Revue Africaine d'Environnement et d'Agriculture
http://www.rafea-congo.com
2025 ; 8(4), 21-37
ISSN (Print) : 2708-7743 **eISSN** : 2708-5422 **Dépôt légal** : JL 3.01807-57259

Solutions alternatives par la production fourragère pour minimiser la dégradation accélérée des ressources pastorales du Burkina Faso

Ismael Bamouni[1], Sissao Mariétou[2], Millogo Vinsoun[1*], Michel Kéré[1]

(1)Université Nazi BONI. Institut du Développement Rural (IDR). École Doctorale Sciences Naturelles et Agronomie. Laboratoire de recherche et d'enseignement en santé et biotechnologie animales (LARESBA). Laboratoire Bioressources, Agrosystèmes et Santé de l'Environnement (LaBASE). Equipe de Recherche Zootechnie, Environnement et Développement Durable (ER-ZEDD). 01 BP 1091 Bobo-Dioulasso 01 (Burkina Faso). E-mail: paravins@yahoo.fr
(2)Université Thomas SANKARA. Centre Universitaire de Tenkodogo. 12 BP 417 Ouagadougou (Burkina Faso)

Reçu le 05 octobre 2025, **accepté** le 15 décembre 2025, **publié en ligne** le 27 décembre 2025
DOI : https://dx.doi.org/10.4314/rafea.v8i4.3

RESUME

Description du sujet. Bien que plusieurs espèces fourragères aient été évaluées pour leur adaptabilité et leur rendement au Burkina Faso, peu d'études ont porté sur leur aptitude à l'ensilage, pourtant la conservation demeure un défi majeur pour les producteurs.
Objectifs. L'étude a pour objectif (i) d'identifier dans la littérature quatre (4) graminées fourragères adaptées à l'Ouest, (ii) évaluer leur production en biomasse et leur aptitude à l'ensilage et (iii) évaluer leurs valeurs bromatologiques avant et après ensilage.
Méthodes. Les espèces testées étaient *Zea mays Linnaeus*, variété Espoir, *Sorghum bicolor* (L.) Moench variété Grinkan, *Panicum maximum* Jacq. cv. C1 et *Brachiaria ruziziensis* Germain et Evrard. L'expérimentation a été conduite en blocs complètement randomisés avec trois types de fertilisation (fumure minérale, fumure organique et témoin sans fertilisation), totalisant 24 parcelles élémentaires de 70 m² et les analyses statistiques ont été faites avec le logiciel XLSTAT version 2016.
Résultats. Les rendements biomasse ont varié selon les espèces et les traitements, avec des valeurs maximales observées pour *Sorghum bicolor* (14 242,39 ± 933,32 kg/ha) et *Zea mays* (12 632,85 ± 821,33 kg/ha) sous fumure minérale. Les analyses bromatologiques n'ont révélé aucune différence significative entre les types de fertilisation ni entre les fourrages verts et les ensilages produits ($P > 0,05$).
Conclusion. La fertilisation influence significativement sur la biomasse et les quatre (4) espèces s'adaptent bien à la technique d'ensilage en fûts plastiques sans altération de la qualité nutritionnelle, validant ainsi l'hypothèse de l'étude.

Mots-clés : Graminées, fertilisation, bromatologie, ensilage, Burkina Faso.

ABSTRACT

Alternative solutions through fodder production to minimize the accelerated degradation of pastoral resources in Burkina Faso
Description of the subject. Although several fodder species have been evaluated for their adaptability and biomass production in Burkina Faso, few studies have focused on their suitability for silage, even though conservation remains a major challenge for farmers.
Objectives. The objectives of the study were (i) to identify four (4) fodder species suitable for western Burkina Faso in the literature, (ii) to evaluate their biomass production and suitability for silage, and (iii) to evaluate their bromatological values before and after silage.
Methods. The species tested were *Zea mays Linnaeus*, variety Espoir, *Sorghum bicolor* (L.) Moench variety Grinkan, *Panicum maximum* Jacq. cv. C1 and *Brachiaria ruziziensis* Germain and Evrard. The experiment was conducted in completely randomized blocks with three types of fertilization (mineral fertilizer, organic fertilizer and

control without fertilization), with 24 elementary plots of 70 m², and statistical analyses were performed using XLSTAT software version 2016.
Results. Biomass production varied according to species and treatment, with maximum values observed for *Sorghum bicolor* (14,242.39 ± 933.32 kg/ha) and *Zea mays* (12,632.85 ± 821.33 kg/ha) under mineral fertilization. Bromatological analyses revealed no significant differences between fertilization types or between fodder and silage produced (P > 0.05).
Conclusion. Fertilization significantly influences biomass, and the four (4) fodder species adapt well to the plastic barrel silage technique without any deterioration in nutritional quality, thus validating the study's hypothesis.
Keywords: Fodder, fertilization, bromatology, silage, Burkina Faso

1. INTRODUCTION

Les producteurs développent plusieurs initiatives pour juguler le déficit fourrager dont l'utilisation des résidus culturaux (Drabo *et al.,* 2001), le recours aux aliments concentrés et les cultures fourragères qui constituent une alternative durable permettant une meilleure alimentation du bétail tant sur le plan quantitatif que qualitatif (César *et al.,* 2004 ; Bamouni, 2016 ; Sanon *et al.,* 2018). Toutefois, en cas de grande production de fourrages, les producteurs disposent de deux (2) techniques de conservation que sont le fanage et l'ensilage. La technique de fanage est la plus courante et la plus simple. Elle consiste à diminuer la teneur en eau du fourrage en dessous de 15 % (soit 85 % de MS) afin d'obtenir un aliment très souple d'emploi au niveau du stationnement.

La technique de l'ensilage quant à elle consiste à placer l'herbe verte hachée (naturelle ou cultivée) dans un conditionnement sans air (sac, silo, fûts), ce qui déclenche le processus de fermentation anaérobique. Par ailleurs, la technique de fanage, comporte des limites notamment les exigences climatiques pour sa mise en œuvre, les pertes en matières sèches enregistrées lors des différentes étapes du processus et la forte demande en main d'œuvre. A l'opposé, la technique de l'ensilage bien que moins rependue, présente comme avantages : les pertes minimales en nutriments au stockage (Randrianasolo, 2014) et une valeur nutritive stable lorsque la fermentation est achevée (Tamboura, 2018). Au Canada, l'industrie fourragère consacre 80 % de sa production fourragère pour l'ensilage destiné aux bétails (Denoncourt, 2002).

