

Effet du broyage sur l'utilisation des pailles de sorgho dans l'alimentation d'ovins de race Djallonké variété mossi au Burkina Faso

Sita SANOU^{1*}, Bila Isidore GNANDA¹
Hadja Oumou SANON¹,

Titre courant : Valorisation de la paille de sorgho par le broyage

Résumé

Les pailles de céréales constituent plus de 85% des résidus culturaux utilisés dans l'alimentation des animaux au Burkina Faso. Les animaux qui les reçoivent effectuent des tris, générant des refus non valorisables par l'animal. Pour réduire ces refus, des technologies de transformation par le broyage sont développées. La présente étude a eu pour objet d'évaluer l'effet du broyage sur la valorisation des pailles de sorgho dans l'alimentation des ovins Djallonké variété mossi. Elle a été implémentée en milieu paysan et a porté sur 45 mâles adultes. Les résultats obtenus montrent que le broyage permet de mieux valoriser les pailles en évitant la perte de 37,19% de ces pailles. De plus, ce broyage a permis une utilisation plus efficiente de l'énergie qui s'est traduite par des indices de consommation (IC) plus intéressants (32,11) comparativement à celui des pailles non broyées (36,87). Cependant, l'ingestion volontaire de la matière sèche de la paille broyée (53,26 g/kg poids métabolique), a été plus faible que celle de la paille non broyée (70,23 g/kg poids métabolique). Ce qui suggère le recours des techniques complémentaires au broyage afin d'assurer leur meilleure consommation par les animaux.

Mots clés : Pailles, broyage, ingestion, efficacité alimentaire

Title: Effect of grinding on the enhancement of sorghum straw in the diet of Djallonke sheep in Burkina Faso

Abstract

Cereal straws constitute more than 85% of the crop residues used in animal feed in Burkina Faso. The animals that receive them perform sorting, resulting in large losses of fodder. To minimize these losses, processing technologies are developed through grinding. The objective of the present study was to evaluate the effect of grinding on the enhancement of sorghum straws using in the diet of Djallonke sheep. The study was conducted on farm and covered 45 adult sheep. The effect of two forms of sorghum

¹ Laboratoire de Recherche en Production et Santé Animales (LaRePSA)/ Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA)/Centre National de Recherche Scientifique et Technologique (CNRST), 03 BP 7043 Ouagadougou 03, Burkina Faso

* Auteur correspondant : Email : zouwiss@yahoo.fr

straws distribution (ground and unground) was studied. The results showed that grinding allows better valorization avoiding the loss of 37.19% of the straws. On the other hand, grinding resulted in a more efficient use of straw energy through lower feed conversion ratios (FCR) for ground straw (32.11). However, voluntary dry matter intake was lower higher in sheep fed ground straw (53.26 g/kg metabolic weight) than in those fed unground straw (70.23 g/kg metabolic weight). So, other techniques should be considered to improve the consumption of straws.

Key words: cereal straws, grinding, ingestion, feed efficiency

Introduction

Face à l'augmentation des risques liés aux aléas climatiques et pour atténuer les incertitudes de productions, les ménages ruraux s'engagent de plus en plus dans les systèmes mixtes de production agriculture-élevage (Jaleta *et al.*, 2015 ; Rusinamhodzi *et al.*, 2015 ; Rakkar et Blanco-Canqui, 2018). Dans ces systèmes, les résidus culturaux jouent un rôle essentiel dans l'alimentation des animaux pendant la saison sèche. En retour, les déjections des animaux sont utilisées comme fumier pour la production des cultures (Thomas *et al.*, 2002 ; Valbuena *et al.*, 2012 ; Asante *et al.*, 2017). Ce sont des systèmes qui requièrent une attention particulière au regard de leur importance stratégique dans la sécurité alimentaire des pays tropicaux (Thornton et Herrero, 2014). Cependant, force est de constater le manque à gagner du fait que les résidus culturaux, en particulier les pailles de céréales possèdent des faibles teneurs en éléments nutritifs. En effet, elles sont particulièrement pauvres en protéines (2,37 à 4,3%) et en éléments minéraux (Zerbini et Thomas, 2003 ; Asante *et al.*, 2017). A contrario, elles sont riches en parois ligno-cellulosiques (77 à 91%) qui sont connues pour leur faible valeur digestive (Ouedraogo, 1995 ; Bisaria *et al.*, 1997 ; Zerbini et Thomas, 2003 ; Asante *et al.*, 2017). Avec une valeur énergétique comprise entre 0,4 et 0,5 UFL/kg de MS, les pailles de céréales couvrent à peine la moitié des besoins d'entretien des ruminants (Ouedraogo, 1995). De plus, leur consommation en quantité est limitée étant donné que les animaux qui les consomment trient les feuilles et les parties plus fines et laissent les tiges. Cela constitue un manque à gagner en termes d'optimisation de la valorisation des pailles dans l'alimentation des animaux. Ce constat a été également fait avec les fanes d'arachide lorsqu'elles sont distribuées sous forme de tiges feuillues séchées, les tiges sont difficilement ingérées par les ovins (Nantoume *et al.*, 2018). Pour valoriser au mieux l'utilisation des pailles dans l'alimentation des animaux, il est nécessaire de réduire la taille des différentes parties des pailles pour avoir un aliment plus uniforme et minimiser le tri. L'objectif de la présente étude a été d'évaluer l'effet du broyage sur la valorisation des pailles de sorgho dans l'alimentation des ovins au Burkina Faso.

