

| Date | Submitted                      | Accepted                  | Published                  |
|------|--------------------------------|---------------------------|----------------------------|
|      | 30 <sup>th</sup> November 2023 | 21 <sup>st</sup> May 2024 | 24 <sup>th</sup> June 2024 |

## EVALUATION DU POTENTIEL FOURRAGER DES RESIDUS DE RECOLTE DANS LES EXPLOITATIONS COTONNIERES A L'OUEST DU BURKINA FASO

**Belem A<sup>1,2\*</sup>, Ouédraogo-Koné S<sup>1</sup>, Lankoandé YF<sup>1</sup>,  
Koulibaly B<sup>2</sup>, Sakandé F<sup>1,2</sup>, Bamogo A<sup>1,2</sup> and M Traoré<sup>1</sup>**



**Adama Belem**

\*Auteur pour la correspondance email: [adamabelem10@yahoo.fr](mailto:adamabelem10@yahoo.fr)

<sup>1</sup>Institut du Développement Rural (IDR), Université Nazi Boni (UNB), 01 B.P. 1091 Bobo-Dioulasso 01, Burkina Faso

<sup>2</sup>Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA), Programme Coton, 01 B.P 208 Bobo-Dioulasso 01, Burkina Faso



## RESUME

Dans les exploitations cotonnières à l'Ouest du Burkina Faso, les bovins de trait dont le rôle est capital (énergie, fumure, et d'autres) dans la durabilité du système agricole sont plus affectés au déficit fourrager en saison sèche. Pour y faire face, les résidus de récolte issus des céréales cultivées principalement en rotation avec le cotonnier peuvent jouer un rôle important. Cette étude vise à analyser la disponibilité des résidus de céréales pour leur utilisation optimale dans l'alimentation animale. Elle s'est déroulée dans neuf villages des provinces du Mouhoun et du Tuy de la zone cotonnière Ouest du Burkina Faso et a concerné 72 producteurs de coton constitués d'agriculteurs, d'éleveurs et d'agroéleveurs. La collecte des données a consisté en des enquêtes auprès des ménages et des mesures de biomasse dans les principales parcelles de maïs, mil et sorgho à travers la pose de 522 placettes de 25 m<sup>2</sup>. La valeur nutritive des résidus de récolte a été estimée par la méthode de la spectrométrie dans le proche infrarouge. Les résultats ont montré que les superficies moyennes emblavées pour le maïs, mil et sorgho ont été respectivement de 3,8 ± 3,7, 2,9 ± 2,3 et de 1,7 ± 1,4 ha. Les rendements en biomasse ont été respectivement de 3,2 ± 1,4, 2,5 ± 0,9 et de 4,9 ± 2,6 tonnes de matière sèche par hectare, avec des capacités de charge animale respectives de 2,0 ± 0,9, 2,0 ± 0,9 et 3,0 ± 1,6 UBT/ha. Les bilans fourragers saisonniers enregistrés chez les agriculteurs, éleveurs et agroéleveurs ont été respectivement de 0,68, -22,59 et -2,24 UBT. La teneur moyenne en énergie métabolisable (7,55 MJ/kgMS) et la digestibilité *in vitro* (46,89 ± 2,57%) des résidus de récolte du sorgho ont été supérieures respectivement à celles du mil (6,56 ± 0,35 MJ/kgMS et 41,83 ± 0,88%) et du maïs (7,10 ± 0,58 MJ/kgMS et 44,40 ± 0,86%). Les teneurs en matières azotées totales des tiges de céréales ont été faibles. Elles ont été comprises entre 3,16 ± 0,27 % et 4,64 ± 0,81 % pour respectivement les résidus de récolte de sorgho et du maïs, ce qui met en exergue la nécessité de complémentation avec des sources protéiques dans l'utilisation alimentaire de ces résidus de récolte dans les exploitations cotonnières. Une orientation davantage des producteurs vers le sorgho pourrait améliorer l'offre fourragère et contribuer au renforcement de l'intégration agriculture-élevage et donc de la durabilité du système de production.

**Mots-clés** : Céréales, Mil, Maïs, Sorgho, Valeur nutritive, Rendement, Bilan fourrager, Bovin

## ABSTRACT

On cotton farms in western Burkina Faso, draught cattle, which play a vital role (energy, manure, and others) in the sustainability of the farming system, are more affected by the fodder deficit in the dry season. Crop residues from cereals grown mainly in rotation with cotton can play an important role in coping with this situation. This study analysed the availability of cereal stalks for optimal use in animal feed. The study was conducted in nine villages in the Mouhoun and Tuy provinces of Burkina Faso's western cotton-growing zone and involved 72 cotton farmers, livestock breeders, and agro-pastoralists. Data collection consisted of household surveys and biomass measurements of the main maize, millet, and sorghum plots, using 522 plots of 25m<sup>2</sup>. The nutritional value of the crop residues was estimated using near-infrared spectrometry. The results showed that the average area sown for maize, millet, and sorghum were  $3.8 \pm 3.7$ ,  $2.9 \pm 2.3$  and  $1.7 \pm 1.4$  hectares, respectively. Biomass yields were  $3.2 \pm 1.4$ ,  $2.5 \pm 0.9$  and  $4.9 \pm 2.6$  tons of dry matter per hectare, respectively, with respective animal carrying capacities of  $2.0 \pm 0.9$ ,  $2.0 \pm 0.9$  and  $3.0 \pm 1.6$  tropical cattle units (TCU) per hectare. The seasonal fodder balances recorded for farmers' stockbreeders and agro-pastoralists were 0.68, 22.59, and -2.24 TCU, respectively. The average metabolisable energy content (7.55 MJ/kg of dry matter) and in vitro digestibility ( $46.89 \pm 2.57\%$ ) of sorghum residues were respectively higher than those of millet ( $6.56 \pm 0.35$  MJ/kgDM et  $41.83 \pm 0.88\%$ ) and maize ( $7.10 \pm 0.58$  MJ/kgDM et  $44.40 \pm 0.86\%$ ). The total nitrogen content of the cereal stalks was low. They were between  $3.16 \pm 0.27\%$  and  $4.64 \pm 0.81\%$  for sorghum and maize harvest residues, respectively, which highlights the need for protein supplementation in the use of these harvest residues on cotton farms. If producers focused more on sorghum, this could improve the supply of fodder and strengthen the integration of agriculture and livestock farming, and hence the sustainability of the production system.

**Key words:** Cereals, Millet, Maize, Sorghum, Nutritional value, Yield, Fodder balance, Cattle

## INTRODUCTION

À l'Ouest du Burkina Faso, la baisse progressive de la productivité des terres agricoles résultant notamment de la pression démographique (exploitation et expansion continues des terres agricoles) et des effets de la variabilité climatique ont favorisé les pratiques d'intégration agriculture-élevage dans les exploitations cotonnières [1,2]. Ces pratiques agroécologiques [3] apparaissent comme un facteur de résilience et de durabilité des systèmes de production. Dans ces pratiques, le rôle de l'élevage est prépondérant [4]. L'élevage constitue non seulement une source d'énergie pour la traction dans les activités agricoles (attelage, transport), mais aussi il contribue à la production de la fumure organique pour la fertilisation des sols. Aussi, sur le plan économique, l'élevage constitue une source de revenus (lait, viande, services, et d'autres) plus ou moins permanente dans les exploitations agricoles. Sa contribution dans les revenus des ménages ruraux est d'environ 38,8 % [5]. Cependant, il reste confronté à un déficit fourrager notamment en saison sèche où le pâturage est quasi inexistant [4]. Cela entraîne une entrée en saison pluvieuse avec des bœufs de trait très affaiblis et représente une menace pour la durabilité des systèmes agricoles dans cette zone du Burkina Faso.

