

Mesure de la digestibilité *in vivo* de résidus de récolte de quatre variétés améliorées de sorgho à double usage sur les moutons de race Djallonké

Souleymane Ouédraogo¹ Lassina Sanou^{2*} Issaka Gnegne³
Modou Sere³ Myriam Adam^{4,5} Patrice Savadogo²
Chantal Yvette Kabore-Zoungrana⁶

Mots-clés

Ovin, sorgho, résidu de récolte, digestibilité, Burkina Faso

© S. Ouédraogo et al., 2024



<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Submitted: 9 February 2023

Accepted: 19 November 2024

Online: 31 December 2024

DOI: 10.19182/remvt.37116

Résumé

Contexte : Avec la réduction des surfaces de parcours naturels et de leur productivité, l'alimentation des animaux doit se tourner vers d'autres ressources, notamment les coproduits de récolte. **Objectif** : Cette étude avait pour objectif de comparer la digestibilité *in vivo* de variétés de sorgho améliorées afin d'identifier celles qui pourraient répondre mieux au double usage : production de grains et utilisation des pailles comme fourrage. **Méthodes** : Des essais ont été conduits sur quatre variétés de sorgho : Fadda, Grinkan, Djiguikala et Zalatimi. L'ingestion et la digestibilité des pailles ont été évaluées sur 12 béliers adultes de race Djallonké, dans des cages de digestibilité avec collecte totale des fèces. Le régime était constitué de paille de sorgho broyée servie *ad libitum*, avec une complémentation de tourteau de coton. Les rations offertes et refusées ont été analysées et ont permis la détermination de la digestibilité apparente de la matière sèche (dMS), de la matière organique (dMO) et des matières azotées totales (dMAT). **Résultats** : Les pailles de sorgho avaient des teneurs en matières azotées totales (MAT) entre 2,9 et 5,7 % de la matière sèche (MS). L'ingestion a été la plus élevée pour la variété Grinkan (366,9 g/j) et la plus faible pour la variété Djiguikala (266,4 g/j). Les plus fortes valeurs de dMS, dMO et dMAT ont été obtenues avec la variété Zalatimi avec 44,4 %, 43,5 % et 42,4 % respectivement. La plus faible dMS a été observée avec la variété Djiguikala (37,3 %) et les plus faibles dMO et dMAT avec la variété Fadda (35,8 % et 24,7 % respectivement). **Conclusions** : Les variétés avec les meilleures digestibilités, Grinkan et Zalatimi, sont aussi celles qui ont une meilleure ingestibilité, et elles ont des teneurs en MAT convenables. Ces premiers résultats montrent que certaines variétés de sorgho sont *a priori* plus favorables pour l'alimentation animale, mais ils doivent être complétés par des essais zootechniques sur une plus longue période.

■ Comment citer cet article : Ouédraogo S., Sanou L., Gnegne I., Séré M., Adam M., Savadogo P., Kabore-Zoungrana C.Y., 2024. Mesure de la digestibilité *in vivo* de résidus de récolte de quatre variétés améliorées de sorgho à double usage sur les moutons de race Djallonké. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, 77: 37116, doi: 10.19182/remvt.37116

1. Centre national de la recherche scientifique et technologique, INERA, Département Gestion des ressources naturelles et systèmes de production (GRN/SP), Ouagadougou, Burkina Faso

2. Centre national de la recherche scientifique et technologique, INERA, Département Environnement et forêts, Ouagadougou, Burkina Faso

3. Université de Dédougou, Institut des sciences de l'environnement et du développement rural (ISED), Dédougou, Burkina Faso

4. CIRAD, UMR AGAP Institut, Battambang, Cambodia

5. AGAP Institut, CIRAD, INRAE, Institut Agro, Université de Montpellier, Montpellier, France

6. Université Nazi Boni, Institut du développement rural, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso

* Auteur pour la correspondance

Tél. : +22676072265 ; email : lassina.sanoullassina@gmail.com

■ INTRODUCTION

Situé au cœur de l'Afrique occidentale, le Burkina Faso est un pays continental où 81 % de la population active relève du secteur rural. Les secteurs de l'agriculture et de l'élevage, considérés comme le moteur du développement économique, occupent en effet 85 % de la population active et contribuent à hauteur de 33 % au produit intérieur brut (FAO, 2018).

L'agriculture est dominée par les cultures céréalières, qui occupent 80 % des superficies, soit environ 2,5 millions d'hectares (FAO, 2018). Le sorgho est l'une des principales cultures céréalières au Burkina Faso et constitue la base de l'alimentation des populations en milieu

rural. La production du sorgho au Burkina Faso est passée de 1,5 million de tonnes en 2000 à 2,8 millions de tonnes en 2020 (MAAHM/DGESS/EPA, 2021). Cependant, elle est assurée en grande partie par les variétés locales et seulement en faible proportion par les variétés améliorées (Barro-Kondombo, 2010 ; Ouédraogo et al., 2023).

Cette production céréalière contribue d'abord à l'alimentation humaine, mais aussi à l'alimentation animale, surtout en saison sèche, quand l'herbage des parcours est de mauvaise qualité, par la disponibilité de grandes quantités de pailles. Cette situation met en relief la complémentarité du système agriculture-élevage.

Le cheptel est dominé par les petits ruminants de par leur nombre et leur rôle socioéconomique, avec une production estimée en 2009 à 8 millions d'ovins et 12 millions de caprins (MRA, 2010). L'alimentation des animaux est l'un des principaux facteurs limitants de la production. Les superficies d'emblavure en céréale augmentent au fil des ans, consécutivement à la croissance démographique et aux facteurs agro-pédo-climatiques défavorables (Pochier, 1992). Ainsi, les espaces pastoraux sont réduits jusqu'à des limites incompatibles avec les besoins de circulation et d'alimentation du cheptel. En effet, la principale source d'affouragement au Burkina Faso est le pâturage naturel, suivi des résidus de récolte (Ouédraogo et al., 2019 ; Sanou et al., 2023). Aujourd'hui au Burkina Faso, la réalité est que la situation alimentaire et nutritionnelle du cheptel est préoccupante. Une culture comme le sorgho pourrait répondre au défi du double usage, c'est-à-dire satisfaire l'alimentation humaine et l'alimentation animale.

