collante, un inconvénient possible lorsqu'on prépare des tourteaux de bouse comme combustible.
- Au début, les gens mettent souvent tous les problèmes sur le compte de l'alimentation à la paille traitée à l'urée.
- L'évaporation de l'ammoniac est une perte et pollue l'environnement.
- Si les paysans ont un accès limité à l'urée, l'urée utilisée pour traiter la paille ne pourra pas être utilisée comme engrais pour les cultures.

La façon dont les pailles réagissent au traitement à l'urée dépend de la sorte de paille et de l'état dans lequel elle se trouve. Il arrive qu'on obtienne un très maigre résultat, ou même aucun. Il est important de savoir que le traitement de pailles salies, humides et moisies est une perte de temps et d'énergie. Le traitement des pailles grossières (maïs, sorgho, millet) ou des pailles de plantes à feuilles larges comme les haricots, le pois chiche ou la canne à sucre n'est pas recommandé non plus. Les pailles fines, par contre, devraient bien réagir au traitement, entraînant une augmentation de la quantité consommée d'environ 1,5 à 2-2,5 kg par 100 kg de poids corporel et une amélioration de la digestibilité d'environ 45 à 50 %.

Tableau 11 : Pertinence et effet sur la valeur nutritive des différentes méthodes de traitement chimique¹

Traitement chimique ¹	Hydroxyde de sodium	Ammoniac/ ammoniacque ²	Urée
Amélioration de la qualité nutritive			
Augmentation de la digestibilité	Considérable ± 20 %	Moyenne (± 10 %)	Moyenne (± 10 %)
% d'augmentation	50 - 54 %	± 50 %	± 50 %
Digestibilité après traitement des pailles (commence à 45 %)			
Augmentation de la teneur en protéines	Nulle ± 4-6 %	Elevée ± 4-6 %	Elevée ± 4-6 %
Commencement	toujours	> 10 %	> 10 %
Fin	4-6 %		
Augmentation de la quantité consommée	Considérable	Moyenne	Moyenne
% d'augmentation	30-40 %	20-30 %	20-30 %
Quantité consommée après traitement (kg/100kg de poids corporel)	1,5-2,1	1,5- < 2.0	1,5- < 2
Pertinence dans les zones tropicales			
Disponibilité/manipulation du produit chimique	Très difficile	Très difficile	Facilement disponible à beaucoup d'endroits. Sans danger si elle est correctement manipulée.
Pertinent si	Non pertinent	Non pertinent	
<ul style="list-style-type: none"> • la paille et l'eau • l'urée • le coût de la paille traitée • le niveau de production des vaches 			<ul style="list-style-type: none"> • sont facilement disponibles • est bon marché • est inférieur à la moitié du coût des concentrés • est moyen (1,5-2 E)

¹ Les traitements à la cendre (de bois), à la chaux ou à l'urine ne sont pas inclus ici car ils ne sont pas assez efficaces ou assez pratiques.

² L'ammoniacque est la solution aqueuse d'ammoniac et l'ammoniac anhydre est un gaz liquéfié.

Méthodes complexes

Les autres méthodes de traitement des pailles, qu'elles soient chimiques (à base d'acides ou de peroxyde d'hydrogène) ou biologiques (à base de micro-organismes, d'enzymes ou de moisissures), sont compliquées, coûteuses et parfois même être toxiques. Ce sont des procédés industriels qui peuvent être efficaces, mais qui n'ont pas leur place dans l'agriculture à petite échelle dans les zones tropicales rurales.

6 Le pâturage

6.1 Introduction

Il y a des similitudes surprenantes entre les manières dont les paysans du monde entier surmontent la pénurie de fourrage (voir Encadré 8). Nombreux sont ceux qui laissent brouter leurs animaux dans les champs après la récolte, ou laissent les animaux d'autres gens y brouter. Pendant la saison pluvieuse, les animaux sont le plus souvent gardés à la ferme, attachés sous un arbre ou à l'étable. Par conséquent, ils sont souvent relativement sous-alimentés pendant la saison humide, à moins qu'ils n'aient accès à un bon fourrage sous les arbres, sur les terres publiques et au bord des routes.

Les animaux peuvent aussi brouter dans les « friches » comme le bush et sur les parcours, là où le fourrage se compose de feuilles, d'herbes et de mauvaises herbes. Ce fourrage peut être vert et luxuriant pendant une saison, et sec et mûr pendant les autres saisons. La valeur nutritive des herbes mûres est similaire à celle de la paille, à la différence près que les animaux peuvent sélectionner les meilleures parties des herbes, qui est alors une sorte de « foin sur pied ».

Encadré 8 : Le pâturage sur parcours et sur terres cultivées

Partout dans le monde, les animaux broutent une certaine quantité de pailles, de chaumes, de repousses, de mauvaises herbes et de grains tombés. Le pâturage sur parcours est souvent combiné avec l'alimentation à l'étable où l'on utilise parfois des fourrages de bonne qualité, comme le grain. Ces systèmes se rencontrent dans les régions très peuplées d'Asie du Sud et du Sud-Est, dans des régions froides peu peuplées du Nord de l'Asie (Mongolie, Ouest de la Chine) et dans les régions semi-arides du pourtour méditerranéen et d'Afrique. Mais ils existent aussi en Amérique du Nord et du Sud, et en Australie, alors que certains paysans d'Europe occidentale alimentent en hiver leurs animaux avec de la paille (si elle est bon marché) .

Dans les zones où le climat devient plus humide et où la population est croissante, l'intensité des cultures s'accroît. Traditionnellement, le bétail se déplace des zones sèches vers les zones humides dans le pâturage sur parcours, mais ce type de pâturage est de moins en moins courant, et l'utilisation de résidus agricoles comme fourrage est de plus en plus populaire.