1. Matériel et Méthodes

1.1. Site de recherche et acteurs impliqués

L'essai a été conduit en milieu paysan dans la région du Nord du Burkina Faso, plus précisément dans le village de Ziga appartenant à la province du Yatenga et ce, auprès de 15 producteurs. La région connaît un climat soudano-sahélien caractérisé par deux saisons : une longue saison sèche qui dure d'octobre à mai et une saison pluvieuse qui va de juin à septembre avec les maximums de précipitation enregistrés en juillet et août (Barry, 2016). L'économie de la région repose essentiellement sur l'agriculture et l'élevage. Les cultures céréalières prédominantes sont le mil et le sorgho blanc, pratiquées dans 70% des cas sur sol dénudé (Marchal, 1986). Ce qui justifie le choix des pailles de sorgho dans cette étude.

1.2. Animaux de l'étude

Quarante-cinq (45) béliers ont été utilisés dans l'étude. Ces animaux étaient des ovins mâles adultes non castrés de race Djallonké variété locale Mossi ayant au moins 12 mois d'âge (deux dents permanentes). Ils ont été fournis volontairement par les 15 producteurs, chacun ayant mis à la disposition de l'étude 3 animaux. Les prises de poids effectuées sur ces animaux ont montré que ces derniers avaient au départ, un poids vif variant entre 17 et 33,2 kg. Ils ont été identifiés par des boucles auriculaires et ont bénéficié d'un déparasitage par utilisation de l'Ivomec D® du Kelanthic®.

1.3. Aliments et rations appliquées

Pour cette étude, les pailles de sorgho ont été utilisées comme aliment de base avec deux modalités : pailles de sorgho broyées et pailles de sorgho non broyées. Le broyage a été fait à l'aide du broyeur polyvalent de KATO en utilisant deux types de mailles de cet équipement : un broyage à la maille de 8 mm et un autre à la maille de 16 mm. Le choix des deux dimensions différentes de maille a été opéré afin d'identifier la taille de broyat la plus appropriée à l'ingestibilité des ovins. Les pailles étaient issues des stocks récemment constitués par les producteurs. Au regard de la pauvreté des pailles de céréales en éléments nutritifs, une supplémentation a été effectuée à base du son de blé. La quantité de son a été limitée à 200 g par animal et par jour.

Les 45 animaux ont été répartis en trois lots de 15 individus et soumis aléatoirement chacun à une des trois rations suivantes :

- Ration 1 pour le lot 1 : paille de sorgho non broyée + son de blé
- Ration 2 pour le lot 2 : paille de sorgho broyée 8 mm + son de blé
- Ration 3 pour le lot 3 : paille de sorgho broyée 16 mm+ son de blé

Les quantités de paille de sorgho apportées aux animaux ont été fixées à hauteur de 3,5% de leur poids vif. Chez chaque producteur, les trois types de rations ont été

expérimentés en affectant un animal par ration. Cela a permis d'avoir 15 répétitions pour chaque ration.

Durant la phase d'adaptation, les quantités de paille à distribuer ont été ajustées quotidiennement aux besoins en matières sèches des animaux pour observer un taux minimum de refus de 20% (Bengaly *et al.*, 2007). Ce qui a permis d'assurer les possibilités aux animaux de pouvoir exprimer leur comportement de tri alimentaire.

Tous les animaux ont été maintenus au piquet de sorte à garantir une alimentation individuelle. A chaque animal, étaient attribués une mangeoire et un abreuvoir de manière à assurer un meilleur contrôle des quantités d'aliments offertes et refusées. L'eau a été servie à volonté. Le test a duré 78 jours comprenant avec 2 phases. La première phase qui a duré 63 jours a consisté à l'évaluation de la consommation volontaire des rations. Cette phase a duré 63 jours dont 14 jours d'adaptation des animaux aux conditions environnementales et alimentaires et 49 jours de collecte de données. La deuxième phase a consisté à l'évaluation de la digestibilité des rations. Cette phase qui a duré 14 jours a connu une période de 7 jours pour permettre aux animaux de s'adapter aux culottes de collecte de fèces et durant les 7 autres jours, les données ont été collectées pour le calcul de la digestibilité.

1.4. Données collectées

Les caractéristiques morphologiques de la paille de sorgho ont été déterminées. Pour ce faire et durant la période de collecte de données, cinq (5) producteurs ont été choisis de façon aléatoire et auprès desquels des échantillons ont été prélevés sur les pailles entières (pailles non broyées) distribuées et leurs refus. Par la suite, ces échantillons ont été soumis à des tris pour séparer les tiges des feuilles afin d'exprimer les proportions relatives des deux composantes dans les aliments distribués et refusés et de pouvoir apprécier le degré de sélection des animaux.