Cependant, il reste à déterminer si les résidus de culture des variétés de sorgho cultivées permettent un niveau d'ingestion et une utilisation digestive à même de satisfaire les besoins d'entretien et de production des animaux, et dans quelle mesure il faut associer ces résidus de culture à des compléments pour améliorer leur ingestibilité et leur digestibilité. Cette étude visait à comparer des variétés de sorgho afin d'analyser la variabilité de la valeur nutritive et de promouvoir les variétés qui répondent le mieux au double usage. Nous avons déterminé la composition chimique des résidus de culture de quatre variétés de sorgho et étudié l'ingestion et la digestibilité de ces fourrages. Afin d'atteindre ces objectifs, nous avons émis les hypothèses suivantes : les variétés de sorgho étudiées ont des potentiels de production de fourrages différents ; la variété est un facteur déterminant de la digestibilité des fourrages de sorgho ; la quantité de fourrage ingérée dépend des variétés.

■ MATERIEL ET METHODES

Description du site d'étude

L'étude a été conduite à la station de recherches environnementales et agricoles de Farako-Bâ située à 10 km au sud-ouest de Bobo-Dioulasso (Burkina Faso). Elle couvre une superficie de 475 ha, dont 375 ha aménagés en parcelles expérimentales. Les coordonnées géographiques de la station sont de 04° 20' de longitude Ouest et 11° 60' de latitude Nord, avec une altitude moyenne de 405 m. Le climat de Farako-Bâ est dominé par un climat tropical soudanien (Fontès et Guinko, 1995). Les précipitations annuelles sont supérieures à 1000 mm en moyenne, et la saison des pluies s'étale entre avril et novembre. Les sols de Farako-Bâ sont principalement de type sableux à texture sablo-limoneuse, légèrement acides. Ils ont de faibles teneurs en argiles et en matière organique, ce qui fait que leur capacité d'échange cationique est faible. Ce sont des sols pauvres en azote, en phosphore, et qui sont très sensibles au lessivage et à l'érosion (Bado, 2002).

Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé est composé de quatre variétés de sorgho : Fadda, Grinkan, Soumba et Zalatimi. Ces variétés sont des variétés améliorées. Leurs caractéristiques se présentent comme suit :

– Fadda, variété originaire du Mali, créée par IER-ICRISAT et exploitée dans les isohyètes 700-1000 mm. Issue d'un croisement entre 02-SB-F5DT-12A et Lata, elle a un cycle moyen de 128 jours ; elle est tolérante au *Striga hermonthica* (plante parasite qui réduit fortement la production de sorgho) et photosensible. D'une hauteur de 2 à 3 m, elle est de couleur verte pigmentée de jaune. Les graines se conservent bien, elles sont tolérantes à l'anthracnose et à la moisissure. Le rendement potentiel moyen en grains est de 4,5 t/ha. Les avantages de cette variété sont qu'en plus des caractéristiques ci-dessus, elle a un bon rendement en fourrage (4 t/ha) et les graines ont une bonne valeur technologique et sont notamment appréciées pour le goût de la pâte cuite de farine de sorgho («tô») (Sanou, 2015).

– Grinkan ou 02-SB-F4DT-275, variété adaptée aux aires de culture comprises entre 500 et 800 mm et au-delà. La plante a une taille moyenne de 1,2 m, un cycle semis-maturité de 125 jours, des panicules semi-compactes et elle est non photosensible, avec. La graine est de couleur blanche et semi-vitreuse. La variété Grinkan présente une bonne vigueur à la levée, est très résistante à la verse, à la sécheresse, mais sensible aux maladies foliaires (bandes de suie) et aux moisissures des grains. Le rendement en grain potentiel en culture irriguée est de 4-5 t/ha et celui en milieu paysan en culture pluviale est de 2,5 t/ha. Malgré la précocité et la bonne valeur fourragère des pailles de Grinkan, la variété reste très exigeante en engrais et elle a une qualité passable pour le tô (Sanou, 2015).

– Djiguikala, variété originaire d'Éthiopie de la race caudatum. Elle a un cycle de 110 jours et une hauteur moyenne de 3,1 m. C'est une variété non photosensible. Elle est adaptée à une pluviométrie variant entre 800 et 1 000 mm. Ses rendements en grain et en fourrage sont d'environ 2,2 t/ha et 6,2 t/ha respectivement.

– Zalatimi, variété originaire d'Éthiopie de la race caudatum. Elle a un cycle de 110 jours et une hauteur moyenne de 2,6 m. C'est une variété non photosensible. Elle est adaptée à une pluviométrie variant entre 800 et 1 000 mm. Ses rendements en grain et en fourrage sont d'environ 2,5 t/ha et 8 t/ha respectivement.

Conduite de l'expérimentation

L'expérimentation a été réalisée en deux phases successives à savoir : (a) une production au champ en grandes parcelles pour obtenir la biomasse des quatre variétés de sorgho ; (b) un essai d'alimentation pour déterminer la digestibilité des pailles de sorgho récoltées.

Production des pailles de sorgho

Le dispositif consiste en quatre parcelles de 625 m² semées avec une variété de sorgho chacune, à une densité de semis de 80 cm sur 40 cm. Pour chaque parcelle élémentaire, il a été apporté 150 kg/ha de NPK (14-23-14) puis 50 kg/ha d'urée 46 % N, respectivement les 15^e et 45^e jour après semis.

Pour la préparation du sol, un labour à plat et profond a été effectué à l'aide d'un tracteur. Les semis ont été réalisés manuellement en poquet et en ligne. Les opérations culturales d'entretien ont consisté en deux sarclages et un buttage, tous manuels.

La récolte a été faite après la maturité physiologique des grains entre 16 et 22 % d'humidité. Des échantillons ont été prélevés et séchés pendant 48 h dans une étuve ventilée à 65 °C pour la détermination de la composition chimique.

Les pailles utilisées pour les essais de digestibilité ont été séchées à l'ombre sur des claies sous hangars avant d'être hachées au hache-paille pour obtenir des longueurs de 5 à 8 cm.