Les éleveurs d'Afrique de l'Ouest passent avec leur bétail d'une région à l'autre, le laissant brouter partout où il y a des herbes vertes et/ou des résidus de cultures, en fonction de la saison et des opportunités de marchés. En Australie, certaines pratiques de pâturage ressemblent à celles des pasteurs africains. Ainsi par exemple, différents animaux sont mis à paître dans différentes zones, en fonction du type d'animaux, de la saison et des cultures. Les chèvres et les moutons broutent plus facilement les petites pousses d'herbe tendre que les gros ruminants. Les femelles gravides et allaitantes ont besoin de fourrage plus vert et plus juteux que les taureaux et les animaux non allaitants. Chaque catégorie d'animaux a ses propres besoins et ses propres habitudes de pâturage et, compte tenu de cela, ce sont toutes des manières d'appliquer l'alimentation stratégique (voir Chapitre 4.2 pour une liste des manières de s'accommoder avec les pénuries de fourrage)

Le pâturage est devenu moins courant et l'alimentation à l'étable est en développement en raison de la pression sur les parcours et les forêts, et de l'utilisation croissante des terres pour la culture de produits agricoles. Traditionnellement, les pasteurs savent comment traiter les animaux et les pâturages de manière durable, en harmonie avec l'environnement. Mais les systèmes de production pastoraux font de plus en plus place à des pratiques d'élevage de bétail de propriétaires citadins, et ces pratiques sont souvent



Figure 10 : Pâturage de résidus de cultures sur le pourtour méditerranéen (Syrie), où l'hiver froid et pluvieux est la saison de croissance. À gauche : Troupeau de moutons conduit par une chèvre et un berger. À droite : Champ de céréales brouté, avec des tentes de bergers.

en désaccord avec l'écologie et les traditions locales, et donc dangereuses pour l'environnement. Néanmoins, nous considérons ici brièvement le pâturage en raison de ses similitudes et son chevauchement avec l'alimentation à l'étable.

6.2 La paille et autres résidus de cultures pour le pâturage

Tous les types de systèmes de pâturage ne peuvent laisser escompter que des niveaux de production bas ou moyen : au mieux entre $< 1 \times$ et $2 \times$ Entretien, ou entre une légère perte de poids et peut-être (au plus) 6-8 litres de lait pour une vache de 350 kg. En général, les animaux laitiers ne prospèrent pas dans les zones de pâturage parce qu'ils dépensent beaucoup d'énergie à parcourir de longues distances pour trouver du fourrage. De plus, le lait se vend difficilement dans les régions excentrées, à moins qu'il n'ait été transformé en beurre ou en fromage. Le jeune bétail (veaux, agneaux, chevreaux) peut fournir un revenu moyen, mais ces animaux sont souvent menés dans des parcs d'engraissement proches des villes, où on leur donne de meilleures herbes et/ou des concentrés afin de les engraisser pour la vente.

Les systèmes de pâturage peuvent être classés comme suit :

- Les régions ayant du fourrage vert luxuriant, souvent avec une certaine moisissure résiduelle du sol (et/ou pluies). Elles sont riches en pailles et en chaumes « sucrés », ainsi qu'en repousses, en herbes et en mauvaises herbes. Sous ces conditions, les pasteurs n'ont pas à s'inquiéter pour le

fourrage s'ils savent comment laisser leurs animaux sélectionner les meilleures parties du fourrage disponible afin de consommer suffisamment de nutriments. Les rendements peuvent être de 1 et 2 x Entretien, en particulier si les animaux reçoivent des concentrés.

- Les régions sèches et arides, riches en pailles et en herbes sèches. Sous ces conditions « foin sur pied », les animaux meurent de faim au milieu de l'abondance : ils mangent de grandes quantités de fourrage pour remplir leurs estomacs, mais le fourrage est trop pauvre pour être bien digéré. L'apport de suppléments catalytiques peut être utile ici (voir Paragraphe 4.4), créant des conditions dans lesquelles la production animale arrive juste en dessous ou juste au-dessus du niveau d'entretien. Les pasteurs peuvent donner au bétail du fourrage catalytique, de préférence bien réparti sur la journée, quand les animaux se reposent près du campement. Dans certaines régions de pâturage sur parcours, par exemple en Australie et en Afrique australe, l'utilisation de pierres à lécher solides peut être rentable. D'autres options sont l'acceptation d'une perte de poids temporaire ou l'abattage de certains animaux s'il y a des marchés pour la vente de la viande.
- Les régions où les animaux peuvent paître sur les terres cultivées après la récolte et où il y a aussi à proximité un bon pâturage naturel, par exemple sous des cocotiers. Ces conditions donnent lieu à diverses stratégies de pâturages pastoraux et divers systèmes de gestion du bétail, allant de l'abattage et l'alimentation stratégique à la transhumance et la migration. Quand les animaux n'ont plus rien à brouter sur les terres, on va parfois chercher ailleurs de la bagasse ou de la paille comme mesure d'urgence. Toute une gamme d'autres fourrages, du blé entier (praticqué en Australie) au papier trempé dans la mélasse (tenté au Kenya), peuvent permettre aux animaux de subsister pendant la saison sèche, mais à condition de tenir compte des conditions locales.

6.3 Le pâturage et l'alimentation à l'étable

Il existe des similitudes entre le pâturage et l'alimentation à l'étable : ainsi par exemple, les deux pratiques appliquent l'alimentation stratégique, la supplémentation catalytique et l'abattage d'animaux excédentaires. Dans les deux cas, les paysans s'intéressent de près à leurs animaux et les considèrent comme une importante source de revenus. Cependant, si cet intérêt est basé uniquement sur la tradition, comme cela est souvent le cas dans les systèmes de pâturage, il pourrait être sage de reconsidérer les pratiques existantes, les objectifs de production et les modes de vie. Le temps n'est plus où un grand troupeau était un signe de richesse. Dans les régions où les terres à pâturage sont devenues rares et où la culture des produits agricoles s'est développée, l'alimentation à l'étable de quelques animaux avec des restes de cultures est de plus en plus préférée à l'entretien d'un grand troupeau.