Une des alternatives qui peut contribuer à faire face à cette situation est la valorisation judicieuse des résidus de récolte. L'utilisation de cette ressource est peu rationnelle en général dans l'alimentation animale. En effet, les parts de résidus stockées au sortir de la campagne agricole sont en général insuffisantes pour le cheptel de l'exploitation [6]. La grande partie des résidus est soumise à la vaine pâture, ce qui est moins efficace pour le recyclage des nutriments dans l'exploitation [2]. En plus de leur rôle fourrager, les résidus de récolte sont utilisés dans la restauration et la protection des sols à travers le paillage et la production de la fumure organique (compost, fumier) [7, 8]. Ils interviennent aussi dans le domaine de l'artisanat (confection des nattes, hangars), la production de potasse pour l'alimentation humaine, et d'autres. Tout cela met en exergue une compétition sur l'utilisation de cette ressource, et par conséquent la nécessité de sa gestion rationnelle dans les exploitations agricoles. Dans cette zone cotonnière, le coton et les céréales dominent quasiment les surfaces emblavées. Les légumineuses (notamment le niébé) demeurent marginales dans les assolements pour entre autres des raisons d'incompatibilité avec la mécanisation de certaines pratiques agricoles (labour, sarclage, épandage de pesticides, et d'autres) [3,9,10].

Ainsi, dans le contexte spécifique des exploitations cotonnières, caractérisées par des conditions climatiques, édaphiques et fourragères contraignantes, l'évaluation des résidus de récolte notamment ceux des céréales revêt une importance stratégique dans la mesure où elle permettra d'éclairer les praticiens agricoles et

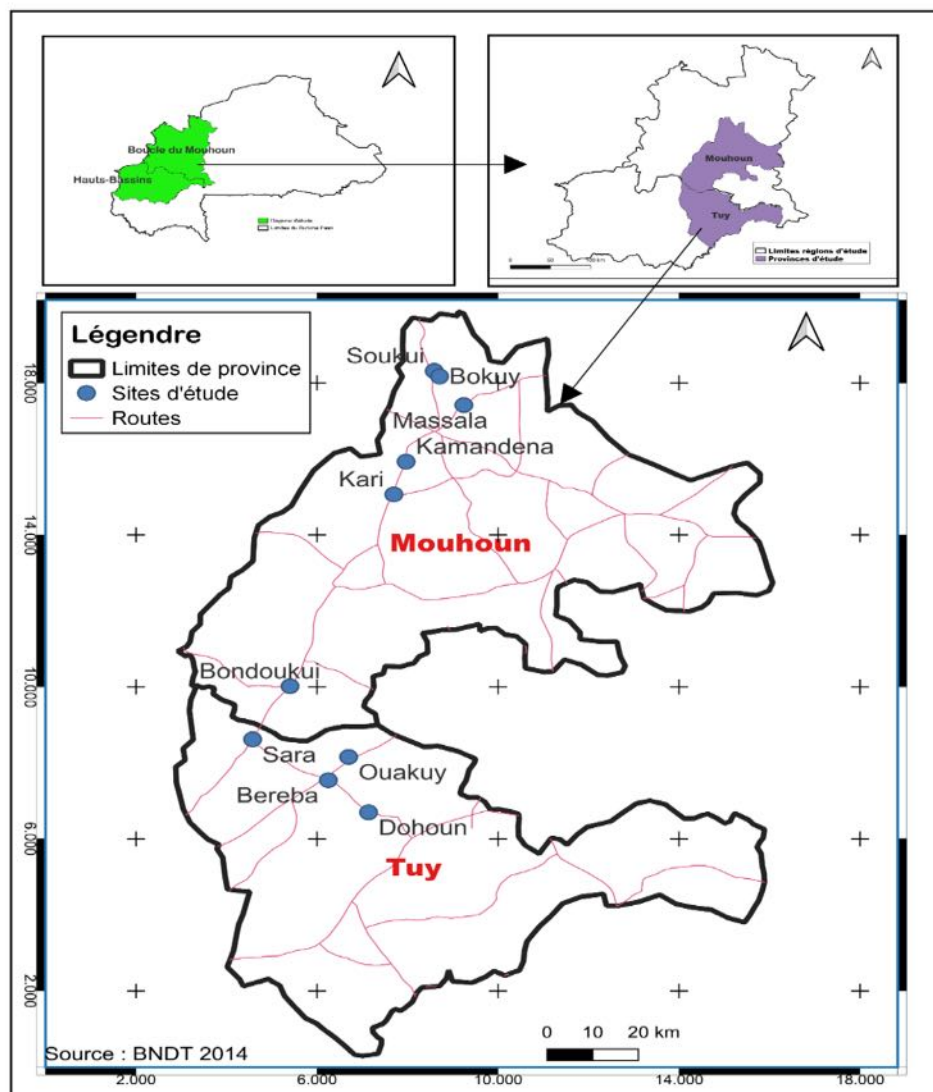
les décideurs sur les actions prometteuses pour l'amélioration de la productivité et la durabilité des exploitations. C'est sous cet angle que s'inscrit la présente étude qui, au-delà de la quantification des résidus de récolte, s'est intéressée à son aspect fourrager tout en tenant compte de la durabilité des systèmes.

## MATERIEL ET METHODES

### Zone d'étude

L'étude a été conduite à l'ouest du Burkina Faso, dans 5 villages de la province du Mouhoun (12°27'48"N ; 3°27'39"W) et 4 villages de la province de Tuy (11° 25' 00" nord, 3° 25' 00" ouest) (Figure 1). Ces villages se situent dans la zone soudanienne du Burkina Faso. Ils ont été choisis sur la base de la prédominance du coton dans les systèmes de production. Les hauteurs moyennes de pluie étaient de 831.2 et 774.4 millimètres (mm) dans respectivement les provinces du Tuy et du Mouhoun. Les nombres de jours moyens de pluie ont été de 48 et 56 respectivement [11]. Les températures moyennes mensuelles varient de 25.7 °C (janvier) à 32.7 °C (avril) dans le Tuy, et de 26 °C (janvier) à 33.4 °C (avril) dans le Mouhoun [12]. Les sols ferrugineux tropicaux lessivés avec des valeurs agronomiques moyennes sont prédominants dans les sites d'étude et couvrent 30% de la province du Tuy. D'autres types de sols: les sols hydromorphes, les sols minéraux bruts, les sols bruns, et d'autres sont présents dans des proportions variées et moins représentées que les sols ferrugineux tropicaux lessivés dans cette province [13]. Au niveau de la province du Mouhoun, les sols ferrugineux tropicaux sont aussi dominants. Leur valeur agronomique est médiocre, mais ils supportent les cultures vivrières peu exigeantes comme le fonio et le petit mil. L'on note également la présence d'autres types de sols à de faibles proportions telles que les sols ferrallitiques, les sols hydromorphes, les sols peu évolués et les lithosols [14].