Essai de digestibilité

Préparation de l'aliment

Les pailles de chacune des quatre variétés de sorgho (tiges et feuilles) ont été broyées au broyeur mécanique à moteur thermique muni d'un tamis à 5 mm de mailles (modèle KATO commercialisé au Burkina Faso). Le produit de broyage a ensuite été bien mélangé afin d'avoir un stock homogène et conditionné dans des sacs pour l'entreposage et la conservation. En plus de cet aliment de base, chaque bélière a reçu chaque jour un supplément de 100 g de tourteau de graines de coton (40,5 % de matières azotées totales (MAT) selon Kaboré-Zoungana et al. (1996) pour augmenter les teneurs en MAT des pailles de sorgho distribuées à un niveau minimal de 8 %, afin que l'azote ne soit pas un facteur limitant l'activité du rumen (Archimède et al., 2011).

Dispositif de digestibilité

La méthode d'étude de la digestibilité a été celle *in vivo* de Kaboré-Zoungana et al. (1996). L'étude a été réalisée sur deux lots de six bélières (soit 12 bélières) adultes de race Djallonké d'au moins douze mois d'âge et d'un poids moyen de $17 \pm 0,75$ kg, achetés au marché de bétail de Bobo-Dioulasso.

Tous les animaux ont été traités aux antibiotiques et déparasitant interne (Oxfendazol) avant leur mise en cage. Ils ont ensuite été maintenus dans des cages à digestibilité individuelles installées sous un hangar bien aéré et éclairé toute la journée. Chaque cage a été équipée par devant d'une mangeoire et sur le côté d'un abreuvoir. Ces cages permettent en outre une évacuation facile des urines à l'aide d'un plancher en lattes et d'une tôle étanche située à la base de chaque cage. Une culotte de collecte des fèces a été portée par chaque bélière. Chaque lot de six bélières de poids homogène a été alimenté avec une variété, dans un premier temps Grinkan et Fadda. Après 21 jours, ces mêmes animaux ont été utilisés pour la digestibilité des pailles des variétés Djiguikala et Zalatimi après ré-allotement des animaux en deux lots de poids homogènes. L'allocation des pailles aux lots d'animaux a été faite de manière aléatoire.

Pour chacun des fourrages, l'expérimentation a été réalisée en deux phases : (a) une phase pré-expérimentale d'adaptation aux cages et au régime. La durée de cette phase a été de deux semaines (soit 14 jours) pour permettre à la flore du rumen de s'adapter à l'aliment étudié ; (b) une phase de collecte journalière pendant une semaine (soit 7 jours).

Distribution des aliments

Les pailles ont été distribuées aux animaux comme aliment de base en raison de 50 g de matières sèches (MS)/kg de poids métabolique ($PV^{0,75}$). Elles ont été distribuées pour moitié le matin et pour moitié l'après-midi avec 50 g de tourteaux de coton à chaque fois. Auparavant, deux échantillons de 200 g ont été prélevés et séchés à l'étuve à 105°C pendant 24 h pour évaluer la teneur en matière sèche (Kaboré-Zoungana et al., 1999), afin de déterminer les quantités de pailles à distribuer par animal dans les mangeoires.

Collecte des refus

Les quantités de pailles broyées de sorgho refusées par les animaux ont été collectées chaque matin pour chaque animal avant la distribution des aliments puis pesées. Elles ont ensuite été conservées cumulativement chaque jour (durant les sept jours de collecte) et pour le même animal dans des sacs en polyéthylène étiquetés du numéro de chaque animal. À la fin de l'expérimentation, le contenu de chaque sac a été bien mélangé, puis deux échantillons de 200 g ont

été prélevés par animal, séchés à l'étuve à 105°C pendant 24 h pour la détermination de la matière sèche (Kaboré-Zoungana et al., 1999). Un autre échantillon de 500 g a été prélevé, séché à 65°C pendant 48 h, puis broyé à 1 mm pour les analyses de laboratoire.

Collecte des fèces

Les fèces de chaque animal ont été recueillies une fois par jour (à partir de 8 h), puis pesées. Après la pesée, deux échantillons de 50 g par animal ont été prélevés et mis sécher à l'étuve ventilée à 105 °C pour la détermination de la matière sèche (Kaboré-Zoungana et al., 1999). Le reste des fèces a été conservé de manière cumulative dans des sachets en plastique, puis étiqueté et stocké dans un congélateur. À l'issue de la phase de collecte, le lot de fèces cumulé par animal a été soigneusement mélangé, puis 400 g de chaque stock ont été prélevés puis séchés à l'étuve ventilée à 65 °C pendant 48 h pour les analyses chimiques au laboratoire.

Les digestibilités apparentes de la matière sèche (dMS), de la matière organique (dMO) et des matières azotées totales (dMAT) sont calculées selon les relations ci-dessous :

$$dMS = [((MSD-MSR) / MSF) / (MSD-MSR)] \times 100 \quad \text{Équation 1}$$

$$dMO = [((MOD-MOR) / MOF) / (MOD - MOR)] \times 100 \quad \text{Équation 2}$$

$$dMAT = [((MATD-MATR) - MATF) / (MATD-MATR)] \times 100 \quad \text{Équation 3}$$

avec : MSD : matière sèche distribuée ; MSR : matière sèche refusée ; MSF : matière sèche des fèces ; MOD : matière organique distribuée ; MOR : matière organique refusée ; MOF : matière organique des fèces ; MATD : matières azotées totales distribuées ; MATR : matières azotées totales refusées ; MATF : matières azotées totales des fèces.

Préparation des échantillons à analyser

Les échantillons des aliments (résidus de récolte des quatre variétés, broyés au broyeur KATO), des refus cumulés par animal et des fèces ont été broyés au broyeur à 1 mm de maille pour les analyses.

Analyses de laboratoire

Les différents échantillons (aliments, refus, fèces) ont été analysés au laboratoire de l'INERA à Farako-Bâ (Burkina Faso). Elles ont concerné : (a) la matière sèche (MS) par passage à l'étuve ventilée à 105°C pendant 24 h ; (b) les matières minérales totales (MMT) par calcination au four à moufle à 550°C pendant 2 h suivi d'un refroidissement de 4 h avant ouverture de l'enceinte du four ; (c) l'azote total par la méthode de Kjeldahl (digestion complète à l'acide sulfurique concentré à 100°C pendant 2 h suivie d'une distillation et d'une titration). La teneur en matières azotées totales (MAT) a été obtenue par multiplication de la teneur en azote par le coefficient 6,25.