7 La faisabilité et la durabilité de l'alimentation à la paille

7.1 Introduction

Les paysans élèvent des animaux et cultivent des produits agricoles pour gagner leur vie. Après les récoltes, toutes les cultures laissent des restes, tels que les pailles, et leur transformation donne des résidus comme le son et les tourteaux de graines oléagineuses. Ces restes et résidus font partie du produit agricole total et ont une valeur potentielle. Dans l'idéal, il ne faut pas les brûler, car il y a de meilleures façons de les utiliser, par exemple pour l'amendement du sol ou l'alimentation des animaux, comme il est décrit dans cet Agrodok.

7.2 Quelques notions d'économie

Une manière simple d'évaluer les coûts et bénéfices de l'alimentation à la paille est de comparer l'unité coût des nutriments et le rapport coût-bénéfice des rations.

Théoriquement, le coût de l'herbe qui pousse « gratuitement au bord des routes » est nul, tout comme le coût de la paille qui autrement serait brûlée. Mais les herbes et les pailles « gratuites » doivent être ramassées, stockées et données aux animaux, ou bien les animaux doivent être menés vers les

champs où se trouvent les herbes et les pailles. L'utilisation des herbes et des pailles « gratuites » requiert donc de la main-d'œuvre - fournie soit par des membres de la famille, soit par des ouvriers agricoles salariés - et un moyen de transport. N'oubliez pas toutefois qu'il peut y avoir un marché pour la paille.

L'économie basique de l'alimentation à la paille peut être évaluée à l'aide de calculs très simples, comme dans l'exemple donné ci-dessous. Les coûts et les prix sont exprimés en shillings (sh), que le lecteur devra convertir dans sa propre monnaie. Toutes les quantités se rapportent à la matière sèche et la sucrosité est exprimée en NDT (nutriments digestibles totaux), qui est le terme technique pour sucrosité. Les calculs des protéines (verdure) sortent du cadre de cet Agrodok.

Encadré 9 : Valeur nutritive des pailles et autres fourrages

Cet Agrodok décrit la qualité alimentaire en termes de sucrosité (NDT, nutriments digestibles totaux) et de verdure (pour plus de détails, voir Encadré 2).

- Pailles fines (riz, blé, orge) : ± 45 % de sucrosité (= 0,45 kg de NDT/kg de fourrage)
- Pailles grossières (maïs, millet, sorgho) : ± 50 % de verdure (= 0,5 kg de NDT/kg de fourrage)
- Herbes mûres : environ 55 % (= 0,55 kg de NDT/ kg)
- Herbes et légumineuses fraîches : 60-70 % (= $\pm 0,65$ kg de NDT/ kg)
- Son : 65-75 % (= environ 0,7 kg de NDT/kg de fourrage)
- Grains et concentrés : 80 % (= 0,8 kg de NDT/kg de fourrage)
- Sucre pur et fécule : 100 % de sucrosité (= 1,0 kg de NDT/kg de fourrage, en théorie)
- Copeaux de bois : basses concentrations en sucre

Coût du fourrage et des nutriments : quelques exemples

La paille fine à 1 sh/kg paraît moins coûteuse que le son à 1,20 sh/kg. Mais comparons la quantité de NDT contenue dans la paille fine à celle contenue dans le son :

- 1 kg de paille fine contient 0,45 kg de NDT, donc 1 kg de NDT tiré de la paille coûte $1/0,45 = 2,2$ sh.
- 1 kg de son contient 0,65 kg de NDT, donc 1 kg de NDT tiré du son coûte $1,2/0,65 = 1,8$ sh.

Conclusion : l'alimentation au son (plus coûteux) est en fait l'option la moins coûteuse, car les animaux ont besoin de manger seulement 1,54 kg de son (1/0,65) pour ingérer 1 kg de DNT, alors qu'ils doivent manger 2,22 kg (1/0,45) de paille fine pour parvenir à la même quantité consommée de NDT.

La paille grossière à 0,50 sh/kg paraît moins coûteuse que le son à 1,20 sh/kg. Mais le calcul suivant est nécessaire pour vérifier :

- 1 kg de paille grossière contient 0,5 kg de NDT, donc 1 kg de NDT tiré de la paille coûte $0,5/0,5 = 1,0$ sh.
- 1 kg de son contient 0,6 kg de NDT, par conséquent 1 kg de NDT tiré du son coûte $1,2/0,6 = 2,0$ sh.

Conclusion : l'alimentation à la paille grossière est l'option la moins coûteuse.

Cependant, le coût de 1 kg de NDT n'est que l'un des nombreux facteurs devant être mis en balance dans la gestion d'une ferme. La quantité consommée de nutriments tirés des pailles suffit à peine pour garder un animal en vie, même si la consommation sélective de pailles grossières lui est permise. Un animal alimenté uniquement à la paille ne peut ni prendre du poids, ni produire beaucoup de lait ou de progéniture (veaux, chevreaux agneaux), ni travailler. Pour assurer la productivité, il faut ajouter à la paille un supplément riche en nutriments. Comme un meilleur fourrage est plus coûteux que la paille, le paysan doit mettre en balance des coûts d'alimentation plus élevés et les bénéfices financiers offerts par une production plus élevée.

De nombreux petits paysans donnent à leurs animaux des concentrés en quantités modérées. Normalement, 1 kg de concentré au-dessus du niveau d'entretien peut entraîner la production de 1-1,5 litre de lait supplémentaire, sous des conditions raisonnables. Il est rentable de donner des concentrés si ce 1-1,5 litre de lait supplémentaire se vend plus cher que le prix de 1 kg de concentrés (en supposant que les coûts de la paille sont bas). Ce calcul ignore l'effet positif des suppléments sur la santé animale. Pour plus de détails sur la question de savoir s'il est rentable ou non de donner des concentrés, ou si le paysan fait mieux de « s'accommoder » de pailles de mauvaise qualité pendant la saison creuse, voir Chapitre 2.

L'alimentation à la paille non traitée et à la paille traitée

Les avantages de l'alimentation à la paillée traitée et à la paille non traitée peuvent être calculés à l'aide du graphique de la Figure 11. Les résultats obtenus peuvent alors être comparés au prix de l'alimentation avec des herbes vertes (ou tout autre fourrage meilleur que les pailles).