Pour apprécier l'ingestion volontaire de la matière sèche des rations (différence entre quantité offerte et quantité refusée), les quantités d'aliments distribuées et les quantités refusées ont été pesées tous les jours pour chaque animal, puis des échantillons ont été prélevés sur ces parties. Les poids moyens des animaux en début et fin de l'expérimentation ont été utilisés pour exprimer l'ingestion volontaire de la matière sèche par kg de poids métabolique (Aregheore, 1996).

Les deux dernières semaines ont été consacrées à l'étude de la digestibilité. La méthode classique des bilans *in vivo* (Demarquilly et Boisseau., 1976) a été utilisée pour la mesure de la digestibilité des rations expérimentales. Les animaux ont été soumis à une période d'adaptation au port de culottes de collecte des fèces et une semaine de collecte de données. Au cours de la semaine de mesure, les quantités ingérées et refusées de même que les fèces ont été pesées et échantillonnées une fois par jour. Les fèces ont été collectées le matin (7h) avant la distribution des aliments et le soir (16h). Pour chaque

animal, 10% de la quantité journalière de fèces émises ont été prélevés, puis le poids est noté (P1). Cet échantillon de fèces a ensuite été séché à l'air libre, puis conservé dans un sac pour des analyses chimiques au laboratoire. La digestibilité de la ration (dR) a été calculée suivant la formule suivante :

$$dR = \frac{(I-F)}{I} \times 100, \text{ avec } I : \text{ quantité de MS ingérée et } F : \text{ quantité de fèces excrétée.}$$

Pour connaître l'incidence des différentes rations sur la croissance pondérale, les moutons ont été pesés durant leur stabilisation, puis au début de l'essai et une fois toutes les deux semaines. Un peson de portée $50 \pm 0,01$ kg a été utilisé pour cette opération. Le gain moyen quotidien (GMQ) a été déterminé en faisant poids final – poids initial, le tout divisé par le nombre de jours d'alimentation (Tadesse, 2007).

$$GMQ = \frac{PF-PI}{NA}, \text{ avec } PF : \text{ le poids final ; } PI : \text{ le poids initial ; } NA : \text{ nombre de jours d'alimentation}$$

L'efficacité alimentaire des rations a été déterminée à travers le calcul de l'indice de consommation (IC) qui traduit la quantité d'aliment nécessaire pour réaliser un gain de poids durant une période donnée (MSI/ gains de poids).

1.5. Analyses bromatologiques

Au laboratoire, les échantillons de pailles de sorgho, de son de blé et des fèces déjà séchés à l'air libre ont été placés dans une étuve et séchés davantage à 60°C durant 24 heures, puis broyés à 1 mm pour les analyses chimiques. Ces analyses chimiques faites sur les aliquotes des échantillons broyés, ont été effectuées au laboratoire de l'Institut international de recherche sur l'élevage (ILRI) d'Addis Abeba en Ethiopie. Elles ont consisté en la détermination de la matière sèche (MS), des matières minérales (MM) ou cendres totales, de la matière organique (MO), des matières azotées totales (MAT), des composantes de la paroi cellulaire [Neutral Detergent Fiber (NDF), Acid Detergent Fiber (ADF) et Acid Detergent Lignin (ADL)] et de la digestibilité *in vitro* de la matière organique (dMO). Ces analyses ont été réalisées par la méthode de spectroscopie de proche infrarouge (SPIR) autour de la longueur d'onde de 1100 à 2500 nanomètres.

L'énergie métabolisable (EM) en MJ/ kg MS a été obtenue à partir de la valeur de la digestibilité *in vitro* de la MO.

1.6. Analyses statistiques

Les données de l'étude ont été analysées à l'aide du logiciel IBM SPSS Statistics 22. Les valeurs de l'ingestion, des coefficients de digestion apparente, de l'indice de consommation et des caractéristiques morphologiques des pailles, ont fait l'objet d'analyses de variance (ANOVA) standard. Les données de GMQ ont été analysées en faisant recours à une ANOVA à mesures répétées en utilisant le modèle linéaire

général. Les différences ont été considérées statistiquement significatives au seuil de probabilité $p < 0,05$.

2. Résultats

2.1. Composition chimique des aliments expérimentaux

Les constituants chimiques des pailles de sorgho et du son de blé sont donnés dans le tableau 1. La composition chimique des pailles non broyées n'a pas différé significativement de celle obtenue sur les pailles broyées. Les teneurs en matières azotées totales (MAT) du son ont été de 13,11%, celles des pailles broyées à 8 mm de 4,26%, celles des pailles broyées à 16 mm de 3,94% et celles des pailles non broyées de 3,33 % (tableau 1).