Détermination de l'ingestion et des coefficients de digestibilité

Pour chaque animal, la quantité d'aliment ingérée a été déterminée par différence entre la quantité distribuée et la quantité refusée par jour et en matière sèche.

Analyses statistiques

Une analyse de variance selon le modèle linéaire général (GLM) a été réalisée pour comparer les quantités ingérées et les refus ainsi que les coefficients de digestibilité (dMS, dMO et dMAT) des pailles étudiées. Lorsqu'une différence significative était détectée, une comparaison des moyennes a été faite à l'aide du test de Fisher au seuil

de 5 %. Toutes ces analyses ont été réalisées avec le logiciel XLStat Version 2019 (Addinsoft, Paris, France).

■ RESULTATS

Composition des aliments offerts et des refus des pailles des quatre variétés de sorgho

La valeur azotée de ces pailles était très faible, variant de 2,97 % de matières azotées totales (MAT) pour la variété Fadda à 5,77 % de MAT pour la variété Zalatimi.

L'examen de la composition des aliments offerts et des refus des pailles a montré des différences au niveau de la teneur en matière

Tableau 1 : Comparaison des teneurs en MS, MAT et MO (en % de la MS) des aliments offerts et des refus des pailles /// *Comparison of DM, MAT and OM content (in % DM) of feed offered and straw rejects*

Variétés	Nature	MS	MO	MAT
Djiguikala	Offert	95,5	89,8	5,0
	Refus	95,3 ± 0,1	89,7 ± 0,6	4,4 ± 0,9
Fadda	Offert	93,1	83,9	2,9
	Refus	93,2 ± 0,5	83,1 ± 1,3	1,6 ± 0,1
Grinkan	Offert	95,0	84,2	5,0
	Refus	93,3 ± 0,9	84,1 ± 2,2	3,1 ± 0,2
Zalatimi	Offert	95,1	87,8	5,7
	Refus	94,7 ± 0,4	85,7 ± 0,8	3,2 ± 0,1

sèche MS, en MAT et en matière organique (MO) de toutes les variétés. Les différences les plus importantes entre les aliments offerts et refusés ont été observées pour la teneur en MAT pour les quatre variétés, avec en moyenne une teneur de 1,2 point plus basse dans les refus (tableau 1).

Quantités d'aliments et de constituants chimiques ingérés

Les quantités d'aliments ingérées par les animaux sont présentées dans le tableau 2. Les quantités de tourteau de coton offertes en complément durant toutes les expériences ont toujours été ingérées en totalité. Des différences significatives ont été observées ($p < 0,05$) entre les différentes variétés du point de vue de l'ingestion de la MS, de la MO et de la MAT. La variété Djiguikala a présenté les plus faibles ingestions en MS et MO avec $266,4 \pm 64,8$ g/jour et $253,7 \pm 65,6$ g/j respectivement. La variété Grinkan avait les plus fortes valeurs d'ingestion de MS et de MO, proches de celles de la variété Zalatimi. La MAT ingérée de la variété Fadda était significativement plus basse que celle des autres variétés, en lien avec sa plus faible teneur en MAT.

Exprimées par rapport au poids métabolique des animaux, les différences entre les niveaux d'ingestion n'ont en revanche pas été significatives entre les variétés, sauf pour les MAT, plus faibles avec la variété Fadda.

Quantités de fèces et de constituants chimique

Le tableau 3 présente les quantités de MS de fèces moyennes journalières ainsi que celles des constituants chimiques MO et azote excrétés. L'excrétion fécale de MS a été la plus élevée avec la variété Grinkan ($212,8 \pm 14,1$ gMS/jour) et la plus faible avec la variété Djiguikala

Tableau 2 : Ingestion (en g) des différents constituants chimiques des quatre variétés de sorgho /// *Ingestion (in g) of the various chemical constituents of the four sorghum varieties*

Variété sorgho	MS ingérée		MO ingérée		MAT ingérées	
	g/jour	g/kg PV ^{0,75}	g/jour	g/kg PV ^{0,75}	g/jour	g/kg PV ^{0,75}
Djiguikala	266,4 ^c ± 64,8	36,2 ^a ± 7,9	253,7 ^c ± 65,6	34,4 ^a ± 8,1	18,5 ^a ± 4,6	2,5 ^a ± 0,5
Fadda	300,7 ^{bc} ± 10	40,4 ^a ± 1,3	270,3 ^{bc} ± 8,8	36,3 ^a ± 1,3	11,7 ^b ± 0,3	1,5 ^b ± 0
Grinkan	366,9 ^{ab} ± 19,2	47,3 ^a ± 2,1	333,4 ^{ab} ± 11, 2	43,0 ^a ± 2,1	21,2 ^a ± 0,5	2,7 ^a ± 0
Zalatimi	350,2 ^a ± 14,3	44,1 ^a ± 1,4	316,4 ^a ± 13,1	39,8 ^a ± 0,8	20,0 ^a ± 0,7	2,6 ^a ± 0
Probabilité	0,008	0,572	0,021	0,756	0,01	0,024

NB. Dans ce tableau, les nombres portant les mêmes lettres (a, b, c) dans la même colonne ne sont pas significativement différents au seuil de 5 %, selon le test de Fisher. MS = matière sèche, MAT = matière azotée totale, MO = matière organique, PV ^{0,75} = poids métabolique /// *In the same column, numbers bearing the same letters are not significantly different at the 5% level, according to Fisher's test. In this table, DM = dry matter, TM = total nitrogenous matter, OM = organic matter, P^{0,75} = metabolic body weight*

Tableau 3 : Excrétion fécale (en g) des différents constituants chimiques des quatre variétés de sorgho /// *Fecal excretion (in g) of the various chemical constituents of the four sorghum varieties*