Par exemple :

Le niveau de production P1 (axe vertical) peut être obtenu en combinant des pailles traitées avec une quantité de suppléments St^1 , ou en combinant des pailles non traitées avec une quantité de suppléments Sn^1 . On peut alors calculer et comparer le coût de l'obtention d'un niveau de production P1 en donnant soit des pailles traitées, soit des pailles non traitées.

Pour faire un calcul pertinent au niveau local, il faut connaître les quantités disponibles et le prix des pailles et des suppléments et garder à l'esprit que :

- les animaux nourris uniquement avec des pailles non traitées peuvent perdre du poids et ne pas produire de lait ;
- les animaux nourris avec des pailles traitées peuvent prendre du poids et produire du lait et/ou de la progéniture ;
- la réaction aux suppléments est très similaire pour les pailles traitées et les pailles non traitées (à moins que la supplémentation catalytique ne soit appliquée dans le cas des pailles non traitées, voir Figure 5C).

Une grande série de calculs sur l'utilité de l'alimentation avec des pailles traitées a été effectuée au Sri Lanka (Schiere et Nell 1993, voir Ouvrages recommandés). Les auteurs ont conclu que l'alimentation avec des pailles traitées n'a de sens que :

- si des pailles de bonne qualité sont plus facilement disponibles que les autres fourrages. Les pailles ne doivent pas coûter plus cher que des herbes de moyenne qualité ;
- s'il existe déjà un marché pour les produits animaux : lait et viande ;
- si le coût de la paille, de l'urée et de l'eau (et de la main-d'œuvre) nécessaires pour produire de la paille traitée (exprimée en kg de poids sec) n'est pas supérieur à 50 % du coût des concentrés ;
- si les vaches produisent à un niveau situé entre 0,5 et 1,5 E, c'est-à-dire donnent 4-12 litres de lait par vache de 350 kg de poids corporel.

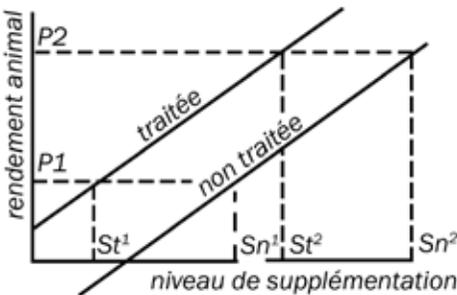


Figure 11 : Le niveau de production (axe vertical) représente la réaction à une supplémentation accrue et à différentes qualités de fourrages de base (ici pailles traitées et non traitées), basées sur la Figure 4.1 (S = niveau de supplémentation, P = niveau de production)

L'alimentation à la paille et la santé animale

Les effets économiques de l'alimentation à la paille sur la santé et la reproduction des animaux se résument comme suit :

- La paille a un effet moins positif sur la santé et la reproduction animale que les herbes et les feuilles d'arbre, surtout à cause de l'absence de vitamine A (du carotène) dans la paille. L'absence de protéines et de phosphore (verdure) dans la paille est néfaste pour la santé et la reproduction, alors que l'absence de sucrosité entraîne une perte de poids et l'épuisement.
- Une alimentation avec de bonnes pailles (traitées) (et/ou avec des pailles permettant la consommation sélective) maintient la santé et la reproduction. Le plus haut niveau de verdure et de sucrosité dans les pailles traitées à l'urée (ou dans les feuilles plus vertes et plus sucrées sélectionnées) permet de maintenir la santé de l'animal et une certaine production de lait et de viande.
- Une alimentation avec 10-20 % de paille dans un régime riche en concentrés (supplémentation de substitution, voir Chapitre 4) permet de maintenir un bon fonctionnement du rumen. Cela évite l'acidose, un trouble du rumen dû à de hauts niveaux de concentrés entraînant une faible quantité consommée, une faible production et une santé plus fragile.
- Chez les jeunes veaux, l'alimentation avec des pailles (ou, de préférence, du foin) améliore le développement du rumen.

En général, l'alimentation à la paille ne comporte aucun risque, bien que les paysans aient tendance à rendre la paille responsable de tous les problèmes quand l'alimentation à la paille est une pratique nouvelle pour eux. L'alimentation à la paille peut à long terme affaiblir un animal et le rendre plus sensible aux infections. Cependant, elle peut être une solution lorsque la famine menace. On peut surmonter des déficiences en vitamine A et en minéraux en ajoutant à la paille quelques poignées de feuilles vertes et en donnant aux animaux des blocs de sel à lécher. Accepter une perte de poids temporaire est aussi une pratique de longue date dans l'élevage du bétail.

Certaines questions de santé et de reproduction spécifiquement liées à l'alimentation, notamment à la consommation de repousses toxiques et de mauvaises herbes toxiques, ont été discutées dans les chapitres précédents.

Encadré 10 : L'urée - risques et avantages

Dans l'alimentation des ruminants, la verdure du fourrage (= taux de protéines) est liée à son taux en azote. L'azote constitue presque toujours environ 16 % des protéines contenues dans le fourrage. Les bactéries présentes dans le rumen de la vache transforment l'azote en protéine et vice versa. L'urine animale contient de l'azote, surtout sous forme d'urée : c'est une substance normale dans le corps de l'animal. On remédie à l'absence de protéines en ajoutant un engrais à base d'urée, ou même de l'urine et du fumier de poule. Donner du fumier de poule ou de l'urée permet de fournir des protéines : si cela est fait correctement, cela ne présente aucun risque pour la santé et ne laisse pas de résidus indésirables dans le lait ou la viande. Toutefois, les paysans doivent veiller à s'en tenir aux niveaux d'urée que les ruminants peuvent supporter en toute sécurité. Si le fourrage (ou le concentré) contient moins de 2 % d'urée, il n'y a aucun risque, à condition que la consommation se fasse lentement. L'urée et le fumier de poule doivent être administrés régulièrement au cours de la journée. Le traitement des pailles et la supplémentation à l'urée sont des pratiques absolument sans danger quand ces précautions sont prises.