Au Burkina Faso, les travaux de Hien (1983) et Tamboura (2018) ont montré l'intérêt de cette technique pour renforcer l'offre fourragère en saison sèche pour les bovins d'embouche, laitiers et de trait. En outre, Sissao *et al. (*2024) ont montré qu'il est possible de produire de l'ensilage en fûts plastiques à partir des herbes fraiches fauchées au pâturage notamment *Pennisetum pedicellatum* Trin et cet ensilage s'adapte bien à l'alimentation des chèvres.

Depuis les années 1950, des institutions de recherche internationales et Burkinabè ont testé et vulgarisé de nombreuses espèces fourragères avec des résultats fort intéressants en station qu'en milieu réel. Cependant, les investigations menées par la recherche burkinabè ont été plus focalisées sur les aspects agronomiques et bromatologiques que sur l'aptitude à l'ensilage et leur utilisation dans la complémentation des herbivores bien que cette technique de conservation mérite une attention particulière afin d'accroitre la productivité animale. C'est en vue de répondre à cette problématique que le projet de mécanisation agricole appropriée (Appropriate Scale Mechanization Consortium (ASMC) de l'Université Nazi BONI a mis au point la technologie d'ensilage en fûts plastiques réutilisables et le chopper comme outil de traitement physique du fourrage, d'où la question de recherche suivante : les graminées fourragères promues par la recherche répondent-elles favorablement au processus d'ensilage en fût plastiques ? Pour ce faire l'hypothèse suivante a été émise : les graminées fourragères identifiées dans la présente étude sont aptes à la technologie de l'ensilage en fûts plastiques.

La présente étude vise globalement, à identifier quatre (4) espèces de graminées fourragères afin d'améliorer la conservation par la technique d'ensilage. Spécifiquement, il s'est agi de : (i) identifier dans la littérature quatre (4) espèces de graminées fourragères issues de la recherche au Burkina Faso et adaptées dans sa partie Ouest, (ii) évaluer leur production en biomasse et leur aptitude à l'ensilage et (iii) évaluer les valeurs bromatologiques du fourrage vert utilisé ainsi que celles de l'ensilage produit. Cette étude vise à proposer des solutions durables au déficit fourrager saisonnier au Burkina Faso en évaluant l'aptitude à l'ensilage de graminées locales à fort rendement. Elle fournit des données utiles pour améliorer la conservation et la disponibilité toute l'année du fourrage et renforcer la résilience des producteurs.

2. MATERIEL ET METHODES

2.1. Zone d'étude

L'étude a été conduite dans le village de Kimidougou (11.4333°de latitude nord et - 4.1833° de longitude ouest). Il relève de l'arrondissement N° 2 de la commune de Bobo-Dioulasso (Province du Houet) et est situé à 15 km sur l'axe Bobo-Dioulasso-Dédougou (Figure 1).

Il est limité au nord par les villages de Dafinso et Santidougou. Ce site a été choisi pour la collaboration régulière des producteurs avec le laboratoire de recherche et d'enseignement en santé et biotechnologie animales (LARESBA) de l'Université Nazi BONI (Bobo-Dioulasso).

Le climat de la province du Houet est caractérisé par l'alternance de deux (2) saisons bien distinctes : (i) une saison sèche relativement longue de quatre (4) à six (6) mois, au cours de laquelle soufflent les vents secs et chauds de l'harmattan ; (ii) une saison pluvieuse longue de six (6) mois au cours de laquelle dominent les vents humides de la Mousson.

Le cumul pluviométrique était de 1 052,8 mm avec 85 jours de pluies enregistrés (DPARAH, 2023). Quant aux sols, une étude du BUNASOLS (1985) indiquait que la zone de Kimidougou disposait de sols ferralitiques faiblement désaturés, remaniés modaux. Ils étaient caractérisés par une texture sablo-limoneuse en surface et limono-argilo-sableuse en profondeur, avec un faible contenu en carbone organique et en azote total.

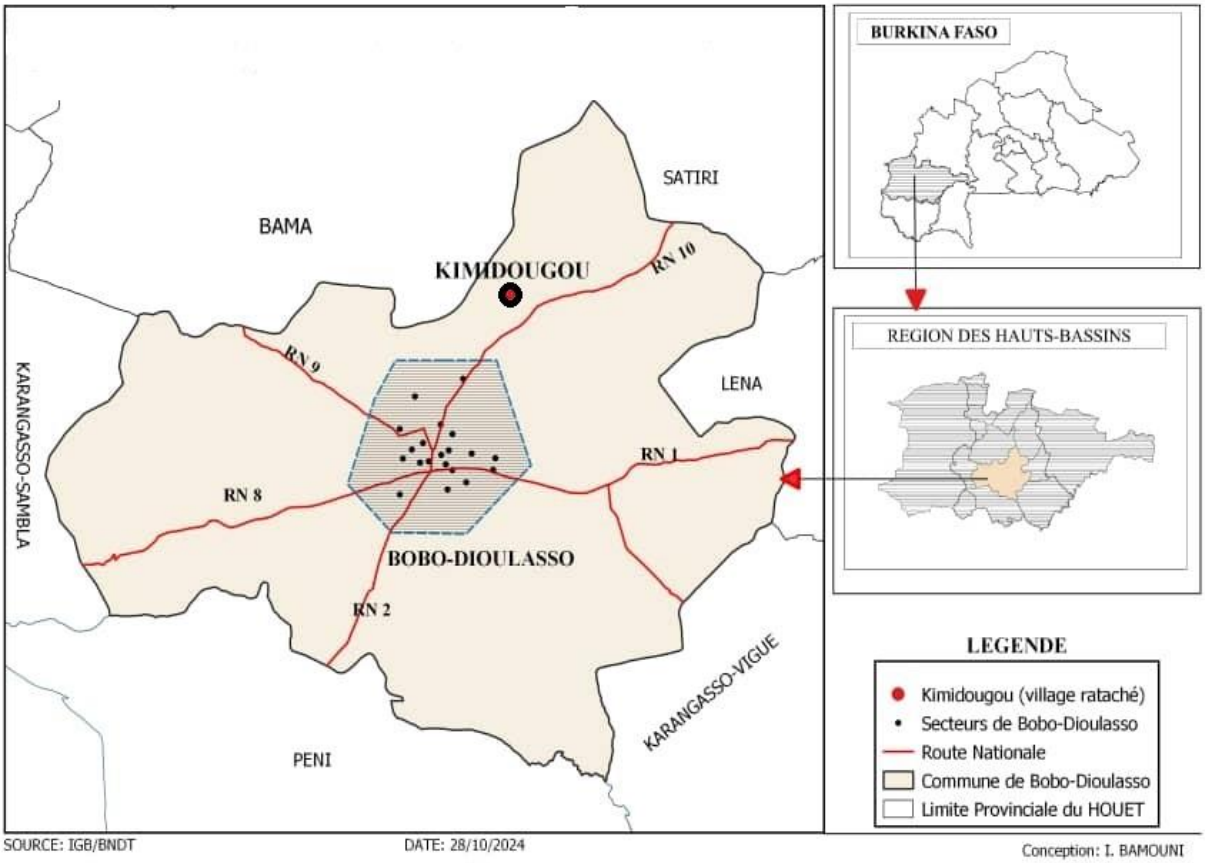

Figure 1. Localisation de la zone d'étude (Adapté par Bamouni, 2024).