Variété sorgho	MS fécale		MO fécale		N fécal	
	g/jour	g/kg PV ^{0,75}	g/jour	g/kg PV ^{0,75}	/jour	g/kg PV ^{0,75}
Grinkan	212,8 ± 14,1	27,5 ± 2,7	202,5 ± 14,8	26,2 ± 2,7	13,5 ^a ± 0,4	1,7 ^a ± 0,1
Zalatimi	195,5 ± 39,8	24,6 ± 4,7	179,5 ± 35,4	22,6 ± 4,1	11,9 ^a ± 1,1	1,5 ^{ab} ± 0,2
Fadda	183,9 ± 20,0	24,9 ± 4,0	173,1 ± 18,9	23,4 ± 3,8	8,8 ^b ± 1,2	1,2 ^b ± 0,1
Djiguikala	168,3 ± 51,8	22,9 ± 6,6	150,8 ± 44,9	20,5 ± 5,7	11,1 ^{ab} ± 3,2	1,5 ^{ab} ± 0,4
Probabilité	0,361	0,612	0,193	0,371	0,018	0,025

NB. Dans la même colonne, les nombres portant les mêmes lettres (a, b, c) ne sont pas significativement différents au seuil de 5 %, selon le test de Fisher /// *In the same column, numbers bearing the same letters (a, b, c) are not significantly different at the 5% threshold, according to Fisher's test.*

(168,3 ± 51,8 g MS/jour), mais les différences n'ont pas été statistiquement significatives ($p > 0,05$). La quantité de MO des fèces a varié de 202,5 ± 14,8 g MS/jour à 150,8 ± 44,9 g MS/jour respectivement pour les variétés Grinkan et Djiguikala.

Dans le cas des quantités d'azote excrétées dans les fèces, la variété Fadda a présenté la valeur la plus faible (8,8 g/j), significativement plus faible que celle de la variété Grinkan (13,5 g/jour). Les deux autres variétés étaient intermédiaires et non significativement différentes des extrêmes.

Valeurs des digestibilités des constituants des quatre variétés de sorgho

L'examen du tableau 4 montre que la digestibilité de la MS (dMS) et celle de la MO (dMO) ne sont pas différentes statistiquement entre les différentes variétés de sorgho ($p > 0,05$). Les valeurs observées sont toutefois numériquement plus fortes chez la variété Zalatimi pour la dMS et la dMO. Les valeurs les plus basses sont rencontrées chez la variété Djiguikala pour la dMS et la variété Fadda pour la dMO. La digestibilité des MAT (dMAT) de la variété Fadda a été la plus faible (24,7 %) comparée aux valeurs de 42,44 %, 40,73 % et 36,30 % pour Zalatimi, Djiguikala et Grinkan respectivement.

DISCUSSION

Composition chimique des pailles des quatre variétés de sorgho

Les pailles étudiées se caractérisent par des teneurs faibles en MAT. Ces valeurs se rapprochent de celles des autres pailles de céréales largement étudiées, telles que celles de riz (Kaasschieter et al., 1996) ou de céréales de zone tempérée (Jarrige et al., 1988). Les teneurs en MAT des variétés Djiguikala (5 %), Zalatimi (5,7 %) et Grinkan (5 %) sont du même ordre que celles trouvées par Zoré (2015) (5 % dans un traitement avec apport de fumure minérale). Lateneur en MAT de la variété Fadda est, elle, inférieure (2,9 %). Selon nos observations en champ, cette faible teneur en MAT de la paille de la variété Fadda pourrait s'expliquer par une tendance plus élevée à la perte des feuilles après la récolte.

Comparaison de la composition des aliments offerts et des refus des pailles des quatre variétés de sorgho

La différence de la composition des pailles offertes et des refus est particulièrement visible au niveau de la teneur en MAT, bien plus faible sur les refus. Ce résultat montre que les pailles ne sont pas

consommées de façon homogène, malgré le broyage assez fin des pailles dans notre expérimentation. Cela signifie que les différentes parties de la plante de sorgho n'ont pas la même teneur en constituants chimiques. En effet, Zoré (2015) a établi que la teneur en MAT des feuilles des variétés Grinkan et Fadda a varié entre 6,3 et 10,3 % tandis que celle des tiges a varié entre 0,7% à 2,6% en fonction du type de fertilisation apporté aux cultures.

La faible teneur en MAT des refus par rapport à celle de la paille offerte a été aussi constatée par certains auteurs, tels que Paré (1988) et Zan (1989) avec des rations à base de paille de sorgho ou Ouédraogo (1990) avec des rations à base de paille de maïs et de sorgho. On peut alors penser que les animaux sélectionneraient certaines parties de l'ensemble des pailles offertes, de préférence celles qui sont riches en azote et en minéraux (Jarrige et al., 1995 ; Molénat et Chenost, 1996). La sélection privilégiée des parties riches en minéraux pourrait justifier la baisse des teneurs en MO dans les refus.

Valeurs des ingestions des constituants chimiques

Les consommations de MS varient de 36,2 à 47,3 g/kg PV^{0,75}, mais ces différences, à cause de l'écart-type élevé, ne sont pas significatives dans notre expérimentation. Les ingestions moyennes sont plus élevées que celles obtenues par Paré (1988), qui étaient de 34,6 g/kg PV^{0,7}, mais dans son cas, les moutons recevaient les pailles de sorgho seules *ad libitum*. Mais elles sont largement en deçà de la valeur trouvée par Nanema (1998), qui était de 80,3 g/kg PV^{0,75}, dans le cas où les moutons Djallonké adultes étaient nourris *ad libitum* avec les pailles de sorgho accompagnées d'un complément de tourteau de coton à hauteur de 30,4 et 60 g/kg PV^{0,75}. Cette valeur intègre l'ingestion du complément et expliquerait la différence constatée.

L'ingestion volontaire de paille de céréale augmente avec l'apport d'aliment concentré en raison de l'apport d'azote et d'énergie rapidement mobilisable par la flore microbienne, se traduisant par une amélioration de la digestibilité, et par conséquent de l'ingestibilité des pailles (Klein et al., 2014). Paré (1988) a aussi observé une augmentation de l'ingestibilité a varié de 34,6 à 50,7 g/kg PV^{0,75} avec un apport de tourteau de coton. Ce phénomène a aussi été observé par Yaméogo (1995) avec l'utilisation des fourrages grossiers comme les pailles de graminées annuelles. L'augmentation de la consommation des rations avec l'apport croissant de complément chez les ovins Djallonké a aussi été observée par Zongo (1997) lors de l'adjonction de fanes d'arachide à différents taux d'incorporation à la paille de sorgho.