7.3 Autres considérations sur l'alimentation à la paille

L'alimentation à la paille a un impact socioéconomique. L'utilisation de paille pour nourrir des animaux à bas et à moyen rendement génère de bas revenus, mais à bas coût, et avec une utilisation efficace des nutriments, potentiellement plus élevée dans des systèmes agricoles basés sur le recyclage. L'alimentation à la paille de leur bétail permet aux paysans disposant de ressources limitées de tirer de la valeur de leurs pailles au lieu de les vendre et de laisser des étrangers à la communauté profiter de cette valeur.

Le fait que la paille peut être utilisée pour l'alimentation animale ou pour l'amendement des sols implique la nécessité de faire un choix. Cependant, il n'y a pas une grande différence en matière de coût et de rendement si l'on applique directement la paille pour amender le sol ou si l'on en alimente

d'abord les animaux. La proportion digérée par les ruminants est à peu près la même que celle qui se dégrade rapidement quand la paille est laissée dans le champ. Si l'on préfère une production spécialisée, la directive est la suivante : 1 kg d'engrais à base d'urée économise environ 7 kg de concentrés si cet engrais est utilisé pour le traitement de la paille, car les animaux consomment une plus grande quantité de paille traitée que de paille non traitée. Utilisé en engrais pour les cultures, 1 kg d'urée donne environ 30-50 kg de grain supplémentaires. Les paysans disposant de ressources limitées qui doivent choisir entre l'utilisation de l'urée comme aliment ou comme engrais peuvent calculer le bénéfice escompté de chaque option et de comparer les résultats.

Les considérations environnementales prennent une place de plus en plus importante dans les discussions sur la durabilité de l'élevage animal. Bien que les questions environnementales sortent grandement du cadre de cet Agrodok, les paysans devraient être (rendus) conscients des problèmes croissants que créent les émissions de gaz à effet de serre, comme le dioxyde de carbone (CO₂) et le méthane, et de leurs effets sur le climat. Les petits paysans jouent un rôle mineur sur le plan de la quantité d'émissions (p.ex. en brûlant du bois ou de la paille comme combustible, ou par les rejections de méthane par leur bétail). D'autre part, de nombreux paysans des pays en développement souffrent déjà des conséquences du changement de climat, telles que des pluies irrégulières, des sécheresses graves et des crues subites. C'est pourquoi ces questions environnementales sont brièvement mentionnées ici.

Encadré 11 : Utilisation de la paille et problèmes environnementaux

- L'eau propre devient rapidement une ressource rare. Le besoin estimé en eau pour obtenir par irrigation du fourrage de bonne qualité va de 300 litres à plus de 1 000 litres d'eau/kg, ce qui implique que 300-1 000 litres d'eau sont nécessaires pour produire 1 litre de lait et que 5-10 fois plus d'eau est nécessaire pour produire de la viande. L'utilisation de la paille pour l'alimentation d'animaux à moyen rendement ne nécessite ni irrigation ni engrais, ce qui fait de la paille un sous-produit à bas coût.

- Les fermes mixtes utilisant les pailles comme base de la production représentent des formes efficaces de production animale. Dans ces systèmes, les animaux sont considérés davantage comme des transformateurs de déchets que comme des utilisateurs de ressources primaires.
- Les gens disent souvent que les animaux produisent des nutriments par le biais de leurs excréments (bouse et urine). Mais les nutriments contenus dans les excréments ne sont pas « produits » ; ils existent déjà et ont été recyclés. Il faut veiller à ce que ces nutriments restent dans le cycle, par exemple en ne brûlant pas la paille ayant servi de litière, en recueillant l'azote de l'urine ou en utilisant le fumier et l'urine d'autres manières afin de maintenir la fertilité du sol. La quantité d'urine excrétée sur une période d'un an par un animal de 350 kg contient facilement l'équivalent de deux sacs d'urée, ou plus.
- Les pailles ont une faible valeur nutritive et leur brûlage est une manière facile de s'en débarrasser, car elles peuvent entraver la préparation du sol et amener des animaux nuisibles et des maladies. Le brûlage fait peut-être gagner du temps, mais il prive les sols de leur matière organique, et la quantité d'azote partie en fumée peut équivaloir à deux sacs d'urée/ha/récolte. Le soufre contenu dans les pailles part lui aussi en fumée, ce qui est une nuisance publique polluante. Le brûlage de la paille émet aussi dans l'atmosphère du gaz à effet de serre, le dioxyde de carbone (CO₂).
- La paille utilisée pour l'amendement du sol convient le mieux dans les hautes terres. Les rizières inondées retiennent relativement bien leur matière organique et ne nécessitent pas de matière organique additionnelle comme la paille, pour maintenir la qualité du sol.
- La contribution à la qualité du sol de la matière organique des pailles, des chaumes et des racines est limitée, mais elle a son importance. Cela permet de maintenir le niveau de matière organique contenue dans le sol.
- Le pâturage des chaumes dans les zones sèches devrait être reconsidéré, car il risque d'accroître les dommages causés par l'érosion par le vent.

7.4 En guise de conclusion

Toutes les cultures produisent une certaine forme de « paille », de chaumes et/ou de parties feuillues qui ne sont pas le produit principal (grain, haricots, sucre, etc.). Les paysans peuvent envisager différentes options pour utiliser ces sous-produits :

- Ces résidus sont souvent simplement brûlés pour faciliter la préparation du sol avant les semailles ou la plantation de la prochaine culture. Mais

le brûlage fait partir en fumée les principaux nutriments contenus dans les « pailles » et risque d'endommager ou même de détruire la matière organique du sol. Cette option doit être évitée dans l'agriculture durable.