Tableau 1 : Composition chimique des aliments distribués

Nutriments (%)	Paille de sorgho non broyée	Paille de sorgho broyée (8 mm)	Paille de sorgho broyée (16 mm)	Son de blé
MS (%)	95,84±0,17 ^a	96,22±0,25 ^a	96,05±0,23 ^a	88,73
MM (%)	4,68±0,58 ^a	6,06±0,63 ^a	4,63±0,37 ^a	0,50
MO (%)	95,32±0,58 ^a	93,94±0,63 ^a	95,37±0,37 ^a	99,50
MAT (%)	3,33±0,37 ^a	4,26±0,37 ^a	3,94±0,14 ^a	13,11
NDF (%)	75,51±1,61 ^a	72,90±1,95 ^a	74,27±1,46 ^a	70,41
ADF (%)	52,48±1,51 ^a	50,82±1,26 ^a	50,31±1,08 ^a	33,85
ADL (%)	4,71±0,29 ^a	5,20±0,15 ^a	5,02±0,22 ^a	3,52
EM (MJ/kg MS)	6,05±0,20 ^a	5,95±0,16 ^a	6,07±0,21 ^a	5,95

NB:

- MS =Matière sèche, MM = Matière minérale, MO : Matière organique, MAT : Matières azotées totales, NDF : Neutral detergent fiber, ADF : Acid detergent fiber, ADL : Acid detergent lignin, EM : Energie métabolisable.
- Dans la même colonne, les chiffres portant les mêmes lettres ou ayant en commun une lettre, ne sont pas significativement différents au seuil de 5%

2.2. Caractérisation morphologique des pailles de sorgho, ingestion volontaire et digestibilité apparente des rations

Pour les pailles non broyées, les aliments distribués ont été plus riches en feuilles (22,14%) et moins pauvres en tiges (77,86%) que les aliments refusés (98,10% de tiges et 1,90% de feuilles).

L'ingestion volontaire de la matière sèche exprimée sur la base du poids métabolique (g/ kg poids métabolique /j) des trois rations expérimentales, a été significativement différente entre les traitements ($P < 0,05$). L'ingestion moyenne de la matière sèche (MSI) a été plus élevée chez les ovins recevant de la paille non broyée que chez ceux ayant reçu de la paille broyée (tableau 2). En partant des résultats de l'ingestion volontaire de la matière sèche consignés dans le tableau 2, on constate que les animaux ayant été alimentés aux pailles de sorgho non broyées ont consommé environ 32 % de plus que ceux ayant été nourris aux pailles broyées de 8 mm et 25,81 % de plus que ceux ayant reçu les pailles broyées de 16 mm. Comparativement aux pailles broyées, les pailles non broyées sont mieux mais avec beaucoup de perte sous forme de rejet des grosses tiges atteignant 37,19% de la quantité de paille distribuée.

Tableau2 : Ingestion volontaire (g/kg poids métabolique /animal/jour)

Rations	Ingestion volontaire de la matière sèche nutriments	Taux de refus des pailles
Ration 1	70,2±2,5 ^a	37,19 ^a
Ration 2	53,3±4,5 ^{ab}	52,78 ^b
Ration 3	55,8±4,2 ^b	45,02 ^{ab}

Ration 1 : paille de sorgho non broyée + son de blé ; Ration 2 : paille de sorgho broyée 8 mm + son de blé ; Ration 3 : paille de sorgho broyée 16 mm + son de blé.

Dans la même colonne, les chiffres portant les mêmes lettres ou ayant en commun une lettre, ne sont pas significativement différents au seuil de 5%.

Les digestibilités de la matière sèche et de tous les nutriments considérés des différentes rations sont consignées dans le tableau 3. Entre les traitements, une différence significative ($P < 0.05$) a été notée dans la digestibilité de certaines composantes chimiques. Il s'agit de la digestibilité de la matière sèche, de la matière organique, de NDF et de ADF qui ont été plus élevées pour les pailles non broyées (Ration 1) comparées aux pailles broyées (Rations 2 et 3). Globalement, les moutons ayant reçu les pailles de sorgho non broyées ont exprimé les meilleurs niveaux de digestibilité.

Tableau 3 : Digestibilité des rations et des nutriments

Rations	Digestibilité <i>in vivo</i> (%MS)				
	MS	MO	MAT	NDF	ADF
Ration 1	67,3±12,8 ^a	74,8±10,1 ^a	59,1±19,9 ^a	74,8±10 ^a	76,7±9 ^a
Ration 2	49±24,8 ^b	59,5±2 ^b	58,6±16,1 ^a	56,9±20 ^b	63,3±15,9 ^b
Ration 3	51,5±20,3 ^{ab}	62,2±15,9 ^{ab}	54,2±17,1 ^a	59,8±17 ^b	63,7±14,6 ^b

Ration 1 : paille de sorgho non broyée + son de blé ; Ration 2 : paille de sorgho broyée 8 mm + son de blé ; Ration 3 : paille de sorgho broyée 16 mm + son de blé

Dans la même colonne, les chiffres portant les mêmes lettres ou ayant en commun une lettre, ne sont pas significativement différents au seuil de 5%

2.3. Gain moyen quotidien (GMQ) et indice de consommation (IC)

Le tableau 4 présente les performances pondérales enregistrées au cours de l'essai, traduites par le gain de poids, le GMQ et les IC. Les GMQ n'ont pas été significativement différents (< 0,05) entre les traitements. Les valeurs obtenues ont été de 34 g, 40,69 g et 31,62 g respectivement pour les rations 1, 2 et 3. Les IC des différentes rations ont été de 36,83 pour les pailles de sorgho non broyées, 32,11 pour les pailles de sorgho broyées à 8 mm et de 32,20 pour les pailles de sorgho broyées à 16 mm (tableau 4).