Les valeurs d'ingestibilité mesurées sont plus basses que celles rapportées par la plupart des auteurs, malgré l'apport du tourteau de coton. Ceci serait dû au fait que les aliments offerts (pailles broyées) n'étaient pas donnés aux moutons en quantités suffisamment excédentaires pour atteindre une ingestion maximale. En effet, les taux moyens de refus observés ont été de 28 %, 19 %, 5 %, 12 % pour les variétés Djiguikala, Fadda, Grinkan et Zalatimi respectivement. Les animaux n'avaient peut-être pas suffisamment de parties ingestibles offertes pour qu'ils puissent en ingérer plus. Ceci paraît vraisemblable, car certains auteurs ont montré l'influence positive du niveau d'offre sur la consommation des fourrages pauvres. Zan (1989) a observé sur des ovins Djallonké un accroissement de 10 % de l'ingestibilité de la MS d'une ration constituée uniquement de la paille de sorgho quand le taux de refus des pailles de sorgho passe de 23,2 % à 39 %, car cela permet aux animaux de mieux trier et d'ingérer plus. De plus, Zemelink et al. (1972) ont montré que, dans le cas des fourrages tropicaux, les niveaux d'ingestion dépendent de la quantité d'aliments mis à la disposition des animaux et donc de leur aptitude à trier. Par ailleurs, Kaboré-Zoungana et al. (1999) ont constaté que le taux de refus toléré avec les fourrages tempérés (10 %) est difficilement transposable aux fourrages tropicaux, du fait de leur caractère plus grossier ; ils ont ainsi augmenté la quantité de paille offerte pour avoir

Tableau 4 : Digestibilités (en %) des différents constituants chimiques des quatre variétés de sorgho /// Digestibilities (in %) of the various chemical constituents of the four sorghum varieties

Variétés	dMS	dMO	dMAT
Djiguikala	37,3 ^a ± 4,8	40,8 ^a ± 3	40,7 ^{ab} ± 2,2
Fadda	38,6 ^a ± 8,3	35,8 ^a ± 8,5	24,7 ^c ± 8,7
Grinkan	41,9 ^a ± 4,2	39,2 ^a ± 4,7	36,3 ^b ± 1,1
Zalatimi	44,4 ^a ± 8,5	43,4 ^a ± 9,3	42,4 ^a ± 6,9
Probabilité	0,564	0,547	0,001

NB : Dans la même colonne, les nombres portant les mêmes lettres (a, b, c) ne sont pas significativement différents au seuil de $p \leq 0,05$, selon le test de Fisher. Dans ce tableau, dMS : digestibilité de la matière sèche, dMAT : digestibilité de la matière azotée totale, dMO : digestibilité de la matière organique /// In the same column, numbers bearing the same letters are not significantly different at the threshold of $p \leq 0,05$, according to Fisher's test. In this table, dMS: digestibility of dry matter, dMAT: digestibility of total nitrogenous matter, dMO: digestibility of organic matter

des taux de refus de 15 à 25 %, valeurs proches des nôtres (12 % à 27 %). Toutefois, ces auteurs ont relevé que la limite supérieure de 25 % était difficile à respecter pour certains stades de développement selon l'espèce, sous peine de mettre en péril la vie des animaux et pour ces raisons, ont relevé les taux de refus à 40 % pour les stades paille pour permettre un niveau d'ingestion plus élevé. Ainsi, avec un niveau d'offre élevé, les ovins Djallonké seraient en mesure, par le phénomène de tri sélectif, d'augmenter leur consommation de pailles de céréales.

Digestibilité des constituants des quatre variétés de sorgho

Les résultats que nous avons obtenus montrent que, d'une manière générale, les dMS et dMO des quatre variétés de sorgho sont faibles (< 50 %). Cela peut être lié à la nature elle-même de ce type de fourrage, à leur faible teneur en MAT, probablement à leur teneur en fibres peu digestibles (qui n'a pas été mesurée) et à la taille des particules après broyage (Lawrence et al., 2017). Celles-ci, trop fines, ont pu provoquer un transit rapide dans le rumen sans avoir été suffisamment dégradées par les microorganismes.

Par ailleurs, les résultats de cette étude font dans l'ensemble apparaître qu'il n'y a pas de différence significative concernant la digestibilité de la MS des différentes variétés de sorgho. Cela est partiellement lié à la variabilité individuelle au sein de chaque lot d'animaux. Les valeurs de la digestibilité des constituants chimiques que nous avons trouvées pour la variété Zalatimi (dMS = 44,4 %, dMAT = 42,4 % et dMO = 43,4 %) sont, sauf pour la dMAT, du même ordre que celles trouvées par Paré (1988), qui étaient de 44 % et 45 % pour la dMS et la dMO respectivement. La dMAT, qui est une digestibilité apparente, a été faible à cause de la faible teneur en MAT de la ration qui augmente la proportion relative d'azote endogène.

■ CONCLUSION

L'objectif global de cette étude était de comparer la digestibilité de quatre variétés de sorgho (Djigoukaka, Fadda, Grinkan et Zalatimi) afin de retenir celles qui répondent le mieux au double usage de l'alimentation humaine et de l'alimentation animale. Les résultats ont montré que les parties fourragères des quatre variétés de sorgho étudiées ont des caractéristiques différentes. Les fourrages dont l'ingestibilité était élevée ont présenté la meilleure digestibilité. La variété Zalatimi est celle qui a montré les meilleurs taux de digestibilité de ses constituants (MS, MO et MAT).

Les résultats de cette étude méritent d'être approfondis et complétés en déterminant la digestibilité des autres constituants chimiques, comme les fractions de fibres (NDF, ADF et ADL), pour mieux comprendre les causes des différences de digestibilité. Nous recommandons les variétés Grinkan et Zalatimi pour la vulgarisation de la culture à double usage, car elles ont présenté de meilleurs taux d'ingestion et de digestibilité de la matière sèche et de la matière organique que les deux autres. Par ailleurs, il serait intéressant d'étudier la digestibilité des autres variétés candidates à l'utilisation comme variétés à double usage, afin d'affiner le choix.

Remerciements

Les auteurs restent redevables aux évaluateurs anonymes dont les critiques et suggestions objectives ont considérablement amélioré la qualité scientifique de cet article.