**Figure 1: Carte présentant les neuf sites d'étude dans les provinces du Mouhoun et du Tuy relevant respectivement des régions de la Boucle du Mouhoun et des Hauts-Bassins**

## Échantillonnage

### Échantillonnage des producteurs

Le choix des producteurs a été orienté grâce à une étude réalisée sur la typologie récente des exploitations cotonnières [4]. Selon cette typologie, les exploitations cotonnières sont regroupées en agriculteurs (81 % ; 6.7 ha et 3.6 bovins en moyenne), Eleveurs (2% ; 3.1 ha et 32 bovins en moyenne) et en agroéleveurs (17% ; 17.8 ha et 16.1 bovins en moyenne). Ainsi, au sein de chaque type d'exploitation cotonnière, un choix aléatoire et plus ou moins proportionnel a été fait de sorte à obtenir 8 producteurs de coton dans chacun des 9 villages de l'étude, soit un total de 72 producteurs.

## Echantillonnage des résidus de récolte

Compte tenu de la variabilité des sols de la zone d'étude comme l'ont indiqué d'autres études [13, 14], et pour assurer plus de représentativité de l'échantillon, dans chacun des neuf sites un échantillon composite de résidus de récolte de maïs, mil et sorgho a été prélevé. Au total 27 échantillons composites, dont 9 par spéculation, ont été envoyés au laboratoire pour les analyses bromatologiques.

## Enquêtes

A l'aide d'un questionnaire, des enquêtes ont été conduites sous forme d'interviews individuelles semi-structurées auprès des 72 producteurs pour connaître principalement les pratiques alimentaires actuelles d'élevage de bovins dans les exploitations cotonnières. Il a été d'abord prétesté en milieu neutre avant d'être administré auprès des producteurs échantillonnés. A l'aide de tablettes, les données collectées ont été directement hébergées dans la plateforme Kobo-Toolbox avant d'être transférées dans le tableur Excel 2019 pour les analyses statistiques.

## Mesure de biomasse des résidus de récolte

Des placettes de 25 m<sup>2</sup> (5 m X 5 m) ont été posées sur des parcelles principales de maïs, de mil et de sorgho avant les récoltes en 2021 [15]. Concernant les parcelles de superficie inférieure ou égale à 0,5 ha, 3 placettes ont été posées sur la principale diagonale. Pour les superficies qui sont au-delà de 0.5 ha, le nombre de placettes posées a été de 5 sur les deux diagonales de la parcelle [16, 17]. Au total, 522 placettes ont été implantées. La superficie des parcelles a été déterminée à l'aide du GPS.

Après les récoltes, les échantillons des résidus de récolte du maïs, du mil et du sorgho de chaque placette ont été séchés séparément à l'ombre jusqu'à l'obtention de poids constant avant d'être pesés à l'aide d'un peson de 150 kg de capacité. Les quantités de biomasse obtenues par placette ont été extrapolées pour obtenir le rendement exprimé en kilogramme par hectare selon l'équation 1.

$$\text{Equation (1)} \quad \text{Rendement (kg/ha)} = \frac{\text{Poids de la placette (kg)} * 10000 \text{ m}^2}{25 \text{ m}^2}$$

## Analyse de la valeur nutritive

Des échantillons composites de résidus de récolte séchés ont été analysés au laboratoire par la méthode de la spectrométrie dans le proche infrarouge (SPIR) [18]. Elle a permis de déterminer les teneurs en matière sèche (MS), matière minérale (MM), matières azotées totales (MAT), de même que le Neutral Detergent

Fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), Acid Detergent Lignin (ADL), l'énergie métabolisable (EM) et la digestibilité de la matière organique *in vitro* (IVOMD).

### Calcul de la capacité de charge saisonnière des résidus de céréales

La capacité de charge (CC) (équation 2) a été calculée pour évaluer la disponibilité fourragère des résidus de récolte des céréales produites à l'échelle de l'exploitation cotonnière [19].

Au total, 35% de la production a été considéré comme étant la part utilisable par le bétail [17]. Dans les calculs, le cheptel bovin, qui est principalement alimenté par les résidus de récolte de céréales dans les exploitations cotonnières, a été utilisé. Un bovin a été considéré comme une Unité Bovin Tropical (UBT) [20].

$$\text{Equation 2 : } CC \left( \frac{UBT}{ha} \right) = \frac{\text{Production} \left( \frac{kgMS}{ha} \right) * K (\%)}{6.25 (kgMS/UBT)/Jour * PU}$$

**CC** = Capacité de Charge ; **UBT** = Unité Bovin Tropical (250 kg de poids vif) ; **PU** = période d'utilisation. Elle a été de 90 jours allant de décembre à février 2021 dans la zone d'étude ; **MS** = matière sèche ; **K (%)** = proportion de la production de biomasse végétale disponible pour les animaux ; **R** = rendement des résidus de récolte de céréales ; **6.25** = besoin journalier en MS d'un UBT

### Calcul du bilan fourrager des résidus de céréales à l'échelle de l'exploitation

Selon la [21] le bilan fourrager évalue les ressources en aliments pour animaux, y compris les fourrages, et les compare aux besoins des animaux d'élevage. Il est estimé à une échelle géographique donnée (exploitation, commune, territoire, province, pays ou région) sur une période de temps définie (année, saison, mois, décade, et d'autres). Dans le cadre de cette étude, le bilan fourrager des résidus de récolte de céréales à l'échelle de l'exploitation cotonnière a été estimé en confrontant la capacité de charge bovine et la charge réelle bovine sur une période d'utilisation de 90 jours après les récoltes (Equation 3 et 4) [22].

#### Equation (3) : CCBE (UBT)

$$= CC_{ma} \left( \frac{UBT}{ha} \right) * S_{ma} (ha) + CC_{mi} \left( \frac{UBT}{ha} \right) * S_{mi} (ha) + CC_{so} \left( \frac{UBT}{ha} \right) * S_{so} (ha)$$

#### Equation (4) : Bilan Fourrager (UBT)

$$= CCBE (UBT) - CCRBE (UBT)$$

**CCBE** = capacité de charge bovine saisonnière des résidus de récolte de céréales à l'échelle de l'exploitation ; **CCma** = capacité de charge des résidus de récolte du



maïs ; **Sma** = superficie totale du maïs ; **CCmi** = capacité de charge des résidus de récolte du mil ; **Smi** = superficie totale du mil ; **CCso** = capacité de charge des résidus de récolte du sorgho ; **Sso** = superficie totale du sorgho ; **CCRBE** = capacité de charge réelle bovine de l'exploitation. Elle est obtenue en convertissant un bovin en UBT [20].

### Analyses des données

Le tableur Microsoft Excel 2019 a été utilisé pour élaborer les graphiques. Le logiciel R version 4.1.3 2022 à travers son interface Rcommander, a été utilisé pour effectuer les analyses de variance (ANOVA) et l'analyse en composantes principales (ACP). Les huit variables suivantes ont été utilisées pour les ACP : superficie totale de céréales ; superficie de maïs ; superficie du mil ; superficie du sorgho ; superficie du coton ; production de résidus de récolte de céréales ; bilan fourrager de la production de résidus de récolte de céréales ; effectif du cheptel bovin. Les moyennes ont été comparées à l'aide du test de Tukey au seuil de 5 %.