2.2. Essai de production fourragère

Choix du matériel biologique

L'identification de quatre (4) graminées fourragères d'intérêt issues de la recherche et vulgarisées au Burkina Faso, a consisté à effectuer une revue de la littérature sur l'ensemble des graminées fourragères pures et à double usage locales ou introduites dans le pays. Cette revue a porté sur les caractéristiques suivantes : l'adaptabilité à la zone agroécologique, la facilité d'installation, l'appétibilité, le rendement en biomasse, le rendement en grains et la valeur nutritive. En effet, César *et al.* (2004) ; César *et al.*

(2009) ; Sana (2015) ; Ouattara (2016) ; Sanon *et al* (2018) ; Traore (2021) et Sawadogo *et al.* (2023) ont largement investigué sur les graminées fourragères locales et introduites dont les principales sont : le *Panicum maximum* Jacq. cv. C1, le *Brachiaria ruziziensis* Germain et Evrard, le *Pennisetum pedicellatum* Trin, l'*Andropogon gayanus* Kunth et le *Pennisetum purpureum* Schumach. Le tableau 1 donne les caractéristiques de quelques graminées fourragères pures ayant fait l'ojet d'investigation pour la récherche burkinabè.

Tableau 1. Caractéristiques de quelques graminées fourragères pures étudiées au Burkina Faso

Espèce	Zone écologique (mm de pluies)	Rendement biomasse t MS/ha	Valeur Nutritive		Références
			UF	MAD	
Brachiaria ruziziensis	1000-1200	5-6	0,44	31,2	Hien 1983
Panicum maximum	850-950	3-4	0,39	34,5	Hien 1983
Pennisetum purpureum	1000-1200	4-5	0,45	72,5	Hien 1983

Sources : Sanon *et al.* (2018).

Légende : UF (Unité fourragère), MAD (Matière Azotée Digestible), CERCI (Centre d'Expérimentation du Riz et des Cultures Irriguées)

Par ailleurs, des auteurs comme César *et al.* (2009) ; Ouboulbiga *et al.* (2015), Sanou (2015) ; Bamouni (2016); Zampaligré *et al.* (2021) ; Kabore (2022) ; Sodre (2022) ; Sanfo (2023) ; César *et al.* (2004) ; ont également investigué sur les variétés améliorées de *Zea mays* Linnaeus et de *Sorghum bicolor* (L.) Moench qualifiées de graminées à double usage ou à double fin. Ces variétés sont entre autres Wari, SR21, Barka et Espoir pour le *Zea mays* Linnaeus ; variété CSV 1049, Sariasso 14, Sariasso 16, Grinkan pour *le Sorghum bicolor* (L.) Moench. Le tableau 2 donne les caractéristiques de quelques graminées fourragères à double usage ayant fait l'objet d'investigation par la recherche.

Tableau 2. Caractéristiques de quelques graminées à double usage étudiées au Burkina Faso

Espèce	Variété	Origine	Cycle de production	Rendement grain (t/ha)	Rendement biomasse (t MS/ha)	MAT (%)	DIVMO (%)
Sorgho	Ponta Negra	EMBRAPA	130	0,4 - 3,0	5,3 – 10	5,0 - 5,5	48 - 49
	Sariasso16	INERA	105 -110	1,5 - 4,4	3,0 - 4,7	3,9 - 4,2	49 - 50
	Grinkan	IER Mali	120	2,5	6,0 – 13,0	8,0	-
Maïs	Barka	INERA	88	2,7 - 5,5	3,0 - 7,3	8,7 - 9,4	52
	Bondofa	INERA	97	2,0 – 5,0	3,0 -5,5	8,0	-
	Espoir	INERA	97	2,1 - 6,5	2,2 - 6,8	7,8 - 8,6	51

Sources : Hien, 1983 ; Sanou, 2015 ; Bamouni, 2022 ; Zampaligré *et al.*, 2021.

Légende : MAT (Matière Azotée Totale) ; DIVMO (Digestibilité In Vitro de la Matière Organique) ; EMBRAPA (Entreprise Brésilienne de Recherche Agronomique), INERA (Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles) ; IER (Institut d'Economie Rurale)

A l'issue de ce travail de recherche documentaire, quatre (4) graminées fourragères ont été retenues pour la présente étude dont deux (2) purement fourragères à savoir le *Panicum maximum* Jacq. cv. C1 et *Brachiaria ruziziensis* Germain et Evrard. Quant aux graminées à double usage, celles retenues étaient : *Zea mays* Linnaeus, var. Espoir, le *Sorghum bicolor* (L.) Moench, var. Grinkan. En effet, ces quatre (4) graminées fourragères ont été choisies pour leurs performances agronomiques intéressantes c'est-à-dire leur rendement en grains et fourrage, leur valeur nutritive intéressante, leur adaptabilité à la zone Ouest du Burkina Faso et surtout reconnues pour leur appétibilité. Ainsi**,** les semences de *Panicum maximum* Jacq. cv. C1, *Brachiaria ruzizienzis* Germain et Evrard et *Sorghum bicolor* (L.) Moench variété Grinkan ont été acquises à la station de l'Institut Environnemental et de Recherches Agricoles (INERA) de Farako-Bâ. Les semences certifiées de *Zea mays* Linnaeus variété Espoir ont quant à elles été acquises auprès des producteurs semenciers.

Caractéristiques des sols et des parcelles

L'étude a été menée sur un sol ferrugineux tropical à caractère vertique. Il s'agit de sol dont la profondeur est limitée par la présence de la cuirasse entre 40 et 100 cm. La texture est argilo-limoneuse avec la présence de concrétions ferrugineuses surtout pour le sol gravillonnaire (BUNASOL, 1985). Les caractéristiques analytiques du type de sol

sont présentées dans le Tableau 3. Il ressort que ce type de sol présente une teneur moyenne en matière organique faible et sont pauvres en azote et en bases échangeables.