Tableau 4 : Performances pondérales et Indice de consommation (IC)

Performances pondérales	Pailles de sorgho non broyées	Pailles de sorgho broyées à 8 mm	Pailles de sorgho broyées à 16 mm
Poids initial (kg)	24,83±1,66 ^a	22,95±5,71 ^a	25,09±1,27 ^a
Poids final (kg)	26,64±1,46 ^a	25,45±1,54 ^a	26,93±1,33 ^a
Gain de poids (kg)	2,36±0,55 ^a	3±0,58 ^a	2,29±0,76 ^a
GMQ g/ j/ animal	34,00±11,2 ^a	40,69±11,2 ^a	31,62±11,6 ^a
IC (kg MSI/ kg PV)	36,87±12,05 ^a	32,11±10,39 ^a	32,20±9,36 ^a

NB. Dans la même colonne, les chiffres portant les mêmes lettres, ne sont pas significativement différents au seuil de 5%. PV = Poids vif

3. Discussion

3.1. Valeurs bromatologiques des pailles utilisées

La composition chimique des pailles broyées et non broyées est sensiblement identique du fait que la seule différence qui réside entre ces aliments, est la taille des particules. La teneur en nutriments des pailles de sorgho obtenue lors des analyses bromatologiques confirme leur pauvreté en protéines et leur richesse en parois totales comme souligné par plusieurs auteurs (Tolera *et al.*, 1999 ; Zerbini et Thomas, 2003 ; Abbeddou *et al.*, 2011 ; Asante *et al.*, 2017). La teneur en matières azotées totales est similaire à celle rapportée sur les pailles de sorgho local au Mali, mais également sur d'autres types de paille (Nantoume *et al.*, 2000 ; Gizachew et Smit, 2005). Les valeurs sont en-dessous du niveau critique (7% MAT) faisant du déficit en azote, le facteur limitant de ces aliments pour une bonne digestion (Tolera *et al.*, 1999).

3.2. Ingestion volontaire de la matière sèche des rations distribuées

L'ingestion volontaire des pailles non broyées a été plus élevée que celle des pailles broyées. Cela s'explique par le tri effectué sur les pailles non broyées. En effet, l'examen des différentes parties (feuilles et tiges) des quantités distribuées et refusées des pailles de sorgho non broyées a montré qu'un tri a été réellement opéré au moment de la prise alimentaire des animaux et qui s'est traduit par des prélèvements préférentiels des feuilles. Des observations similaires ont été faites sur des animaux alimentés au pâturage (Reddy *et al.*, 2003 ; Rokomatu et Aregheore, 2006). Cette capacité de sélection est rendue beaucoup plus difficile lorsque les aliments sont hachés ou finement broyés avant leur distribution (Aregheore, 1996). C'est la raison pour laquelle au cours de la présente étude, l'intérêt de l'appréciation de ce critère de tri n'a pas été porté sur les pailles broyées car les rations distribuées et refusées présentaient les mêmes caractéristiques morphologiques. En effet, le broyage donne toujours aux aliments une présentation plus uniforme qui limiterait la sélection alimentaire (Aregheore, 1996).

Comparativement aux résultats de César et al. (2009) rapportés d'une étude réalisée également au Burkina Faso sur des béliers Djallonké nourris avec de la paille de sorgho hachée à 5-10 cm, l'ingestion volontaire des pailles de sorgho non broyées de la présente étude a été plus élevée et celle des pailles broyées a été plus faible. L'analyse de ces résultats nous montre que le traitement physique des pailles de sorgho (hachage, broyage) peut se traduire par une diminution de l'ingestion volontaire. Cela s'expliquerait par le fait que la distribution à volonté des pailles non broyées permet une sélection au cours de la consommation. Ce qui a conduit à un niveau d'ingestion plus élevé. Même si le comportement de tri des animaux a permis de mieux tirer parti du fourrage grossier que représente les pailles de sorgho, par le prélèvement des meilleures

parties, le taux de refus de 37,19% des pailles non broyées constitue un manque à gagner dans l'alimentation des animaux, car cette portion est constituée principalement de grosses tiges (98,10%) presque non utilisables par ces derniers. La forme courante de valorisation de ces produits dans les systèmes mixtes agriculture-élevage est leur recyclage à travers par exemple le compostage. Par contre, les quantités non consommées de pailles broyées ont montré d'autres potentielles utilisations dans le système d'alimentation des animaux. En effet, pour les cas de la présente étude, les pailles broyées refusées n'ont pas été utilisées pour réalimenter les animaux de l'expérimentation pour respect des exigences de l'étude. Elles ont été récupérées par les producteurs qui les ont mélangées au sel de cuisine et à d'autres ressources alimentaires locales et les distribués à d'autres animaux du ménage. Cela nous enseigne sur le fait que la qualité de ce type de produit (broyat) peut être améliorée en faisant recours à certaines technologies telles que la densification, la granulation, le traitement à l'urée, le salage et l'ajout de mélasse ou d'autres ressources alimentaires. Des travaux ont montré que chez les bœufs, le broyage du foin suivi d'une agglomération en granulés permet d'accroître la consommation du fourrage (Beranger *et al.*, 1962).