## RESULTATS ET DISCUSSION

### Production et productivité des résidus de récolte de céréales

La production et la productivité des résidus de récolte du maïs, du mil et du sorgho en fonction des types d'exploitation cotonnière sont consignées dans le tableau 1. Les quantités de résidus produites ont varié non seulement en fonction des types de spéculations céréalières, mais également selon les types d'exploitation cotonnière.

La biomasse annuelle moyenne obtenue avec le maïs ( $13.0 \pm 11.2$  tMS) par exploitation a été plus élevée chez les agroéleveurs. Cette production pourrait être liée à la plus grande superficie exploitée ( $6.3 \pm 5.3$  ha) par cette catégorie de producteurs comparativement aux autres dont les valeurs moyennes ne diffèrent pas significativement. En plus, la culture du maïs est prédominante dans les principales rotations culturales, notamment la rotation coton/maïs [9, 10]. Ce système lui permet de bénéficier le plus des effets postérieurs des fertilisants minéraux appliqués sur le coton en plus de sa propre fertilisation [23]. Cette stratégie serait la raison du renforcement de la capacité du maïs à exprimer pleinement son potentiel tant en termes de production de grain que de biomasse dans la zone d'étude. En effet, comparativement à d'autres études dans la zone [24], le rendement de biomasse de maïs obtenu chez les producteurs de coton a été plus élevé ( $3.2 \pm 1.4$  tMS/ha).

Les faibles valeurs de production annuelle moyenne de biomasse par exploitation du mil et du sorgho seraient liées à la faiblesse de la taille moyenne des superficies exploitées. Cependant, en matière de productivité de biomasse, le sorgho a présenté un rendement moyen ( $4.9 \pm 2.6$  tMS/ha) supérieur à celui du mil

( $2.5 \pm 0.9$  tMS/ha) et du maïs ( $3,2 \pm 1,4$  tMS/ha). En effet, les variétés locales de sorgho, prédominantes dans la région ouest, se distinguent par leur contribution substantielle à la biomasse, bien que leur rendement en grain soit limité [25]. Certains producteurs orientent la production de sorgho principalement vers le fourrage, en tant que complément alimentaire du bétail surtout pour la saison sèche, et dans une moindre mesure, pour la fabrication de la bière locale. Cependant, bien que ce rendement en biomasse du sorgho ( $4.9 \pm 2.6$  tMS/ha) soit meilleur aux autres cultures céréalières, il reste inférieur à ceux observés dans la région du Sud-Ouest [17] et la zone phytogéographique soudanienne du Bénin [22] où les conditions climatiques sont plus favorables. Cela pourrait s'expliquer par le fait qu'outre le facteur agroclimatique, les parcelles de sorgho sont en générales peu fertilisées par les producteurs de coton [23].

Le faible rendement en résidus de récolte du mil ( $2.5 \pm 0.9$  tMS/ha) pourrait s'expliquer par sa culture fréquente sur des sols à faible valeur agronomique, avec un apport limité de fertilisants [26]. Les producteurs de la province du Mouhoun s'intéressent plus à cette culture que ceux de la province du Tuy. À l'échelle régionale, les données de l'Institut National des Statistiques et de la Démographie [27] confirment cette disparité. Par exemple, pour la campagne agricole 2019/2020, les surfaces cultivées en mil dans la région de la Boucle du Mouhoun (302 726 ha) ont été d'environ 6,9 fois supérieures à celles des Hauts-Bassins (43 980 ha).

### **Valeur nutritive des résidus de récolte de céréales**

Le tableau 2 présente les valeurs nutritives moyennes des résidus de récolte de céréales étudiés. Les teneurs moyennes en MAT ont varié entre  $3.16 \pm 0.27$  % MS obtenue avec les résidus de sorgho et  $4.64 \pm 0.81$  % MS obtenue avec les résidus du maïs. Ces valeurs restent en dessous de 6 ou 7 % MS recommandé pour le bon fonctionnement du processus de digestion microbienne chez les ruminants [28]. En outre, comparativement au fourrage vert dont la teneur en protéine brute (18.09% de MS) est largement plus importante [29], la valeur nutritive des résidus de récolte des céréales reste faible. Ainsi, d'autres aliments de source protéique (fanés de légumineuses, tourteau de coton, et d'autres) demeurent nécessaires pour une utilisation efficace des résidus de récolte céréalières dans l'alimentation des ruminants domestiques. Toutefois, il est important de souligner que ces résidus de céréales constituent une source alimentaire cruciale pour les ruminants dans les pays en développement, malgré leur teneur relativement faible en matières azotées totales (MAT) [30, 31].

En termes de valeur énergétique, il ressort du tableau 2 que les résidus de récolte de sorgho ( $7.55 \pm 0.23$  MJ/kgMS) et du maïs ( $7.10 \pm 0.58$  MJ/kgMS) ont été significativement les plus riches en énergie métabolisable. Ces résultats

corroboient ceux de [30] indiquant une supériorité de l'énergie fourragère des résidus de récolte de sorgho (0.73 UF/kg) par rapport à celles du mil (0.45 UF/kg). Les teneurs en fibres ( $75.58 \pm 1.21$  du NDF) et en lignine ( $6.18 \pm 0.9$  %) des résidus de récolte du mil ont été plus élevées que celles du maïs ( $73.74 \pm 1.69$  % du NDF et  $5.27 \pm 0.18$  % d'ADL) et du sorgho ( $70.07 \pm 1.87$  % de NDF et  $5.00 \pm 0.60$  % d'ADL), avec un taux de digestibilité *in vitro* du mil plus faible ( $41.83 \pm 0.88$  %). Ces constats confirment les résultats des travaux sur les ovins maures au Mali, où le taux d'ingestion des résidus de récolte de sorgho (37,4 %) surpassait celui des résidus de récolte de maïs (32,3 %) et de mil (22,2 %) [32]. Des travaux sur la gestion des ressources fourragères dans la région du Sud-Ouest ont également souligné la supériorité de la teneur en lignine dans les résidus de récolte du mil par rapport à celle du maïs [17].

En tout état de cause, il est à noter que les teneurs en lignine et en fibres des résidus de récolte des céréales sont généralement élevées, limitant ainsi leur valeur nutritionnelle en comparaison avec les fourrages verts. A titre d'illustration, dans les zones périphériques du Burundi, la teneur moyenne en fibres brutes des herbes fraîches collectées pour l'alimentation des ruminants était de 26,4 % [29]. Il est donc important de mettre en œuvre des techniques de transformation des résidus de récolte de céréales telles les traitements physique et chimique, afin d'améliorer leur taux d'ingestion par les ruminants domestiques [33].

### **Disponibilité des résidus de récolte de céréales pour les bovins**

La disponibilité des résidus de récolte de céréales a été appréhendée à travers le bilan fourrager (Tableau 3). Les résultats de l'analyse en composantes principales (ACP) sont présentés dans les Figures 2 et 3, et dans le Tableau 4. Ils ont permis d'explicitier davantage cette disponibilité en tenant compte du cheptel bovin des exploitations.