Tableau 3. Caractéristiques physico-chimiques du sol ferrugineux à caractère vertique

Caractéristiques	**Profondeurs**			
	0 – 15	15 - 40	40 – 65	65 – 110
Texture				
Argile	29,41	39,22	43,14	39,22
Limon totaux	33,34	27,45	27,45	31,37
Sable	37,25	33,33	29,41	29,41
Matière organique				
Matière organique	1,45	1,21	1,02	0,86
Carbone total	0,84	0,70	0,59	0,50
Azote total	0,066	0,059	0,055	0,051
C/N	13	12	11	10

Source : BUNASOL (1985)

Dispositif expérimental de production des fourrages

Les quatre (4) graminées fourragères à savoir *Zea mays* Linnaeus variété Espoir, *Sorghum bicolor* (L.) Moench variété Grinkan, *Panicum maximum* Jacq. cv. C1 et *Brachiaria* ruziziensis Germain et Evrard ont été produites dans un dispositif en blocs complètement randomisés constitués de douze (12) traitements : quatre (4) variétés de graminées et trois (3) types de fertilisation (TFM : Fumure minérale, TFO : Fumure organique et T0 : sans aucun fertilisant). Ces traitements ont été repris deux (2) fois avec au total vingt-quatre (24) parcelles élémentaires dont chacune mesurant 70 m^2 (10 m x 7 m), répartis en trois (3) blocs séparés d'allées de 3 m avec 1 m d'allées entre les parcelles élémentaires. Dans ce dispositif (Figure 2), trois (3) facteurs ont été étudiés. Le facteur sol supposé constant d'où la randomisation. Le facteur variété, variable c'est-à-dire les quatre (4) graminées retenues et le facteur type de fertilisation utilisé, variable également avec la fertilisation minérale NPK (14-23-14), organique (fumure organique) et sans fertilisation. Dans ce dispositif, il a été question d'évaluer la hauteur des plants, les rendements en biomasse des quatre (4) variétés en fonction des traitements ainsi que leurs valeurs bromatologiques.

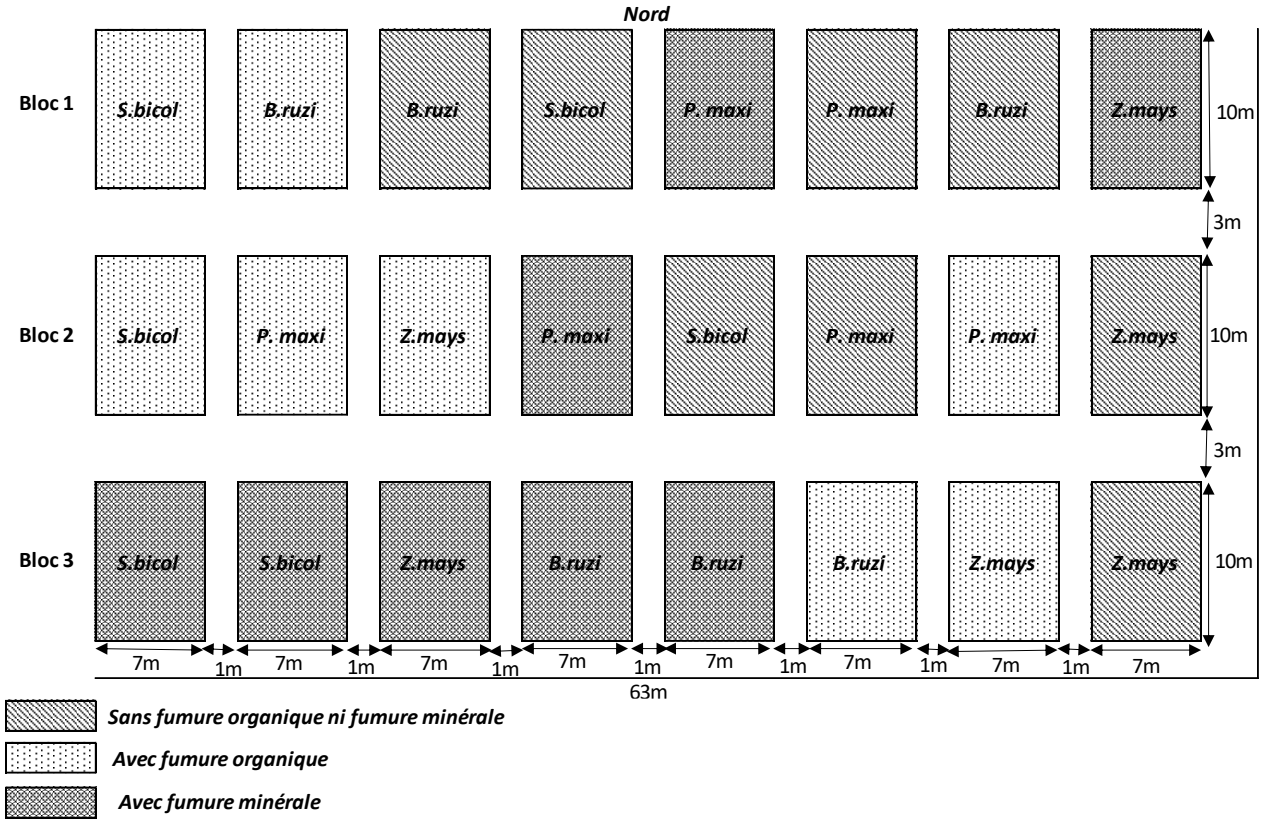

Figure 2. Dispositif expérimental de production des fourrages

Itinéraires techniques

Labour et application de la fumure de fond

Pour la mise en place des cultures, un labour simple avec des bovins de trait a été effectué le 15 juillet 2023, afin d'enfouir les herbes natives et d'ameublir le sol (Boudet, 1991). Ce labour a permis, également d'enfouir la fumure de fond appliquée à la dose de 5 t/ha sur les parcelles élémentaires devant recevoir les graminées. Après le labour, les parcelles ont été aplanies et débarrassée des herbes non enfouies. Les précédents culturaux en années n-1 et n-2 était constituées de légumes fruits à savoir le poivron, les aubergines et les courgettes.

Semis

Les semis ont été effectués manuellement le 17 juillet 2023 à l'aide de pioches et d'un rayonneur avec des éclatements de 40 cm x 40 cm entre lignes et entre poquets pour le *P. maximum* cv. C1 et le *B. ruziziensis* Germain et Evrard (Traoré, 2021). Les doses de semences appliquées étaient de 5 kg/ha pour le *B. ruziziensis* (Husson *et al.*, 2008 ; Nicolas et Martin, 2018) et de 3 kg/ha pour *P. maximum* (Boudet, 1991). Des poquets d'environ 2 cm de profondeurs ont été réalisés à l'aide d'une daba à l'intersection des lignes d'écartement du rayonneur et des pincées de graines correspondant à 0,7 g/poquet ont été déposées.