- Les paysans disposant de ressources limitées peuvent vendre des pailles à de riches éleveurs dans ou près des villes, là où le bétail est nourri avec de grandes quantités de concentrés (grain, son, tourteaux) et où des fibres sont nécessaires pour un bon fonctionnement du rumen. Si l'on choisit la vente, un résidu de culture potentiellement utile profite au paysan citadin et non à la communauté agricole rurale (mis à part l'argent à court terme).
- Les « pailles » peuvent simplement être laissées dans le champ comme matière organique et/ou mulch, mais l'effet bénéfique sera minimal. Si l'objectif est l'amendement du sol, la meilleure option est de mélanger des pailles au tas de compost ou au fumier de ferme. Le compost pourra être introduit dans le sol lors des semailles ou de la plantation de la prochaine culture. L'utilisation des pailles pour faire du mulch aide à protéger les sols des pluies fortes, des vents violents et du soleil trop vif.
- Bien que les pailles soient constituées principalement de fibres, lesquelles ne sont pas très nutritives, les ruminants peuvent en consommer et en extraire suffisamment de nutriments pour subsister pendant la saison creuse.

Le principal message de ce livret est clair : ne brûlez pas et ne jetez pas vos pailles, qui sont un sous-produit de vos céréales et de vos légumineuses – considérez-les comme un atout très utile et traitez-les en conséquence !

Ouvrages recommandés

Kiran Singh and J.B. Schiere (Eds.), 1995. **Handbook for straw feeding systems, principles and applications with emphasis on Indian livestock production.** ICAR-New Delhi; Dept of Animal Production Systems, Université d'agriculture, Wageningen, Pays-Bas

Sansoucy, R., 1986. **Manufacture of molasses-urea blocks.** World Animal Review, 57: 40-48

Schiere J.B. and Ibrahim M.N.M., 1989. **Feeding of Urea-Ammonia Treated Straw.** Pudoc, Wageningen, Pays-Bas

Schiere, J.B., 2010. **Cereal Straws as ruminant feeds: problems and prospects revisited.** Animal Nutrition and Feed Technology, IOS: 127-153

Staniforth, A.R., 1982. **Straw for fuel, feed and fertiliser.** Farming Press, Ipswich, Suffolk, G-B

Sundstøl, F. and E. Owen (Eds.), 1984. **Straw and other fibrous by-products as feed. Developments in Animal and Veterinary Sciences.** 14. Elsevier, Amsterdam, Pays-Bas

IRDA, Institut de Recherche et de Développement en Agroenvironnement, 2014. **Valorisation de résidus végétaux agricoles vers le secteur de l'alimentation animale. Rapport final.**

http://www.agrireseau.qc.ca/documents/Document_90075.pdf

FAO, 2004. **Conservation du foin et de la paille : pour les petits paysans et les pasteurs.** <http://www.fao.org/3/a-x7660f.pdf>

Schiere, J.B. and A. J. Nell, 1993. **Feeding of urea treated straw. A review of its technical principles and economics.** Animal Feed Science and Technology, 43 (1993): 135-147.

Adresses utiles

Feedipedia : une encyclopédie en ligne d'aliments pour animaux

Feedipedia est un système d'information en libre accès sur les ressources en alimentation animale, qui fournit des informations sur la nature, l'occurrence, la composition chimique, la valeur nutritionnelle et l'utilisation sécuritaire de près de 1400 aliments du bétail à travers le monde. Il est géré conjointement par l'INRA, le CIRAD, l'AFZ et la FAO.

www.feedipedia.org

Association Française de Zootechnie (AFZ)

L'Association Française de Zootechnie a pour objectif de rassembler les professionnels des filières animales.

- Un carrefour de tous les acteurs des filières des productions animales.
- Une structure aidant la progression de la réflexion, la diffusion, l'application des connaissances relatives aux animaux domestiques en favorisant les échanges et collaborations entre entreprises, organisations professionnelles, recherche, formation et administration.
- Un lieu de promotion d'une image objective et valorisante des produits animaux et des productions animales.

<http://www.zootechnie.fr/>

Centre de recherche agronomique (CIRAD)

Centre français spécialisé dans les problématiques et le développement des pays du Sud. Les problématiques ne sont pas les mêmes selon les espèces. Cependant, elle soulèvent un certain nombre de questions d'ordre général, que le Cirad contribue à résoudre :

- Systèmes d'élevage durable : mesurer l'efficacité environnementale des systèmes d'élevage, concevoir et évaluer les pratiques contribuant à améliorer les efficacités.
- Limiter les impacts environnementaux des élevages.
- Contribuer au développement des filières locales.
- Développer des systèmes d'élevages contribuant à la lutte contre la pauvreté.

- Accompagner les organisations des producteurs et organiser les services aux éleveurs.
- Améliorer la santé des troupeaux : nouveaux vaccins, connaissance de l'épidémiologie des maladies à transmission vectorielles et des zoonoses.

<http://www.cirad.fr/nos-recherches/filieres-tropicales/productions-animales/contexte-et-enjeux>

Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO) Département de la production animale

Le programme de la FAO est axé sur le développement durable de la production laitière, bovine, porcine et avicole, ainsi que sur l'élevage des petits ruminants et des animaux de trait. Il tient compte des questions liées à la santé et au bien-être des animaux, à l'utilisation responsable des ressources zoogénétiques, ainsi qu'à l'alimentation et la nutrition durables du bétail.

<http://www.fao.org/animal-production/fr/>

Institut International de Recherche sur l'Elevage (ILRI)

L'ILRI agit au carrefour du bétail et de la pauvreté, fournissant des connaissances scientifiques de haute qualité et visant à un renforcement des capacités pour réduire la pauvreté et favoriser un développement durable des éleveurs de bétail pauvres et de leurs communautés. L'ILRI déploie ses activités dans les régions tropicales en développement d'Afrique, d'Asie, d'Amérique du Sud et des Caraïbes. Vous trouverez les adresses des bureaux sur le site : www.ilri.cgiar.org (en anglais)

Practical Action

Practical Action est une ONG internationale basée au Royaume-Uni qui travaille dans la lutte contre la pauvreté depuis près de 50 ans. Elle a huit bureaux régionaux à travers le monde, desservant l'Afrique orientale et australe, l'Amérique latine et l'Asie du Sud. Elle a un service gratuit de partage de connaissances, Réponses Pratiques, et un bureau de consultants, Practical Action Consulting,