Le plan factoriel à deux dimensions (Dim1 et Dim2), issu de l'ACP enregistre 66,56 % des informations d'inertie. L'analyse des résultats montre que les variables « ECB » et « BFRRC » présentent respectivement des corrélations négatives (-0,92) et positives (0,89) avec la première dimension du plan factoriel. Cela indique une très forte corrélation négative entre le bilan fourrager et l'effectif du cheptel bovin. Le bilan fourrager serait alors très influencé négativement par l'effectif du cheptel bovin dans les exploitations cotonnières de cette zone. En effet, les éleveurs, détenteurs de gros troupeaux bovins et de petites portions de terres pour la production végétale, ont enregistré en moyenne un bilan fourrager des résidus de récolte de céréales de -22,59 UBT. Leur stratégie préférentielle de valorisation des résidus de récolte est le pâturage direct après les récoltes tant dans leurs champs que dans les champs d'autres producteurs, notamment les agriculteurs [4] chez qui des pertes de nutriments à l'échelle de l'exploitation sont évidentes [3].

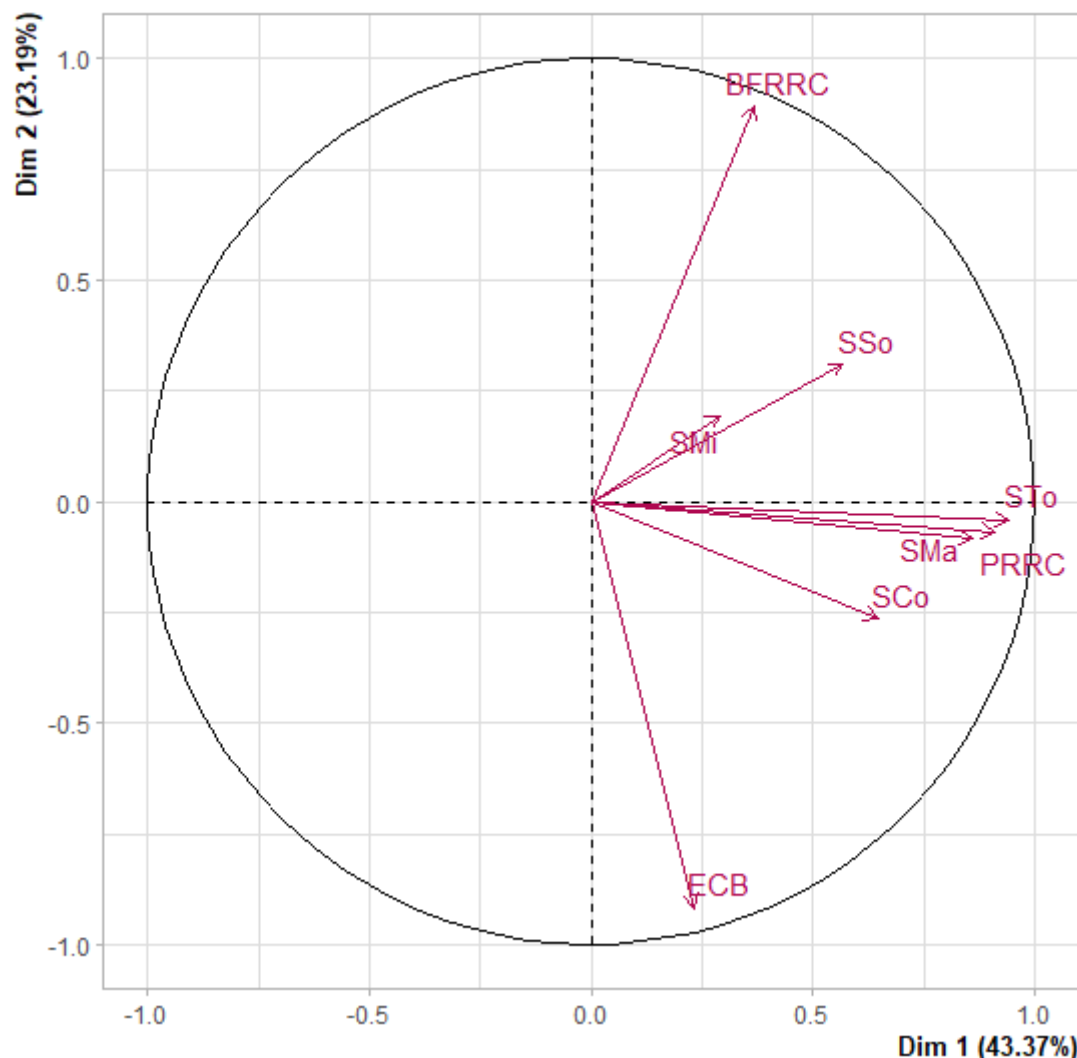
Une stratégie plus ou moins compensatoire pour les agriculteurs pourrait être le contrat de pâturage à travers lequel le troupeau séjournera dans le champ sur une période donnée pour apporter au sol les déjections (fèces, urines). Cependant, selon les résultats de l'étude, le bilan fourrager des résidus de récolte de céréales des agriculteurs est certes positif, mais faible (0,68 UBT en moyenne) face aux besoins des éleveurs et dans une moindre mesure des agroéleveurs qui connaissent aussi en moyenne un bilan négatif (-2,24 UBT). En tout état de cause, le bilan fourrager des résidus de récolte des céréales reste globalement négatif dans les exploitations cotonnières (-0,98 UBT).

Il convient par ailleurs de souligner que les résidus de récolte de céréales ne sont pas utilisés par les seuls animaux de l'exploitation cotonnière. A partir du mois de novembre après les récoltes, la zone cotonnière ouest du Burkina reçoit un nombre assez important de troupeaux d'animaux, notamment ceux des transhumants pour l'exploitation des résidus de récolte des céréales. Ce constat, confronté au bilan fourrager global, indiquerait une surexploitation des résidus de récolte de récolte dans les exploitations cotonnières à l'ouest du Burkina Faso. Cette situation déficitaire a été observée également au Bénin [22] où les conditions agroécologiques sont plus favorables. Ces auteurs expliquent cela par l'importance numérique du cheptel ruminant par rapport aux superficies emblavées, et donc de la production de biomasse des résidus de cultures.

En outre, l'analyse de la distribution des ménages étudiés sur le plan factoriel révèle en termes de bilan fourrager des disparités au sein d'un même type d'exploitations cotonnières, notamment chez les agroéleveurs. En effet, une partie moins importante des agroéleveurs se trouvait dans le même groupe (cluster 1) que les éleveurs, et donc dans la même situation déficitaire alors qu'ils exploitent de grandes surfaces agricoles même si leur troupeau bovin est relativement important. Cela pourrait s'expliquer par le fait que le coton aurait largement dominé les cultures céréalières dans les assolements de ces agroéleveurs, ce qui met en lumière l'influence relative du choix des spéculations dans les assolements sur la disponibilité relative de la biomasse des cultures pour le cheptel animal dans les exploitations cotonnières.

L'analyse des corrélations entre les variables « SSo » (0,57) et « BFRCC » (0,37) avec la première dimension du plan factoriel indique une corrélation assez positive entre le bilan fourrager et les surfaces emblavées en sorgho. De plus, un regard croisé des distributions à la fois des variables et des individus sur le même plan factoriel montre que ce sont majoritairement les agriculteurs, petits/moyens producteurs, qui cultivent le plus le sorgho et qui enregistrent le plus un bilan fourrager positif des résidus de récolte de céréales. Cette situation ouvre aussi des voies et/ou des perspectives d'accompagnement et d'orientation en faveur de

l'amélioration de la disponibilité de biomasse des cultures dans les exploitations cotonnières.