3.3. Digestibilité in vivo des rations distribuées

Les rations à base de pailles de sorgho non broyées ont enregistré un niveau de digestibilité élevé. Les digestibilités de la MS et de la MO obtenues dans cette étude sont plus élevées que celles rapportées sur des béliers Djallonké et des béliers de race Toronké nourris avec des pailles de sorgho hachées (Nantoume *et al.*, 2000 ; César *et al.*, 2009). Elles ont également été plus élevées que celles obtenues sur des ovins nourris à la paille d'orge traitée à l'ammoniac, des tiges de maïs traitées à l'urée ou à l'ammoniac et de l'ensilage de sorgho (Hadjigeorgiou *et al.*, 2001 ; Oji *et al.*, 2006 ; Di Marco *et al.*, 2009). Ce haut niveau de digestibilité serait lié à la sélection alimentaire opérée par les ovins qui rendrait leur régime alimentaire plus digeste que la moyenne des composants de l'aliment (Molle et Landau, 2017). La sélection qui se fait à l'avantage des feuilles améliore la qualité nutritionnelle de l'aliment ingéré car les feuilles sont riches en azote et pauvres en fibres (Rokomatu et Aregheore, 2006 ; Kaur *et al.*, 2011 ; Jaleta *et al.*, 2015). De plus, les feuilles ont un niveau de digestibilité élevé et constituent en plus un déterminant important de la digestibilité des pailles (Flachowsky *et al.*, 1991 ; Reddy *et al.*, 2003). La réduction de la digestibilité des rations à base de pailles de sorgho broyées serait liée à l'augmentation de la vitesse de transit des particules alimentaires à cause de leur taille réduite (Le Liboux et Peyraud, 1999 ; Lawrence *et al.*, 2017). Les fibres échappent ainsi à la dégradation microbienne.

3.4. Gain de poids et indice de consommation

La qualité de l'aliment serait positivement et étroitement liée à l'efficacité alimentaire (Rokomatu et Aregheore, 2006). Dans notre étude, le broyage des pailles a permis une utilisation plus efficace des pailles de sorgho.

Avec les niveaux de consommation et de digestibilité plus élevés obtenus des pailles non broyées, un gain de poids plus élevé était logiquement attendu mais aucune différence significative ($p < 0,05$) n'a été notée entre les GMQ. Au regard des résultats réellement obtenus, l'on peut émettre deux explications au vu des valeurs de l'indice de consommation. La première est qu'avec les pailles broyées, il y a eu une utilisation plus efficace de l'énergie apportée par l'aliment à travers la diminution des pertes d'énergie. Ces diminutions de perte d'énergie ont été constatées au cours du processus de la digestion. Lawrence *et al.* (2017) dans une étude réalisée sur des bovins (Holstein) ont constaté que les aliments de taille réduite demandent moins d'énergie pour leur digestion et que par conséquent l'énergie économisée serait utilisée pour la production. De plus, le broyage permettrait une utilisation plus efficace de l'énergie par la diminution des pertes d'énergie liées à la production de méthane d'origine entérique. En effet, le broyage des fourrages réduit la production de méthane grâce à la réduction de la digestibilité des fibres suite à l'augmentation de la vitesse de transit des aliments de petite taille (Le Liboux et Peyraud, 1999). Cette réduction de la production de méthane est bénéfique pour la production, car elle engendrerait une économie de l'énergie brute des aliments (Jeyanathan *et al.*, 2014 ; Xu *et al.*, 2017). Il a été montré que la réduction de la production de méthane entraînerait une amélioration de l'efficacité alimentaire et donc de la productivité (Ellison *et al.*, 2017).

La deuxième explication est liée à la variabilité des performances observées à l'intérieur de chaque lot. En effet, les GMQ moyens ont varié de 31,62 à 40,69, mais avec des écarts-types élevés (de 11,2 à 11,6). Cette variabilité semble suffisamment importante pour masquer les effets réels des rations.

Conclusion

Le broyage des résidus de céréales est une alternative de bonne gestion des stocks car permet une meilleure valorisation de ces ressources. Il limite les pertes de fourrage à travers la sélection des parties plus fines et le rejet des grosses tiges difficilement réutilisables dans la chaîne alimentaire des animaux. De plus, le broyage permet d'améliorer le rendement de transformation du fourrage en viande. Néanmoins, une amélioration de la valeur nutritive des pailles de sorgho doit être envisagée pour augmenter davantage leur contribution dans l'alimentation des animaux. Cette amélioration peut être envisagée à travers d'autres formes de distribution des pailles de sorgho broyées en l'occurrence sous forme densifiée ou agglomérée pour accroître leur

consommation. Mais, aussi envisager l'amélioration de leur valeur alimentaire par le traitement à l'urée ou l'utilisation d'autres ressources alimentaires.

Remerciement

Ces travaux ont été réalisés grâce au financement de la DAAD (German Academic Exchange service), à qui, nous disons un grand merci. Nous adressons également nos remerciements aux agropasteurs du village de Ziga qui ont bien voulu nous offrir des béliers, des pailles de sorgho et un cadre pour la bonne conduite de cette étude.