Quant à *Z. mays* Linnaeus variété Espoir et au *S. bicolor* (L.) Moench variété Grinkan, les semis ont également été effectués à la pioche suivant les écartements de 80 cm entre lignes et 40 cm entre poquets (Sanou, 1993 ; Botorou et Niaba, 2011) à l'aide d'un rayonneur. Les quantités de semis adoptées étaient de 15 kg/ha et 8 kg/ha respectivement pour *Z. mays* Linnaeus variété Espoir et *S. bicolor* (L.) Moench variété Grinkan (Sanou, 1993 ; Botorou et Niaba, 2011). Elles ont été placées à une profondeur d'environ 2 cm sous terre et légèrement recouverte de terre pour faciliter leur germination avec respectivement deux (2) graines par poquet pour *Z. mays* Linnaeus variété Espoir et trois (3) à quatre (4) graines pour *S. bicolor* (L.) Moench variété Grinkan (Sanou, 1993 ; Botorou et Niaba, 2011).

Fertilisation et sarclage manuel

Les parcelles de *P. maximum* et le *B. ruziziensis*, après la germination, ont fait l'objet d'un premier sarclage effectué au 14e jour après semis, suivi de l'application du NPK (14-23-14) au 20e jour après semis à une dose de 100 kg/ha au niveau des parcelles élémentaires devant recevoir l'engrais minérale. Un deuxième sarclage a été effectué au 30e jour après semis. Après la germination, les parcelles de *Z. mays* Linnaeus variété Espoir ont fait l'objet d'un premier sarclage au 14e jour après semi, suivi de l'application du NPK (14-23-14) à la dose de 200 kg/ha autour du 35e jour après semis sur les parcelles devant recevoir de l'engrais minérale NPK selon le dispositif expérimental. Les parcelles ayant précédemment reçu du NPK (14-23-14), ont reçu également 150 kg/ha d'urée de façon fractionnée à raison de 100 kg/ha entre le 25e et 35e jours après semis ; et 50 kg/ha entre le 40e et 45e jour après semis (Sanou, 1993 ; Sanou, 2015).

Après la germination, les parcelles *S. bicolor* (L.) Moench variété Grinkan ont fait l'objet d'un premier sarclage au 14e jour suivi de l'application du NPK (14-23-14) à la dose de 100 kg/ha autour du 35e jour après semis sur les parcelles devant recevoir de l'engrais minérale NPK (14-23-14). Les parcelles ayant précédemment reçu du NPK (14-23-14), ont reçu également de l'urée à raison de 50 kg/ha entre 30 et 35 jours après semis (Sanou, 1993 ; Sanou, 2015).

Mesure de la hauteur des plantes

Elle a consisté dans un premier temps au choix aléatoire et au marquage avec du ruban adhésif de quatre (4) plants (*Z. mays* Linnaeus et *S. bicolor* (L.) Moench), touffes (*B. ruziziensis* Germain et Evrard et *P, maximum* Jacq. cv. C1 par parcelle élémentaire tout en évitants les plants/touffes en bordures. Ensuite, à l'aide d'un ruban métrique gradué en centimètre, la hauteur a été déterminée, mesurant la distance allant du sol jusqu'à la base de la dernière feuille ligulée pour le *Z. mays* Linnaeus et le *S. bicolor* (L.) Moench. Quant au *B. ruziziensis* Germain et Evrard et au *P. maximum* Jacq. cv. C1, la hauteur de la touffe a été déterminée en relevant les feuilles de celle-ci et en mesurant la distance qui sépare l'extrémité des feuilles les plus longues du niveau du sol. Ces mesures ont été faites sur les mêmes plants et touffes marqués respectivement les 15e, 30e, 45e, 60e et 75e jours après semis.

Evaluation de la biomasse fourragère et prélèvement d'échantillons

***Zea mays* Linnaeus et *Sorghum bicolor* (L.) Moench**

La méthode utilisée a été celle de la récolte intégrale à l'intérieur des placettes. En effet, dans chaque parcelle élémentaire, deux (2) carrés de rendement 4 m^2 (2 m x 2 m) ont été posés au hasard par jet de bâton tout en évitant les deux (2) lignes de bordures. Le fourrage dans chaque carré de rendement a été fauché manuellement à l'aide d'une faucille, à une hauteur de coupe de 20 cm et pesé à l'état frais à l'aide d'un peson de portée 50 kg ± 10 g. Deux (2) échantillons représentatifs d'au moins 500 g par traitement ont été prélevés pour la détermination de la matière sèche après séchage au soleil puis à l'étuve à 105 °C pendant 24 heures d'une part et 'pour les analyses bromatologiques après séchage à l'ombre d'autre part.

***Panicum maximum* Jacq. cv. C1 et *Brachiaria ruziziensis* Germain et Evrard**

La méthode utilisée a été celle de la récolte intégrale à l'aide de cadres métalliques de 1 m² (1 m x 1 m) (Grouzis et Levang, 1980 ; Boudet, 1984). Pour cela, deux (2) cadres métalliques ont été déposés dans chaque parcelle élémentaire au hasard par jet de bâton également de sorte à épargner les deux (2) lignes de bordures. Ensuite, à l'intérieur de chaque cadre métallique, la biomasse totale a été fauchée manuellement à l'aide d'une faucille à 10 cm du sol pour éviter le dessouchage et favoriser la repousse satisfaisante (Hien, 1983 ; Boudet, 1991) et pesé à l'état frais à l'aide d'un peson de portée 50 kg ± 10 g. La fauche a eu lieu 08 semaines après le semis, durée qui correspond selon Kouonmenioc *et al.* (2000), au stade propice pour la fauche de la biomasse de *P. maximum* et de *B. ruziziensis*. La biomasse fauchée par carré a été pesée à l'état frais en parcelle à l'aide d'une balance de précision. Deux (2) échantillons représentatifs d'au moins 500 g par traitement et par spéculation ont été prélevés et pour les analyses bromatologiques et pour la détermination de la matière sèche (Figure 3).

Figure 3. Pose de carré de rendement (Bamouni, 2023)

$$TMS(\%) = \frac{Poids\ sec\ échantillon}{Poids\ frais\ échantillon}\ x\ 100$$

$$PB\left(kg\ de\ \frac{MS}{ha}\right) = \frac{Poids\ frais\ x\ TMS}{100}$$

Source : Grouzis et Levang, (1980) ; Boudet, 1984 ; Sib *et al.* (2017)
TMS : Taux de Matière Sèche
PB : Production de Biomasse

2.3. Production d'ensilage

Dispositif expérimental

La production d'ensilage s'est faite suivant un dispositif simple, c'est-à-dire selon les quatre (4) types de spéculation avec au total huit (8) fûts en raison de deux (2) fûts par spéculation.