**Figure 2 : Représentation de la distribution des huit variables étudiées sur le plan factoriel (cercle de corrélation)**

Dim = Dimension; STo = superficie totale de céréales; SMa = superficie de maïs; SMi = superficie du mil; SSo = superficie du sorgho; SCo = superficie du coton; PRRC = production de résidus de récolte de céréales; BFRRC = bilan fourrager de la production de résidus de récolte de céréales; ECB = effectif du cheptel bovin





et les agroéleveurs dans une moindre mesure sont les plus déficitaires en raison de l'importance numérique de leurs cheptels bovins. En perspective, des actions d'incitation et d'intensification de la production du sorgho tant en graine qu'en biomasse pourraient améliorer la disponibilité fourragère pour le bétail, notamment les bovins de trait en saison sèche dans les exploitations cotonnières. Ceci pourrait contribuer au renforcement de l'intégration agriculture-élevage, et donc la durabilité des systèmes de production. De plus, le renforcement des interactions rationnelles entre les types de producteurs (respect des capacités de charge) pourrait améliorer l'exploitation de cette ressource fourragère dans les exploitations cotonnières.

## REMERCIEMENTS

Cette recherche a été financée par le projet européen H2020 EWA-BELT "Linking East West African farming systems experience into a BELT of sustainable intensification" coordonné par le Centre de Recherche sur la Désertification de l'Université de Sassari.



**Tableau 1: valeurs moyennes du rendement, capacité de charge, superficie et production des résidus de récolte du maïs, mil et sorgho selon les types d'exploitations cotonnières à l'Ouest du Burkina Faso**

*(Le symbole « ± » sépare la moyenne et l'écart type)*

| Spéculation   | Types d'exploitation cotonnière | Rendement (tMS/ha)      | Capacité de charge (UBT/ha) | Production (tMS/exploitation) | Superficie cultivée (ha/EC) |
|---------------|---------------------------------|-------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| <b>Maïs</b>   | Agriculteurs                    | 2,7 ± 0,9 <sup>a</sup>  | 1,7 ± 0,6 <sup>a</sup>      | 7,1 ± 2,3 <sup>a</sup>        | 2,8 ± 2,2 <sup>a</sup>      |
|               | Eleveurs                        | 2,5 ± 1,8 <sup>ab</sup> | 1,6 ± 1,1 <sup>ab</sup>     | 2,8 ± 1,6 <sup>b</sup>        | 1,2 ± 0,3 <sup>a</sup>      |
|               | Agroéleveurs                    | 4,1 ± 1,6 <sup>b</sup>  | 2,6 ± 1,0 <sup>b</sup>      | 26,7 ± 25,5 <sup>b</sup>      | 6,3 ± 5,3 <sup>b</sup>      |
|               | P Value                         | 0,00415                 | 0,00415                     | 0,000952                      | 0.00571                     |
|               | <b>Moyenne</b>                  | <b>3,2 ± 1,4</b>        | <b>2,0 ± 0,9</b>            | <b>13,0 ± 11,2</b>            | <b>3,8 ± 3,7</b>            |
| <b>Mil</b>    | Agriculteurs                    | 2,4 ± 1,0 <sup>a</sup>  | 1,5 ± 0,6 <sup>a</sup>      | 6,3 ± 5,8 <sup>a</sup>        | 2,6 ± 2,3 <sup>a</sup>      |
|               | Eleveurs                        | -                       | -                           | -                             | -                           |
|               | Agroéleveurs                    | 2,8 ± 0,6 <sup>a</sup>  | 1,7 ± 0,4 <sup>a</sup>      | 9,7 ± 4,9 <sup>a</sup>        | 3,8 ± 2,1 <sup>a</sup>      |
|               | P Value                         | 0,601                   | 0.601                       | 0,242                         | 0,323                       |
|               | <b>Moyenne</b>                  | <b>2,5 ± 0,9</b>        | <b>1,5 ± 0,6</b>            | <b>7,0 ± 5,7</b>              | <b>2,9 ± 2,3</b>            |
| <b>Sorgho</b> | Agriculteurs                    | 4,8 ± 2,8 <sup>a</sup>  | 3,0 ± 1,8 <sup>a</sup>      | 7,5 ± 7,4 <sup>a</sup>        | 1,5 ± 0,9 <sup>a</sup>      |
|               | Eleveurs                        | 4,8 ± 1,4 <sup>a</sup>  | 3,0 ± 0,9 <sup>a</sup>      | 3,2 ± 1,6 <sup>a</sup>        | 0,7 ± 0,3 <sup>a</sup>      |
|               | Agroéleveurs                    | 5,2 ± 2,2 <sup>a</sup>  | 3,3 ± 1,4 <sup>a</sup>      | 12,8 ± 9,1 <sup>a</sup>       | 2,8 ± 2,5 <sup>b</sup>      |
|               | P Value                         | 0,882                   | 0.882                       | 0,104                         | 0,0113                      |
|               | <b>Moyenne</b>                  | <b>4,9 ± 2,6</b>        | <b>3,0 ± 1,6</b>            | <b>8,4 ± 8,2</b>              | <b>1,7 ± 1,4</b>            |

Concernant chaque type de culture, sur la même colonne, les moyennes portant les mêmes lettres minuscules ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.

**Légende:** tMS = tonne de matière sèche ; ha = hectare ; kg = kilogramme, UBT = Unité Bovin Tropical, EC = exploitation cotonnière

**Tableau 2: Teneurs moyennes en éléments nutritifs, et valeurs moyennes de la digestibilité *in vitro* des résidus de récolte de maïs, mil et sorgho des exploitations cotonnières à l'Ouest du Burkina Faso**

(le symbole «  $\pm$  » sépare la moyenne et l'écart type)

| RRC /<br>Eléments<br>nutritifs | MS<br>(%)                        | MM<br>(% MS)                    | MO<br>(% MS)                     | MAT<br>(% MS)                   | NDF<br>(% MS)                    | ADF<br>(% MS)                    | ADL<br>(% MS)                   | IVOMD<br>(%)                     | EM<br>(MJ/kgMS)                 |
|--------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| Maïs                           | 95.53 $\pm$<br>0.45 <sup>b</sup> | 7.19 $\pm$<br>0.81 <sup>a</sup> | 92.81 $\pm$<br>0.81 <sup>a</sup> | 4.64 $\pm$<br>0.81 <sup>c</sup> | 73.74 $\pm$<br>1.69 <sup>b</sup> | 47.73 $\pm$<br>1.19 <sup>b</sup> | 5.27 $\pm$<br>0.18 <sup>a</sup> | 44.40 $\pm$<br>0.86 <sup>b</sup> | 7.10 $\pm$<br>0.58 <sup>b</sup> |
| Mil                            | 95.65 $\pm$<br>0.33 <sup>b</sup> | 6.17 $\pm$<br>0.53 <sup>a</sup> | 93.83 $\pm$<br>0.53 <sup>a</sup> | 3.99 $\pm$<br>0.36 <sup>b</sup> | 75.58 $\pm$<br>1.21 <sup>b</sup> | 49.22 $\pm$<br>0.65 <sup>b</sup> | 6.18 $\pm$<br>0.9 <sup>b</sup>  | 41.83 $\pm$<br>0.88 <sup>a</sup> | 6.56 $\pm$<br>0.35 <sup>a</sup> |
| Sorgho                         | 94.90 $\pm$<br>0.67 <sup>a</sup> | 6.53 $\pm$<br>1.30 <sup>a</sup> | 93.54 $\pm$<br>1.31 <sup>a</sup> | 3.16 $\pm$<br>0.27 <sup>a</sup> | 70.07 $\pm$<br>1.87 <sup>a</sup> | 44.58 $\pm$<br>3.59 <sup>a</sup> | 5.00 $\pm$<br>0.60 <sup>a</sup> | 46.89 $\pm$<br>2.57 <sup>c</sup> | 7.55 $\pm$<br>0.23 <sup>b</sup> |
| P Value                        | 0.00849                          | 0.0874                          | 0.0874                           | 0.0000191                       | 0.0000000681                     | 0.00058                          | 0.0000573                       | 0.00000488                       | 0.000181                        |