<http://practicalaction.org/fr>

Glossaire

- Acide prussique** Substance toxique se trouvant dans certaines plantes, souvent après la saison de croissance luxuriante (p. ex. pendant les pluies qui suivent une période de sécheresse). On en trouve surtout dans les (re)pousses de sorgho et dans certaines racines de manioc. Cet acide se dégrade rapidement après le flétrissement ou après l'exposition à l'air (séchage) des tubercules coupées en tranches.
- Acidose** Trouble du rumen dû à une suralimentation en concentrés. L'acidose provoque une perte d'appétit, une santé affaiblie, une basse production et un faible taux de graisse dans le lait. On évite l'acidose en donnant aux animaux de la paille ou des aliments de lest, de sorte que cela constitue au moins 30 % de la ration totale.
- Alimentation stratégique** Les meilleures parties du fourrage sont données aux animaux les plus productifs (vache allaitante et/ou gravides ou taureaux).
- Ammoniac** Forme d'azote se trouvant dans le corps de tous les animaux, généralement sous forme d'urée, résultant de la digestion des protéines. La supplémentation du régime alimentaire des ruminants (p. ex. par l'ajout d'engrais à base d'urée à moins de 2 % de la ration totale) peut leur fournir des protéines et améliorer leur productivité.
- Basses terres** Terres situées généralement dans les vallées des rivières, sur les berges, là où les sols sont plus lourds et plus nombreux, et où il y a plus d'eau et donc un plus fort potentiel pour la culture de « céréales fines ».
- Chaume** « Paille » de légumineuses.
- Consommation sélective** Sélection par l'animal des meilleures parties du fourrage, p. ex. les feuilles au lieu des tiges, et les grains d'un mélange de fourrage et de concentrés.
- Contenus cellulaires** Jus de la plante, contenant tous les sucres digestibles, les protéines et les minéraux.

Ecales	Enveloppes dures des grains comme le riz et les légumineuses (p. ex. arachides).
Éclaircissement	On enlève des jeunes plants ou semis délibérément plantés densément pour accroître les chances de germination, ce qui permet de récolter d'un peu de fourrage vert.
Effeuillage	Les feuilles vertes des pailles (surtout des pailles grossières) sont coupées pour obtenir un fourrage de valeur nutritive relativement bonne. L'effeuillage peut entraîner un rendement en grain légèrement plus bas.
EM	Énergie métabolisable, désigne dans cet Agrodok aussi « nutriments digestibles totaux » (NDT) ou sucrosité.
Énergie digestible	L'énergie pouvant être digérée (= utilisée) par les animaux pour rester en vie, se mouvoir, produire du lait, de la viande et de la progéniture. Dans cet Agrodok, cela est appelé « sucrosité ».
Entre-nœud	Voir « nœud ».
Entretien	Nutriments nécessaires à un animal pour rester en vie.
Fibres	Matériau ligneux des plantes qui leur donne leur structure et permet le transport des nutriments dans la plante verte. Généralement non digestibles telles quelles (dans la pratique, composée en majeure partie de parois cellulaires).
Fourrage	Terme général servant à désigner les matériaux utilisés pour nourrir les animaux, tels que pailles (mauvaise qualité), fourrages verts (qualité moyenne à bonne) et aliments concentrés (voir plus haut).
Fourrage concentré	Fourrage à forte concentration de nutriments digestibles (sucrosité et protéines). La plupart des aliments concentrés contiennent un ou plusieurs des sous-produits suivants : grains, restes de grains, sons, tourteaux de graines oléagineuses. Ils peuvent être donnés seuls ou bien mélangés à la ferme, ou achetés déjà mélangés par des entreprises commerciales (on les appelle alors aliments composés).
Fourrage ensilé	Fourrage constitué généralement de fourrages verts (excédents, luxuriants) compactés et couverts de feuilles de plas-

	<p>tique pour ne pas y laisser entrer l'air. Laisser à fermenter et à s'acidifier, il peut se conserver pour les saisons où une pénurie de fourrage est prévisible.</p>
Gaine	Partie dure (plus basse) de la feuille qui rattache la feuille à la tige, généralement moins nutritive que la feuille elle-même.
Gaz à effet de serre	Gaz, comme le dioxyde de carbone et le méthane, qui s'échappent des ruminants pendant la digestion (rots et flatulences) et contribuent au changement climatique.
Germe	Partie du grain qui commence à pousser après la germination.
Hachage	Réduction des particules de paille, habituellement à l'aide de couteaux ou de hachoirs, à une taille entre 2 et 10 cm.
Hautes terres (ou terres montagneuses)	Les hautes terres sont généralement situées à de hautes altitudes où les sols sont érodés et où il y a peu de flux d'eau d'irrigation ou de réserves d'eau souterraine.
Monogastrique	Animal n'ayant qu'un seul estomac, comme la volaille et le porc (voir « Ruminant »).
NDT (nutriments digestibles totaux)	La part de la biomasse de la plante pouvant être digérée, généralement exprimée en pourcentage du fourrage total, ou en kg/100 kg de fourrage.
Nœud	Partie dure de la tige de céréale à partir de laquelle les feuilles poussent. La partie de la tige entre les nœuds est appelée « entre-nœud ».
Paille	Toutes les parties de la plante qui ne sont PAS le grain, mais comprenant la tige, la gaine et la feuille.
Paille fine (et grain fin)	Paille des céréales produisant un grain fin, comme le riz, l'orge, l'avoine, le seigle et le blé.
Pailles fines	Pailles de riz, d'orge, de seigle, d'avoine, de blé (et leurs grains).
Pailles grossières (et grains grossiers)	Paille de cultures donnant des grains grossiers comme le maïs, le millet et le sorgho.
Paroi cellulaire	La partie ligneuse (et difficile à digérer d'une plante - appelée aussi « fibre ») servant de « conteneur » aux contenus cellulaires juteux et nutritifs de la plante.