Méthodologie de production d'ensilage en fûts plastiques

La production de l'ensilage s'est faite suivant plusieurs étapes qui étaient :
Fauche

L'intégralité des fourrages des différents traitements témoins T0 de chacune des quatre (4) spéculations a été fauchée selon la même hauteur de coupe lors de la pose des carrés de rendements afin d'éviter de ramasser de la terre pourrait éventuellement contaminer le fourrage avec des bactéries telluriques.

Transport

Après la fauche, une charrette asine a été utilisée pour acheminer le fourrage de la parcelle expérimentale au chantier d'ensilage. Puis, le fourrage fauché a été étalé sur des bâches en plastique afin d'empêcher le contact du fourrage avec le sol pour un pré-fanage avant la découpe et le remplissage en fûts.

Découpe et pré-fanage du fourrage

Le fourrage frais avec un taux d'humidité d'au moins 75 % a été soumis à un premier pré-fanage, ensuite ramassé soigneusement par tas puis passé dans la trémie du chopper afin d'être découpé en fins morceaux. Après l'étape du hachage, un second pré-fanage de 48 h au plus a été effectué afin d'avoir le taux optimum pour passer au remplissage des fûts (Figure 4).

Figure 4. Découpe du fourrage avec le Chopper (Bamouni, 2023)

Détermination du taux d'humidité

Pour s'assurer du taux optimum d'humidité du fourrage requis pour la mise en fûts, nous avions procédé à la détermination du taux d'humidité de celui-ci et continu à un pré-fanage avant de l'ensiler (Figure 5). Pour se faire, une quantité d'au moins 500 g de fourrage à l'état frais a été prélevé puis pré-fané concomitamment avec le reste du fourrage à ensiler. Ensuite, après 48h de pré-fanage, l'échantillon a été pesé à nouveau afin de déduire le taux d'humidité à l'aide de la formule ci-dessous. Par ailleurs, le Tableau 4 ci-dessous donne les taux optima pour ensiler les fourrages des quatre (4) espèces étudiées.

$$\%H = \frac{\mathrm{m1} - \mathrm{m2}}{\mathrm{m1}} \times 100$$

m^1 étant le poids frais de l'échantillon initial
m^2 étant le poids sec de l'échantillon final (Van Soest, 1994).

Figure 5. Pré-fanage du fourrage haché (Bamouni, 2023)

Remplissage des fûts

Cette opération a consisté, après l'obtention des taux d'humidité optimum, dans un premier temps, au nettoyage des fûts puis à la disposition des sacs de fond en film plastiques à l'intérieur de ceux-ci pour créer les meilleures conditions d'anaérobiose (Figure 6). Ensuite, il a été procédé au remplissage des fûts de façon progressive, c'est-à-dire couche par couche, en prenant les soins d'effectuer un bon tassement aux pieds et au pilon après chaque couche et jusqu'au remplissage desdits fûts. Les sacs de fond en film plastique ont été pliés et les bordures et scellés d'abord avec du ruban adhésif avant de recouvrir les fûts avec leurs couvercles dont les bordures ont également été scellées au ruban adhésif.

Figure 6. Fermeture des fûts (Bamouni, 2023)

Entreposage et ouverture des fûts

Après le chantier d'ensilage, les fûts ont été pesés individuellement puis entreposés à l'abri du soleil en attendant la maturation. L'ouverture des fûts et le prélèvement des échantillons d'ensilage pour les analyses bromatologiques ont été effectués au 10e mois puis, les échantillons ont été prélevés de façon éparse suivant différentes couches dans les fûts.

2.4. Évaluation de la valeur nutritive du fourrage vert et de l'ensilage

Au total, (12) échantillons de fourrages verts récoltés ont été prélevés conformément au nombre de traitements. Quant à d'ensilage, quatre (4) échantillons correspondant au nombre d'espèces fourragères cultivées ont été prélevés. Les échantillons destinés à la détermination de la valeur nutritive du fourrage ont été séchés à l'ombre jusqu'à l'obtention d'un poids sec constant. Ils ont ensuite été broyés à l'aide d'un broyeur à marteau de laboratoire à tamis de maille de 1 mm. La composition chimique des échantillons a été déterminée par la méthode NIRS (Near Infrared Spectroscopy) par le scannage des échantillons et l'utilisation de l'équation BF Global Feed calibration de ILRI (International Livestock Research Institute). C'est une méthode basée sur le fait que chacun des composés biochimiques majeurs d'un échantillon a une propriété d'absorption du rayonnement dans le proche infrarouge. Le spectre obtenu à partir de l'échantillon analysé est comparé à une base de données de référence (Balehegn, *et al.,* 2022). Les proportions des paramètres suivants ont été déterminés : la matière sèche (MS) (%), la matière minérale (MM) (%), l'azote, le neutral detergent fiber (NDF) (%), l'acid detergent fiber (ADF) (%), l'acid detergent lignin (ADL) (%), l'énergie métabolisable (EM) (MJ/kg MS) et la digestibilité *in vitro* de la matière organique digestible (IVOMD) (%).

2.6. Analyses statistiques des données

Une équation mathématique de type linéaire à deux (2) facteurs croisés (espèce × fertilisation) a été formulée pour évaluer l'effet de trois (3) types de fertilisation (témoin, minérale et organique) sur la hauteur des plants et le rendement en biomasse de quatre (4) espèces fourragères (*Z. mays* Linnaeus, *S. bicolor* (L.) Moench, *B. ruziziensis* Germain et Evrard, *P. maximum* Jacq. cv. C1. Les facteurs supposés variables sont les espèces végétales expérimentés, le type de fertilisation et éventuellement leur interaction tandis que le facteur sol est supposé contant avec la randomisation. L'équation formulée est la suivante :

$$Yijk = \mu + \alpha i + \beta j + (\alpha\beta)ij + \varepsilon ijk$$

$\boldsymbol{Y}ijk = observations\ rendements(t/ha)\ ou\ hauteurs(cm)$
$\boldsymbol{\mu}: moyenne\ générale$
$\boldsymbol{\alpha}i = \ effet\ fixe\ de\ l'espècei\ (i = 1 \ldots 4)$
$\boldsymbol{\beta}j = \ effet\ fixe\ de\ l'espècei\ (i = 1 \ldots 3)$
$(\boldsymbol{\alpha\beta})ij = \ interaction\ espèce\ \times\ fertilisation$
$\boldsymbol{k} = \ \ indice\ de\ la\ répétition\ (i = 1 \ldots 2)$
$\boldsymbol{\varepsilon}ijk\ :\ erreurs\ indépendantes$