**Légende :** RRC= résidus de récolte de céréales ; MS = matière sèche, MJ = mégajoule, kg = kilogramme, MM = matière minérale, MO = matière organique, MAT = matières azotées totales, MO = matière organique, NDF = neutral detergent fiber, ADF = acid detergent fiber, ADL = acid detergent lignin, IVOMD = digestibilité de la matière organique *in vitro*, EM = énergie métabolisable  
Concernant chaque type de culture, sur la même colonne, les moyennes portant les mêmes lettres minuscules ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%  
Sur la même colonne, les moyennes portant les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%

**Tableau 3: Valeurs moyennes du bilan fourrager des résidus de récolte de céréales des types d'exploitation cotonnière à l'Ouest du Burkina Faso**

(le symbole «  $\pm$  » sépare la moyenne et l'écart type)

| Types d'EC       | Agriculteurs      | Eleveurs           | Agroéleveurs       | Moyenne     | P Value |
|------------------|-------------------|--------------------|--------------------|-------------|---------|
| <b>Bilan</b>     |                   |                    |                    |             |         |
| <b>fourrager</b> | 0.68 $\pm$        | -22.59 $\pm$       | -2.24 $\pm$        | -0.98 $\pm$ | 0.00283 |
| <b>(UBT)</b>     | 6.81 <sup>b</sup> | 18.66 <sup>a</sup> | 17.98 <sup>b</sup> | 11.8        |         |

**Légende** EC = Exploitation cotonnière ; UBT = Unité Bovin Tropical  
Sur la même ligne, les moyennes portant les mêmes lettres minuscules ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%

**Tableau 4: Valeurs des coefficients de corrélation des huit variables étudiées avec les deux premières dimensions du plan factoriel**

| Variables                                           | Première dimension |           | Deuxième dimension |            |
|-----------------------------------------------------|--------------------|-----------|--------------------|------------|
|                                                     | Corrélation        | P Value   | Corrélation        | P Value    |
| Superficie totale de céréales emblavée              | 0.94               | 7.60 e-35 | -                  | -          |
| Production totale de résidus de récolte de céréales | 0.91               | 1.29 e-28 | -                  | -          |
| Superficie emblavée en maïs                         | 0.86               | 3.56 e-22 | -                  | -          |
| Superficie emblavée en coton                        | 0.65               | 8.65 e-10 | -0.26              | 2.57 e-2   |
| Superficie emblavée en sorgho                       | 0.57               | 2.01 e-07 | -0.31              | 8.01 e-03  |
| Bilan fourrager                                     | 0.37               | 1.51 e-03 | 0.89               | 7.55 e- 26 |
| Superficie emblavée en mil                          | 0.30               | 1.39 e-02 | -                  | -          |
| Effectif du Cheptel bovin                           | 0.23               | 4.80 e-02 | -0.92              | 8.14 e-30  |

Le seuil de la significativité de la corrélation est de 5 %



## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. **Hauchart V** Le coton dans le Mouhoun (Burkina Faso), un facteur de modernisation agricole Perspectives de développement ? *Cahiers Agricultures*. 2006; **15(3)**: 285-91.
2. **Vall E, Koutou M, Blanchard M, Coulibaly K, Diallo MA and N Andrieu** Intégration agriculture-élevage et intensification écologique dans les systèmes agrosylvopastoraux de l'ouest du Burkina Faso, province du Tuy. Partenariat, modélisation, expérimentations : quelles leçons pour la conception de l'innovation et l'intensification écologique ? Nov 2011, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso. hal-00718613. 2011; 12p.
3. **Dugué P** Quelles contraintes à l'intensification agroécologique ? Grain de sel. 2014; (n° 63-66 — juillet 2013 – juin 2014):30-1. Disponible sur: <https://agritrop.cirad.fr/574336/> Accessed February 2023.
4. **Belem A, Ouédraogo-Koné S, Koulibaly B, Traoré M, Traoré D, Coulibaly K and HB Nacro** Diagnostic des pratiques d'intégration agriculture-élevage et des contraintes associées dans les exploitations cotonnières à l'ouest du Burkina Faso. *Revue Africaine de Santé et de Production Animale*. 2023; **2**: 90-103.
5. **Diagne D and V Pelon** Eléments de bilan du soutien public à l'élevage au Burkina-Faso depuis Maputo. Association pour la Promotion de l'Élevage au Sahel et en Savane -APESS. 2014. Disponible sur: <https://www.researchgate.net/publication/330601062> Accessed February 2023.
6. **Diogo RVC, Adedigba S, Djedje M and LH Dossa** Gestion et contribution des résidus de récolte à la réduction du déficit alimentaire des élevages traditionnels de petits ruminants dans la zone soudanienne du Nord Bénin. *Ann UP, Série Sci Nat Agron*. 2018; **8(1)**: 1-12.
7. **Ganry F and R Oliver** La valorisation agricole des fumiers et des composts en Afrique soudano-sahélienne: enjeu et contrainte [Internet]. agritrop.cirad.fr; 2005. Disponible sur: [https://agritrop.cirad.fr/531850/1/document\\_531850.pdf](https://agritrop.cirad.fr/531850/1/document_531850.pdf) Accessed February 2023.