Références bibliographique

1. ABBEDDOU, S.; RIHAWI, S., HESS, H. D., IÑIGUEZ L., MAYER A. C., KREUZER M., 2011. Nutritional composition of lentil straw, vetch hay, olive leaves, and saltbush leaves and their digestibility as measured in fat-tailed sheep. *Small Ruminant Research*, 96 (2-3): 126-135. doi.org/10.1016/j.smallrumres.2010.11.017
2. AREGHEORE M., 1996. Voluntary intake and nutrient digestibility of crop-residue based rations by goats and sheep. *Small Ruminant Research*, 22 (1): 7-12. [doi.org/10.1016/0921-4488\(96\)00849-8](https://doi.org/10.1016/0921-4488(96)00849-8)
3. ASANTE, B. O., VILLANO, R. A., BATTESE, G. E., 2017. Integrated crop-livestock management practices, technical efficiency and technology ratios in extensive small-ruminant systems in Ghana. *Livestock Science*, 201: 58-69. doi.org/10.1016/j.livsci.2017.03.010
4. Barry S., 2016. The determinants of adoption of improved varieties of sesame in northern Burkina Faso. *Asian Economic and Social Society*, 6: 163-174.
5. BENGALY, K., MHLONGO, S., NSAHLAI, I. V., 2007. The effect of wattle tannin on intake, digestibility, nitrogen retention and growth performance of goats in South Africa. *Livestock Research for Rural Development*, 19 (4).
6. BERANGER, C., JARRIGE, R., MERLE, J. C., GOZZELINO, M. T., 1962. Utilisation des aliments broyés et agglomérés par les bovins. I. - comparaison du foin de luzerne normal et du foin de luzerne broyé dans l'alimentation du bœuf à l'engrais. *Annales de zootechnie, INRA/EDP Sciences*, 11 (4): 273-294.
7. BISARIA, R., MADAN, M., VASUDEVAN, P., 1997. Utilization of agro-residues as animal feed through bioconversion. *Bioresource Technology*, 59: 5-8.

8. CESAR, J., KANWE, A., ZONGO, L., AKOUDJIM M., 2009. Expérimentations en cultures fourragères dans la région de Bobo-Dioulasso. Rapport d'étude, CIRDES-CIRAD, Bobo-Dioulasso, Burkina-Faso, 34 p.
9. DEMARQUILLY, C., BOISSEAU, J. M., 1976. Méthode de mesures de la valeur alimentaire des fourrages. Laboratoire des aliments, CRZV-INRA, Theix, 6 p.
10. DI MARCO, O. N., RESSIA, M. A., ARIAS, S., AELLO, M. S., ARZADUN, M. M., 2009. Digestibility of forage silages from grain, sweet and bmr sorghum types: Comparison of *in vivo*, *in situ* and *in vitro* data. *Animal Feed Science and Technology*, 153: 161-168. doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2009.06.003
11. ELLISON, M. J., CONANT, G. C., LAMBERSON, W. R., COCKRUM, R. R., AUSTIN, K. J., RULE, D. C., CAMMACK, K. M., 2017. Diet and feed efficiency status affect rumen microbial profiles of sheep. *Small Ruminant Research*, 156: 12-19. doi.org/10.1016/j.smallrumres.2017.08.009
12. FLACHOWSKY, G., TIROKE, K., SCHEIN, G., 1991. Botanical fractions of straw of 51 cereal varieties and *in sacco* degradability of various fractions. *Animal Feed Science and Technology*, 34: 279-289.
13. GIZACHEW, L., SMIT, G. N., 2005. Crude protein and mineral composition of major crop residues and supplemental feeds produced on Vertisols of the Ethiopian highland. *Animal Feed Science and Technology*, 119: 143-153. doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2004.11.003
14. HADJIGEORGIOU, I. E., GORDON, I. J., MILNE, J. A., 2001. The intake and digestion of a range of temperate forages by sheep and fibre-producing goats. *Small Ruminant Research*, 39: 167-179.
15. JALETA, M., KASSIE, M., ERENSTEIN, O., 2015. Determinants of maize stover utilization as feed, fuel and soil amendment in mixed crop-livestock systems, *Ethiopia Agricultural Systems*, 134: 17-23.
16. JEYANATHAN, J., MARTIN, C., MORGAVI, D. P., 2014. The use of direct-fed microbials for mitigation of ruminant methane emissions. *Animal*, 8: 250-261. doi.org/10.1017/S1751731113002085
17. KAUR, R., GARCIA, S. C., FULKERSON, W. J., BARCHIA, I. M., 2011. Degradation kinetics of leaves, petioles and stems of forage rape (*Brassica napus*) as affected by maturity. *Animal Feed Science and Technology*, 168: 165-178. Doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.04.093
18. LAWRENCE, R. D., ANDERSON, J. L., MANTHEY, A. K., KALSCHEUR, K. F., 2017. Growth performance and total-tract nutrient digestion for Holstein heifers limit fed diets high in distillers grains with different forage particle sizes. *The Professional Animal Scientist*, 33: 230-240. doi.org/10.15232/pas.2016-01578
19. LE LIBOUX, S., PEYRAUD, J. L., 1999. Effect of forage particle size and feeding frequency on fermentation patterns and sites and extent of digestion in dairy cows fed mixed diets. *Animal Feed Science and Technology*, 76: 297-319.