Ensuite, les données ont ensuite été saisies sur le tableur Excel 2024 et le logiciel XLSTAT version 2016 a été utilisé pour les analyses descriptives et inférentielles. Pour les analyses inférentielles, une analyse de la variance (ANOVA) a été réalisée après vérification de la normalité et de l'homogénéité des variances respectivement avec les tests de Shapiro-Wilk et Levene. Les variables dépendantes étaient, la hauteur des plantes (cm), les rendements en biomasses (kg/ha), les MS (%), les MM ((%), les N (%), les NDF (%), les ADL (%), les ADL (%), les EM (M j/kg MS), et les DIVMO (%). Enfin, les moyennes ont été comparées par paire en fonction des espèces et des types de fertilisations à l'aide du test de comparaison Tukey HSD au seuil de 5 % ($p < 0,05$).

3. RÉSULTATS

3.1. Effets des types de fertilisation sur les hauteurs finales des espèces cultivées

Les effets des types de fertilisations sur les hauteurs finales des espèces cultivées sont présentés dans le tableau 4 ci-dessous. Les résultats montrent que la fertilisation minérale (TFM) et la fertilisation organique (TFO) n'ont pas influé significativement sur les hauteurs finales des plants de *Z. mays* Linnaeus (173,06 ± 21,44 cm ; 129,75 ± 13,87 cm) et des touffes de *P. maximum* Jacq. cv. C1 (142,75 ± 8,25 cm ; 124,19 ± 5,06 cm) et *B. ruziziensis* Germain et Evrard (109,87 ± 5,50 cm ; 102,50 ± 5,75 cm), contrairement au *Sorghum bicolor* (L.) Moench où les traitements TFM et TFO ont influé significativement sur les hauteurs finales des plants comparativement au traitement témoin (T0 : 81,75 ± 2,75 cm). En outre, les analyses statistiques n'ont montré aucune différence significative entre les hauteurs finales des plants de *Sorghum bicolor* (L.) Moench des traitements TFM (132,75 ± 11,62 cm) et TFO (134,37 ± 3,12 cm).

Tableau 4. Effet des types de fertilisation sur les hauteurs finales des plants/touffes

Traitements	Maïs (cm)	Sorgho (cm)	Panicum (cm)	Brachiaria (cm)
FM	173,06 ± 21,44[a]	132,75 ± 11,62 [a]	142,75 ± 8,25 [a]	109,87 ± 5,50 [a]
FO	129,75 ± 13,87 [a]	134,37 ± 3,12 [a]	124,19 ± 5,06 [a]	102,50 ± 5,75 [a]
T0	102,12 ± 17,00 [a]	81,75 ± 2,75 [b]	112,12 ± 5,87 [a]	89,44 ± 0,69 [a]

Dans la même colonne les moyennes appartenant au même groupe d'espèce et portant les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% (p<0,05) selon le test de de Tukey HSD (Honest Significant Difference).
Légende : FM (Fumure minérale) ; FO (Fumure Organique) et T0 (Traitement témoin) ; kg (kilogramme) ; MS (Matière Sèche) ; ha (hectare).

3.2. Effets des types de fertilisation sur les rendements biomasse des espèces cultivées

Les effets des types de fertilisations sur les rendements biomasse sont présentés dans le tableau 5. Les résultats montrent que la fertilisation minérale (TFM) a agi significativement sur les rendements en biomasses de chacune des quatre (4) espèces fourragères comparativement au traitement Témoin ($P \leq 0,05$). Par ailleurs, la fumure minérale a induit des rendements en biomasse supérieur par rapport à celle organique sans différence ($P > 0,05$). Ce constat est d'autant plus remarquable pour *Z. mays* Linnaeus (12 632,85 ± 351,75 kg MS/ha) et *S. bicolor* (L.) Moench (14 242,38 ± 439,34 kg MS/ha). Quant à la fertilisation organique, elle a également eu un effet significatif sur les rendements en biomasses de trois (3) espèces (*Z. mays* Linnaeus, *B. ruziziensis* Germain et Evrard et *P. maximum* Jacq. cv. C1 comparativement au traitement témoin (aucune fertilisation). Par contre, pour *S. bicolor* (L.) Moench, les analyses statistiques n'ont établi aucune différence significative ($P > 0,05$) entre les rendements biomasses des traitements témoin (10 044,99 ± 913,95) et ceux de la fumure organique (11 365,14 ± 296,19). En outre, aucune différence n'a été observée respectivement au niveau des rendements biomasses des traitements fumure minérale et celle organique pour le *B. ruziziensis* Germain et Evrard (7 264,42 ± 517,62 kg MS/ha ; 7 761,85 ± 95,85 kg MS/ha) ainsi que le *P. maximum* Jacq. cv. C1. (9 989,40 ± 421,40 kg MS/ha ; 10 398,80 ± 154,80 kg MS/ha).

Tableau 5. Effet des types de fertilisation sur les rendements biomasses

Traitements	Maïs (kg MS/ha)	Sorgho (kg MS/ha)	Panicum (kg MS/ha)	Brachiaria (kg MS/ha)
FM	12 632,85 ± 351,75[a]	14 242,38 ± 439,34[a]	9 989,40 ± 421,40[a]	7 264,42 ± 517,62[a]
FO	9 176,50 ± 286,40[b]	11 365,14 ± 296,19[ab]	10 398,80 ± 154,80[a]	7 761,85 ± 95,85[a]
T0	5 208,40 ± 198,50[c]	10 044,99 ± 913,95[b]	6 594,20 ± 168,20[b]	4 926,30 ± 123,70[b]

Dans la même colonne les moyennes appartenant au même groupe d'espèce et portant les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % (p<0,05) selon le test de de Tukey HSD (Honest Significant Difference).

Légende : FM (Fumure minérale) ; FO (Fumure Organique) et T0 (Traitement témoin) ; kg (kilogramme) ; MS (Matière Sèche) ; ha (hectare)

Les figures 7, 8, 9 et 10 présentent les parcelles de *Brachiaria*, *Panicum*, maïs et sorgho.

Figure 7. Parcelle de Brachiaria à 8 S (Bamouni, 2023)

Figure 8. Parcelle de Panicum à 8 S (Bamouni, 2023)

Figure 9. Parcelle de Maïs à 8 S ((Bamouni, 2023)

Figure 10. Parcelle de Sorgho à 8 S (Bamouni, 2023).