Financement

Cette recherche n'a bénéficié d'aucune subvention spécifique de la part d'un organisme de financement du secteur public, commercial ou à but non lucratif.

Conflits d'intérêts

Les auteurs déclarent qu'il n'y a aucun conflit d'intérêts.

Déclaration des contributions des auteurs

SO, LS, IG, MS ont participé à la conception et à la planification de l'étude ; IG et SO ont recueilli les données ; SO, LS et IG ont effectué les analyses statistiques ; SO, LS et MA ont rédigé la première version du manuscrit ; SO, LS, MS, MA ont révisé le manuscrit durant le processus d'évaluation sous la supervision de SP et CYKZ.

Ethique de la recherche

Les expérimentations dont les résultats sont présentés dans cet article ont été faites en conformité avec les pratiques d'expérimentation et de bien-être animal en vigueur à l'INERA.

Accès aux données de la recherche

Les données qui étayent les résultats de l'étude n'ont pas été déposées dans un dépôt officiel mais sont disponibles sur demande auprès des auteurs.

Déclaration de l'utilisation de l'IA générative dans la rédaction scientifique

Les auteurs déclarent qu'ils n'ont pas utilisé de technologies assistées par intelligence artificielle dans le processus de rédaction.

REFERENCES

- Archimède H., Bastianelli D., Boval M., Tran G., Sauvant D., 2011. Ressources tropicales : disponibilité et valeur alimentaire. *INRA Prod. Anim.*, **24** (1): 23–40, doi: 10.20870/productions-animales.2011.24.1.3235
- Bado B.V., 2002. Rôle des légumineuses sur la fertilité des sols ferrugineux tropicaux des zones guinéenne et soudanienne du Burkina Faso. Thèse Doct., Université Laval, Département des sols et de génie agroalimentaire, Québec, Canada, 197 p.
- Barro-Kondombo C.P., 2010. Diversités agro-morphologique et génétique de variétés locales de sorgho [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] du Burkina Faso. Éléments pour la valorisation des ressources génétiques locales. Thèse Doct. Université de Ouagadougou, Burkina Faso, 158 p.
- FAO, 2018. Rapport pays — Élevage durable en Afrique 2050 — Burkina Faso. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome, Italie, 108 p.
- Fontès J., Guinko S., 1995. Carte de végétation et de l'occupation du sol du Burkina Faso. Notice explicative. Toulouse, Institut de la Carte Internationale de la végétation ; Ouagadougou, Institut du Développement Rural/ Faculté des Sciences et Techniques, 67 p.
- Jarrige R., Agabriel J., Andrieu J., Berge P., Bocquier F., Brelurut F., Coulon J.B., et al., 1988. Alimentation des bovins, ovins et caprins, INRA, Paris, France, 471 p.
- Jarrige R., Ruckebush Y., Demarquilly C., Farce M.H., Journet M., 1995. Nutrition des ruminants domestiques : ingestion et digestion. INRA, Paris, France, 921 p.
- Kaasschieter G.A., Attema I., Coulibaly T.Y., 1996. Utilisation de la fane de niébé (*Vigna unguiculata*) et du tourteau de coton comme suppléments de la paille de riz (*Orizasetiva*) par des taurillons. Rapport Production Soudano-Sahélienne (P.S.S.) N°25, Wageningen, The Netherlands, 39 p.
- Kaboré-Zoungana C.Y., Kiema S., Nianogo A.J., 1996. Valeur nutritive des sous-produits agricoles et sous-produits agroindustriels du Burkina Faso. *Rev. Sci. Tech. Sci. Nat.*, **22** (2): 81–88
- Kaboré-Zoungana C.K., Toguyeni A., Sana Y., 1999. Ingestibilité et digestibilité chez le mouton des foin de cinq graminées tropicales. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, **52** (2): 147–153, doi: 10.19182/remvt.9689
- Klein H.D., Rippstein G., Huguénin J., Toutain B., Guérin H., Louppe D., 2014. Les cultures fourragères. Éditions Quæ, Versailles, France, 262 p, doi: 10.35690/978-2-7592-2169-1
- 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. *Prof. Anim. Scient.*, **33**: 230–240, doi: 10.15232/pas.2016-01578
- MAAHM/DGESS/EPA, 2021. Tableau de bord statistique de l'agriculture 2020. Ministère de l'agriculture, des ressources animales et halieutiques, Ouagadougou, Burkina Faso, 60 p.