20. Marchal, J.Y., 1986. Vingt ans de lutte antiérosive au nord du Burkina Faso. Cah. ORSTOM, sér. Pédol., 22 (2), 173-180.
21. MOLLE, G., LANDAU, S., 2017. Husbandry of Dairy Animals: Sheep: Feeding Management. Reference Module in Food Science, Elsevier, ISBN 9780081005965, doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.21854-4.
22. NANTOUME, H., KOURIBA, A., TOGOLA, D., OUOLOGUEM, B., 2000. Mesure de la valeur alimentaire de fourrages et de sous-produits utilisés dans l'alimentation des petits ruminants. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, 53 (3): 279-284.
23. NANTOUME, H., CISSE, S., SOW, P. S., SIDIBE, S., OLIVIER, A., BONNEVILLE, J. CINQ-MARS, D., 2018. Impact de rations comportant des fourrages de *Pterocarpus lucens*, *Pterocarpus erinaceus* et *Ficus gnaphalocarpa* sur l'embouche ovine au Mali. *Tropicicultura*, 36: 673-683.
24. OJLU, I., ETIM, H. E., OKOYE, F. F., 2006. Effects of urea and aqueous ammonia treatment on the composition and nutritive value of maize residues. *Small Ruminant Research*, 69 : 232-236. Doi.org/10.1016/j.smallrumres.2006.01.015
25. OUEDRAOGO, M., 1995. Histoire et conséquences de l'introduction du maraichage en zone soudano-sahélienne au Burkina Faso. In : Chauveau Jean-Pierre (ed.), Yung J.M. (ed.) Innovation et sociétés : quelles agricultures ? Quelles innovations ? : 2. Les diversités de l'innovation Montpellier : CIRAD, 257-263. Séminaire International d'Economie Rurale, Montpellier (France), 1993/09/13-16. ISBN 2-87614-199-X
26. RAKKAR, M. K., BLANCO-CANQUI, H., 2018. Grazing of crop residues: Impacts on soils and crop production. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 258: 71-90. doi.org/10.1016/j.agee.2017.11.018
27. REDDY, B. V. S., SANJANA, REDDY, P., BIDINGER, F., BLÜMMEL, M., 2003. Crop management factors influencing yield and quality of crop residues. *Field Crops Research*, 84: 57-77. doi.org/10.1016/S0378-4290(03)00141-2
28. ROKOMATU, I., AREGHEORE, E. M., 2006. Effects of supplementation on voluntary dry matter intake, growth and nutrient digestibility of the Fiji Fantastic sheep on a basal diet of Guinea grass (*Panicum maximum*). *Livestock Science*, 100: 132-141. doi.org/10.1016/j.livsci.2005.08.014
29. RUSINAMHODZI, L., WIJK, M. T. V., CORBEELS, M., RUFINO, M. C., GILLER, K. E., 2015. Maize crop residue uses and trade-offs on smallholder crop-livestock farms in Zimbabwe: Economic implications of intensification. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 214: 31-45.
30. TADESSE, M., 2007. The influence of age and feeding regimen on the carcass traits of Arsi-Bale goats. *Livestock Research for Rural Development*, 19 (4).

31. THOMAS, D., ZERBINI, E., PARTHASARATHY, RAO, P., VAIDYANATHAN, A., 2002. Increasing animal productivity on small mixed farms in South Asia: a systems perspective. *Agricultural Systems*, 71: 41-57.
32. THORNTON, P. K., HERRERO, M., 2014. Climate change adaptation in mixed crop-livestock systems in developing countries. *Global Food Security*, 3: 99-107. doi.org/10.1016/j.gfs.2014.02.002
33. TOLERA, A., BERG, T., SUNDSTÛL, F., 1999. The effect of variety on maize grain and crop residue yield and nutritive value of the stover. *Animal Feed Science and Technology*, 79: 165-177.
34. VALBUENA, D., ERENSTEIN, O., HOMANN-KEE TUI, S., ABDOULAYE, T., CLAESSENS, L., DUNCAN, A. J., GÉRARD, B., RUFINO, M. C., TEUFEL, N., VAN ROOYEN, A., VAN WIJK, M. T., 2012. Conservation Agriculture in mixed crop–livestock systems: Scoping crop residue trade-offs in Sub-Saharan Africa and South Asia. *Crops Research*, 132: 175-184.
35. XU, T., ZHAO, N., HU, L., XU, S., LIU, H., MA, L., ZHAO, X., 2017. Characterizing CH₄, CO₂ and N₂O emission from barn feeding Tibetan sheep in Tibetan alpine pastoral area in cold season. *Atmospheric Environment*, 157: 84-90.
36. <http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosenv.2017.03.023>
37. ZERBINI, E., THOMAS, D., 2003. Opportunities for improvement of nutritive value in sorghum and pearl millet residues in South Asia through genetic enhancement. *Field Crops Research*, 84 : 3-15. doi.org/10.1016/S0378-4290(03)00137-0