8. **Belmekki M, Mrabet R, Moussadek R, Halima OI, Boughlala M, El M and B Bencharki** Impact des pratiques agricoles sur la stabilité structurale et la matière organique du sol dans les zones semi-arides Marocaines. *International Journal of Innovation and Applied Studies*. 2013; **4(2)**: 322-33.
9. **Guenot A and M Huchet-Bourdon** Rôle du coton sur la filière maïs au Burkina Faso. *Économie rurale*. 2014; (**341**): 107-19.  
<https://doi.org/10.4000/economierurale.4353>
10. **Traoré A, Traoré K, Traoré O, Bado BV, Nacro BH and MP Sedogo** Caractérisation des systèmes de production à base de riz pluvial strict dans les exploitations agricoles de la zone Sud-soudanienne du Burkina Faso. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*. 2015; **9(6)**: 2685-97. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v9i6.14>
11. **DRARAH/HBS/BMH**. Directions Régionales de l'Agriculture, des Ressources Animales et Halieutiques des Hauts Bassins et de la Boucle du Mouhoun (DRARAH/HBS/BMH). 2022.
12. **ACONTRESENS**. [https://planificateur.a-contresens.net/afrique/burkina\\_faso/hauts-bassins/hounde/2360073.html#:~:text=Hound%C3%A9%20poss%C3%A8de%20un%20climat%20d%C3%A9sertique,en%20moyenne%20de%207585mm](https://planificateur.a-contresens.net/afrique/burkina_faso/hauts-bassins/hounde/2360073.html#:~:text=Hound%C3%A9%20poss%C3%A8de%20un%20climat%20d%C3%A9sertique,en%20moyenne%20de%207585mm). 2024 mars. Accessed February 2023.
13. **Andredou P and HP Toé** Evaluation environnementale, annexe secondaire. Programme national de gestion des terroirs-Phase II. Burkina Faso; 1999 p. 48p.
14. **CR-BMH**. Diagnostic Socioéconomique pour la protection des Berges des fleuves Mouhoun et Sourou. Rapport définitif. Conseil Régional de la Boucle du Mouhoun (CR-BMH). Burkina Faso/Région de la Boucle du Mouhoun; 2011 p. 74p.
15. **Coulibaly D, Ba A, Dembele B and F Sissoke** Développement des systèmes de production innovants d'association maïs/légumineuses dans la zone subhumide du Mali. *Agronomie Africaine*. 2017; **1(29)**: 1-10.
16. **AufRAY P, Sissoko F, Falconnier G, Ba A and P Dugué** Usages des résidus de récolte et gestion intégrée de la fertilité des sols dans les systèmes de polyculture élevage : étude de cas au Mali-Sud. *Cahiers Agricultures*. 2012; **21(4)**: 225-34. <https://doi.org/10.1684/agr.2012.0568>

17. **Sanon H, Savadogo M, Tamboura H and K Ba** Caractérisation des systèmes de production et des ressources fourragères dans un terroir test de la zone soudanienne du Burkina Faso. *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement*. 2014; **14**(2): 1-15.
18. **Bastianelli D, Bonnal L, Barre P, Nabeneza S, Salgado P and D Andueza** La spectrométrie dans le proche infrarouge pour la caractérisation des ressources alimentaires. *INRA Prod Anim*. 18 janv 2019; **31**(3): 237-54. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2018.31.2.2330>
19. **Boudet G** Problèmes posés par l'estimation de la capacité de charge d'un pâturage naturel tropical. "Inventaire et Cartographie des pâturages tropicaux africains". CIPEA-ILCA, Addis Abeba Acte de Colloque de Bamako. 1975;265-7.
20. **Gomgnimbou APK, Nacro HB, Sanon OH, Sieza I, Kiendrebeogo T, Sedogo MP and J Martinez** La gestion des déjections animales dans la zone périurbaine de Bobo- Dioulasso (Burkina Faso) : structure des élevages, perception de leur impact environnemental et sanitaire, perspectives. *Cahiers Agricultures*. 2014; **23**(6): 393-402. DOI: <https://doi.org/10.1684/agr.2014.0724>
21. **FAO**. Estimation des bilans fourragers dans la région du Sahel d'Afrique de l'Ouest et Centrale. Sous la direction de Assouma, M.H. et Mottet, A. FAO: Production et santé animales – Directives no 22. Rome. *Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture*. 2020; 50p. <https://doi.org/10.4060/ca9111fr>
22. **Djohy GL, Sounon Bouko B, Djohy G, Dossou PJ and JA Yabi** Contribution des résidus de culture à la réduction du déficit alimentaire des troupeaux de ruminants dans l'Ouémé Supérieur au Bénin. *Cah Agric*. 2023; **32**(13): 1-11. <https://doi.org/10.1051/cagri/2023007>
23. **Sakandé F, Traoré M, Koulibaly B, Lankouandé FY, Paré T, Coulibaly K and HB Nacro** Perception locale de la dégradation des sols et pratiques de réhabilitation dans la zone cotonnière ouest du Burkina Faso. *Int J Biol Chem Sci*. 2022; **16**(5): 2189-201.
24. **Coulibaly K, Vall E, Autfray P and PM Sedogo** Performance technico-économique des associations maïs/niébé et maïs/mucuna en situation réelle de culture au Burkina Faso: potentiels et contraintes. *TROPICULTURA*. 2012; **30**(3): 147-54.

25. **Chantereau J, Cruz JF, Ratnadass A and G Trouche** Le sorgho. *Agricultures tropicales en poche*. [Internet]. Pays Bas; 2013. (Éditions Quæ, CTA, Presses agronomiques de Gembloux). Disponible sur: [www.pressesagro.be](http://www.pressesagro.be) Accessed December 2022.
26. **Bezançon G, Renno JF and KA Kumar** Le mil. In: Charrier A. (ed.), Jacquot M. (ed.), Hamon Serge (ed.), Nicolas D. (ed.). *L'amélioration des plantes tropicales*. Montpellier (FRA) ; Paris : CIRAD ; ORSTOM. 1997; 457-82.
27. **INSD**. Institut National des Statistiques et de la Démographie. *Annuaire statistique de 2019*. Burkina Faso; 2020.
28. **Guérin H, Richard D and V Heinis** Teneur en matières azotées et composition minérale de quelques fourrages In: *Élevage et potentialités pastorales sahéliennes. Synthèses cartographiques. Mali = Animal husbandry and Sahelian pastoral potentialities. Cartographic synthesis. Mali*. CIRAD-IEMVT - FRA Wageningen : CTACIRAD- IEMVT. 1988;17-8.
29. **Butore J, Sindaye D, Hitimana M, Nkengurutse J and T Masharabu** Bromatological Analysis of the Fodder Marketed in the Peri-urban areas of Bujumbura (Burundi): Towards Spontaneous Fodder Conservation by Transformation into Silage. *IntechOpen*, 2021; <https://doi.org/10.5772/intechopen.98217>
30. **Zerbini E and D Thomas** Opportunities for improvement of nutritive value in sorghum and pearl millet residues in South Asia through genetic enhancement. *Field Crops Research*. 2003; **84(1)**: 3-15. [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(03\)00137-0](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(03)00137-0)
31. **Kiema A, Sawadogo I, Ouedraogo T and A Nianogo** Stratégies d'exploitation du fourrage par les éleveurs de la zone sahélienne du Burkina Faso. *Int J Bio Chem Sci*. 14 Déc 2012; **6(4)**: 1492-505. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v6i4.8>
32. **Nantoumé H, Diarra CHT and D Traoré** Performance et rentabilité économique de l'incorporation des quatre fourrages de qualité pauvre dans des rations d'engraissement des moutons maures. *Livestock Research for Rural Development* **18(1)**: 2006; Disponible sur <https://lrrd.cipav.org.co/lrrd18/1/nant18014.htm> Accessed November 2022.

33. **Rokbani N and A Nefzaoui** Traitement des pailles à l'ammoniac et à l'urée. Effets du traitement et du hachage sur les performances de croissance des agneaux. In: Caja G. (ed.), Djemali M. (ed.), Gabiña D. (ed.), Nefzaoui A. (ed.). L'Elevage ovin en zones arides et semi-arides. Zaragoza : CIHEAM. *Cahiers Options Méditerranéennes*. 1995; **(6)**: 65-74.