Paysan disposant de ressources abondantes	Paysan qui possède beaucoup de biens et a un bon accès aux ressources (argent, main-d'œuvre, terres, équipement, infrastructure, installations).
Paysan disposant de ressources limitées	Paysan qui possède peu de biens et a peu accès aux ressources.
Poids corporel	Poids vif d'un animal, opposé au poids de la carcasse. Abréviation : PC
Rachis	Principal axe ou tige qui supporte les fleurs ou une feuille composée.
Repousse	Rejet vert nutritif qui pousse dans le champ après la récolte de la céréale.
Résidu	Voir sous-produit.
Rumen	Estomac principal des ruminants, (l'un des quatre estomacs, chacun ayant une fonction digestive spécialisée). Les bactéries présentes dans le rumen décomposent les fourrages fibreux pour permettre la digestion.
Ruminant	Animal ayant quatre estomacs, p. ex. mouton, chèvre, buffle et bovins.
Son	Enveloppes des grains enlevées pendant la mouture et contenant de la fécule et des protéines. Les enveloppes de riz ou les coques d'arachides ne sont pas utilisables comme fourrage.
Sous-produit (ou résidu)	Ce qui reste, p. ex. les pailles, les grains cassés et les tourteaux, après le retrait du produit principal comme le grain, les haricots et le jus de sucre.
Sucrosité	Dans cet Agrodok, la sucrosité des pailles se rapporte au contenu en sucre et donc à la valeur nutritive.
Supplémentation	Utilisation d'aliments spéciaux pour compenser les carences en nutriments, p. ex. grains, son, tourteaux et même engrais à base d'urée.
Tallage	Germination d'une céréale ou d'une herbe au pied de la plante.

Tourteaux	Résidus des graines oléagineuses laissés après l'extraction de l'huile par pression ou autre méthode, sous forme de « tourteaux » relativement riches en protéines.
Traitement à l'urée	L'urée (engrais) est utilisée pour améliorer la qualité nutritive des pailles.
Trempage	La paille est mise à tremper dans une grande quantité d'eau pour l'assouplir et la rendre plus facile à consommer par les animaux.
Variétés à haut rendement (VHR)	Variétés de céréales développées dans les années 70 du siècle dernier, contenant relativement plus de grain et moins de paille.
Verdure	Caractéristique des pailles qui « restent vertes », c.-à-d. qui ne jaunissent pas. La verdure est associée à une valeur nutritive légèrement meilleure et un meilleur contenu en protéines..

La série Agrodok

La série AGRODOK est une collection de documents techniques, simples et bon marché, sur la pratique de l'agriculture durable à petite échelle. Les livres AGRODOK sont disponibles en anglais (A), en français (F), en portugais (P), en espagnol (E) et en swahili (S). Les AGRODOK peuvent être commandés à AGROMISA ou au CTA.

N°	Titre	Langues
1.	L'élevage des porcs dans les zones tropicales	P, F, A
2.	Gérer la fertilité du sol	E, P, F, A
3.	La conservation des fruits et des légumes	P, F, A
4.	L'élevage des poules à petite échelle	E, P, F, A
5.	La culture fruitière dans les zones tropicales	P, F, A
6.	Mesures de topographie pour le génie rural	P, F, A
7.	L'élevage de chèvres	P, F, A
8.	La fabrication et l'utilisation du compost	E, P, F, A
9.	Le jardin potager dans les zones tropicales	E, P, F, A
10.	La culture du soja et d'autres légumineuses	P, F, A
11.	La protection des sols contre l'érosion dans les zones tropicales	E, P, F, A
12.	La conservation du poisson et de la viande	P, F, A
13.	Collecter l'eau et conserver l'humidité du sol	P, F, A
14.	L'élevage des vaches laitières	P, F, A
15.	La pisciculture à petite échelle en eau douce	P, F, A
16.	L'agroforesterie	P, F, A
17.	La culture des tomates : production, transformation et commercialisation	P, F, A
18.	La protection des céréales et des légumineuses stockées	P, F, A
19.	Multiplier et planter des arbres	P, F, A
20.	L'élevage familial de lapins dans les zones tropicales	P, F, A
21.	La pisciculture à la ferme	P, F, A
22.	La fabrication à petite échelle des aliments de sevrage	P, F, A
23.	Agriculture sous abri	P, F, A
24.	Agriculture urbaine : la culture des légumes en ville	P, F, A
25.	Les greniers	P, F, A
26.	Commercialisation : le marketing pour les producteurs artisanaux	P, F, A
27.	Créer et gérer un point d'eau pour les troupeaux de son village	P, F, A
28.	Identification des dégâts causés aux cultures	P, F, A
29.	Les pesticides : composition, utilisation et risques	P, F, A
30.	La protection non chimique des cultures	P, F, A
31.	Le stockage des produits agricoles	E, P, F, A
32.	L'apiculture dans les zones tropicales	P, F, A

33. L'élevage de canards	P, F, A
34. Amélioration de l'incubation et de l'élevage des poussins	E, P, F, A
35. Utilisation de l'âne pour la traction et le labour	P, F, A
36. La préparation des laitages	P, F, A
37. La production des semences à petite échelle	P, F, A
38. Comment créer une coopérative	E, P, F, A
39. Les produits forestiers autres que le bois d'œuvre	P, F, A
40. La culture des champignons à petite échelle	S, P, F, A
41. La culture des champignons à petite échelle - 2	P, F, A
42. Produits de l'apiculture	S, P, F, A
43. La collecte de l'eau de pluie à usage domestique	P, F, A
44. Ethnomédecine vétérinaire	P, F, A
45. Atténuer les effets du VIH/SIDA dans les petites exploitations agricoles	P, F, A
46. Les zoonoses	P, F, A
47. L'élevage d'escargots	P, F, A
48. L'exportation des produits biologiques	P, F, A
49. Paysage de la finance rurale	P, F, A
50. Le conditionnement des produits agricoles	P, F, A
51. Améliorer la riziculture de bas-fonds	F, A
52. L'élevage familial d'aulacodes	F, A
53. Les résidus de cultures pour l'alimentation animale	F, A
54. Insectes comestibles en Afrique	F, A