- Molénat G., Chenost M., 1996. Introduction : Utilisation des ressources fourragères par les ruminants en région chaude. *Ann. Zoot.*, **45**: 9–10
- MRA, 2010. Politique nationale de développement durable de l'élevage au Burkina Faso 2010-2025. Ministère des ressources animales, Ouagadougou, Burkina Faso, 54 p.
- Nanema S.L., 1998. Optimisation de l'utilisation des résidus de cultures associés aux sous-produits agro-industriels dans l'alimentation des ruminants. Mémoire d'ingénieur du développement rural/option élevage. IDR/UPB. Burkina Faso, 79 p.
- Ouédraogo C.L., 1990. Influence du traitement des pailles à l'urée sur la croissance et la digestibilité chez les petits ruminants. Mémoire fin d'études IDR, option élevage, Université de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, 92 p.
- Ouédraogo S., Sanou L., Savadogo P., Zoungana C.Y., 2019. Structural characterization and pod yields of populations of the fodder legumes *Piliostigma thonningii* and *Prosopis africana* along the toposequence in western Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **13** (6): 2433–2448, doi: 10.4314/ijbcs.v13i6.1
- Ouédraogo S., Sanou L., Savadogo P., Kaboré-Zoungana C.K. 2023. Seeding density, persistence and contribution to biomass of two forages legumes *Aeschynomene histrix* Poir. and *Stylosanthes hamata* (L.) Taub. in a natural pasture. *Sci. Vie, Terre Agron.*, **11** (1): 25–31
- Paré I., 1988. Association paille de sorgho-tourteau de karité en alimentation ovine : Digestibilité, Evolution pondérales. Mémoire de fin d'études IDR, option élevage, Université de Ouagadougou, Burkina Faso, 54 p.
- Pochtier G., 1992. Les systèmes de productions à dominante agricole. In le développement agricole au sahel, tome 1, Cirad, Montpellier, France, pp. 215–227
- Sanou L., 2015. Etude phénologique de dix variétés de sorgho double usage. Mémoire d'ingénieur du développement rural/option agronomie. ISDR/CUPD, Burkina Faso, 76 p.
- Sanou L., Ouédraogo S., Koala J., Delma J., Thiombiano A. 2023. Productivité intra-annuelle des parcours naturels dans la zone sahélienne du Burkina Faso. *Rev. Elev. Med Vet. Pays Trop.*, **76**: 1–7, doi: 10.19182/remvt.36966
- Yaméogo B., 1995. Valorisation des fourrages naturels récoltés au Burkina Faso (Zone sahélienne et nord-soudanienne) traitement à l'urée de la biomasse, utilisation par les ruminants. Thèse de 3^{ème} cycle, spécialité Zootechnie, ENSA de Montpellier, France, 133 p.
- Zan B.M., 1989. Influence du niveau de l'offre sur la digestibilité in vivo de paille de sorgho et de fane de niébé chez les ovins. Mémoire d'étude IDR, option élevage, Université de Ouagadougou, Burkina Faso, 50 p.
- Zemmelink G., Haggard R.J., Davies J.H., 1972. A note on the voluntary intake of *Andropogon gayanus* hay by cattle, as affected by level of feeding. *Anim. Sci.*, **15** (1): 85–88, doi: 10.1017/S0003356100011259
- Zongo P., 1997. Contribution à l'optimisation de l'utilisation des résidus de récolte dans l'alimentation ovine, Mémoire de fin d'étude IDR, option élevage, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, 88 p.
- Zoré Y.K., 2015. Effet de la fertilisation et de la densité de semis sur des caractéristiques agronomiques et la valeur fourragère de deux génotypes de sorgho. Mémoire d'ingénieur du développement rural/option agronomie. ISDR/CUPD, Burkina Faso, 83 p.

Summary

Ouedraogo S., Sanou L., Gnegne I., Sere M., Adam M., Savadogo P., Kabore-Zoungana C.Y. Measuring in vivo digestibility of crop residues of four improved dual-purpose sorghum varieties on sheep of the Djallonké breed

Background: With the reduction of natural rangeland areas and their productivity in sub-saharian Africa, animal feed must turn to other resources, such as crop co-products. **Aim:** The aim of this study was to compare the *in vivo* digestibility of improved sorghum varieties, in order to identify those that would respond best to the dual use of grain production and straw as fodder. **Methods:** Trials were conducted on four sorghum varieties (Fadda, Grinkan, Djiguikala, Zalatimi). Straw intake and digestibility were evaluated on 12 adult Djallonké rams, in digestibility cages with total faeces collection. The diet consisted of crushed sorghum straw offered *ad libitum*, supplemented with cottonseed cake (100g/d). The feeds offered and refused were analyzed to determine the apparent digestibility of dry matter (dMS), organic matter (dMO) and crude protein (dMAT). **Results:** The sorghum straws had MAT contents ranging from 2.9 to 5.7%DM. Feed intake was highest for Grinkan (366.9 g/d) and lowest for Djiguikala (266.4 g/d). The highest dMS, dMO and dMAT values were obtained with Zalatimi at 44.4%, 43.5 and 42.4% respectively. The lowest dMS was observed with Djiguikala (37.3%) and the lowest dMO and dMAT with Fadda (35.8% and 24.7% respectively). **Conclusions:** The varieties with the best digestibilities, Grinkan and Zalatimi, are also those with the best ingestibility, and they have suitable MAT contents. These initial results show that some sorghum varieties are *a priori* more favorable for animal feed, but research needs to be supplemented by zootechnical trials over a longer period.

Keywords: sheep, sorghum, crop residues, digestibility, Burkina Faso

Resumen

Ouedraogo S., Sanou L., Gnegne I., Sere M., Adam M., Savadogo P., Kabore-Zoungana C.Y. Determinación de la digestibilidad *in vivo* de los residuos de cultivo de cuatro variedades mejoradas de sorgo de doble uso en ovejas de raza Djallonké

Contexto: Con la reducción de las superficies de terrenos naturales y de su productividad, la alimentación de los animales debe orientarse hacia otros recursos, especialmente los coproductos de cosecha. **Objetivo:** Este estudio tiene como objetivo comparar la digestibilidad *in vivo* de variedades de sorgo mejoradas para identificar las que podrían responder mejor al doble uso: producción de grano y utilización de la paja como forraje. **Métodos:** Se efectuaron ensayos con cuatro variedades de sorgo: Fadda, Grinkan, Djiguikala y Zalatimi. La ingestión y la digestibilidad de la paja se evaluó en 12 carneros adultos de raza Djallonké, en jaulas de digestibilidad con recogida total de heces. El régimen consistió en paja de sorgo triturada servida *ad libitum*, con un complemento de torta de algodon. Se analizaron las raciones ofrecidas y rechazadas, lo que permitió determinar la digestibilidad aparente de la materia seca (dMS), de la materia orgánica (dMO) y de materias nitrogenadas totales (dMAT). **Resultados:** La paja de sorgo contenía materias nitrogenadas totales (MAT) entre el 2,9 y el 5,7 % de la materia seca (MS). La ingestión más elevada fue para la variedad Grinkan (366,9 g/día) y la más baja para la variedad Djiguikala (266,4 g/día). Los valores más elevados de dMS, dMO y dMAT se obtuvieron con la variedad Zalatimi, con 44,4 %, 43,5 % y 42,4 % respectivamente. La dMS más débil se observó con la variedad Djiguikala (37,3 %) y las dMO y dMAT más débiles con la variedad Fadda (35,8 % y 24,7 % respectivamente). **Conclusiones:** Las variedades con las mejores digestibilidades, Grinkan y Zalatimi, también son las que tienen una mejor ingestibilidad, y poseen contenidos de MAT convenientes. Estos primeros resultados muestran que ciertas variedades de sorgo son *a priori* más adecuadas para la alimentación animal, pero deben completarse mediante ensayos zootécnicos durante un período más largo.

Palabras clave: ovino, sorgo, residuo de cosechas, digestibilidad, Burkina Faso