3.3. Effets des types de fertilisation sur la valeur nutritive des espèces cultivées

Les résultats consignés dans le tableau 6 ci-dessous indiquent que le type de fertilisation n'a eu aucun effet (P > 0,05) sur la proportion de matière sèche (MS), matière minérale (MM) azote (N), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), acid detergent lignin (ADL), Energie Métabolisable (EM), *in vitro* organic matter digestibility (IVOMD) des échantillons analysés et montrent que la valeur nutritive des espèces cultivées n'a pas changé en fonction de la fertilisation (Tableau 7). Les teneurs ont été respectivement de 92 à 95 %MS, 7 à 16 %MM, 0,64 à 2 %N, 60 à 70 % NDF, 37 à 46%ADF, 3 à 4,50 % ADL, 7 à 7,60 %'EM et de 50 à 55 %IVOMD. Par ailleurs, pour les graminées à double usage comme *Z. mays* Linnaeus, des proportions les plus élevées des paramètres nutritifs (MM, N, NDF, ADL, IVOMD) ont été observées par rapport à celles de *S. bicolor* (L.) Moench. Quant aux graminées purement fourragères, *B. ruziziensis* Germain et Evrard se distingue avec des proportions les plus élevées (MM, N, NDF, ADF, ADL, EM, IVOMD) par rapport à celles de *P. maximum* Jacq. cv. C1.

Tableau 6. Effet des traitements sur la valeur nutritive des graminées fourragères testées

Traitements	MS (%)	MM (%)	N (%)	NDF (%)	ADF (%)	ADL (%)	EM (MJ/kg MS)	DIVMO (%)
Maïs								
FM	92,23 ± 0,01 [a]	15,25 ± 0,13 [a]	2,13 ± 0,02 [a]	60,46 ± 0,13 [a]	37,59 ± 0,02 [a]	3,61 ± 0,14 [a]	7,55 ± 0,04 [a]	54,89 ± 0,01 [a]
FO	91,54 ± 0,09 [a]	14,78 ± 0,23 [a]	1,50 ± 0,02 [a]	61,39 ± 0,02 [a]	40,95 ± 0,04 [a]	3,90 ± 0,04 [a]	7,39 ± 0,05 [a]	53,04 ± 0,11 [a]
T0	92,42 ± 0,14 [a]	14,18 ± 0,05 [a]	1,71 ± 0,02 [a]	63,17 ± 0,19 [a]	39,44 ± 0,30 [a]	3,32 ± 0,09 [a]	7,50 ± 0,04 [a]	53,60 ± 0,22 [a]
Sorgho								
FM	94,18 ± 0,03 [a]	9,08 ± 0,07 [a]	1,07 ± 0,01 [a]	66,47 ± 0,45 [a]	39,22 ± 0,13 [a]	4,11 ± 0,13 [a]	7,54 ± 0,02 [a]	50,71 ± 0,30 [a]
FO	93,71 ± 0,13 [a]	8,14 ± 0,07 [a]	0,80 ± 0,02 [a]	66,22 ± 0,20 [a]	38,78 ± 0,45 [a]	4,49 ± 0,17 [a]	7,60 ± 0,01 [a]	50,80 ± 0,22 [a]
T0	93,75 ± 0,00 [a]	7,66 ± 0,00 [a]	0,64± 0,00 [a]	66,84 ± 0,00 [a]	38,86 ± 0,00 [a]	3,83 ± 0,00 [a]	7,56 ± 0,00 [a]	50,40 ± 0,00 [a]
Panicum								
FM	92,36 ± 0,06 [a]	13,75 ± 0,18 [a]	1,53 ± 0,02[a]	69,90 ± 0,61[a]	44,95 ± 0,02 [a]	3,79 ± 0,11 [a]	7,12 ± 0,02 [a]	50,72 ± 0,07 [a]
FO	92,61 ± 0,04 [a]	13,32 ± 0,06 [a]	1,44 ± 0,02 [a]	70,15 ± 0,16 [a]	45,99 ± 0,00 [a]	4,35 ± 0,10 [a]	7,09 ± 0,05 [a]	50,51 ± 0,10 [a]
T0	92,59 ± 0,01 [a]	13,30 ± 0,02 [a]	1,58 ± 0,00 [a]	68,23 ± 0,12 [a]	44,35 ± 0,32 [a]	4,10 ± 0,06 [a]	7,29 ± 0,00 [a]	50,85 ± 0,02 [a]
Brachiaria								
FM	92,58 ± 0,01 [a0]	15,36 ± 0,04 [a]	1,64 ± 0,02 [a]	62,49 ± 0,00 [a]	37,74 ± 0,06 [a]	3,06 ± 0,12 [a]	7,55 ± 0,03 [a]	54,57 ± 0,20 [a]
FO	92,81 ± 0,11 [a]	15,43 ± 0,15 [a]	1,49 ± 0,03 [a]	63,03 ± 0,04 [a]	39,19 ± 0,01 [a]	3,03 ± 0,05 [a]	7,53 ± 0,02 [a]	54,03 ± 0,15 [a]
T0	92,51 ± 0,04 [a]	15,86 ± 0,04 [a]	1,74 ± 0,00 [a]	61,69 ±0,02 [a]	39,38 ± 0,03 [a]	3,19 ± 0,04 [a]	7,50 ± 0,03 [a]	54,26 ± 0,03 [a]

Dans la même colonne les moyennes appartenant au même groupe d'espèce et portant les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% (p<0,05) selon le test de de Tukey HSD (Honest Significant Difference).

Légende : FM (Fumure minérale) ; FO (Fumure Organique) et T0 (Traitement témoin) ; MJ (Mégajoules) ; kg (Kilogramme) ; MS (Matière Sèche) ; MM (Matière Minérale) ; N (Azote) ; NDF (Neutral Detergent Fiber) ; ADF (Acid Detergent Fiber) ; ADL (Acid Detergent Lignin) ; EM (Energie Métabolisable) ; DIVMO (Digestibilité In Vitro de la Matière Organique

4. DISCUSSION

4.1. Effets des types de fertilisation sur les hauteurs finales des espèces cultivées

Les résultats montrent que les hauteurs finales du *Z. mays* Linnaeus, du *P. maximum* Jacq. cv. C1 et du *B. ruziziensis* Germain et Evrard ne sont pas influencées ni par la fertilisation minérale (200 kg NPK (14-23-14) / ha, 100 kg d'urée/ha) pour le *Z. mays* Linnaeus, 100 kg NPK (14-23-14) /ha pour le *P. maximum* Jacq. cv. C1 et le *B. ruziziensis* Germain et Evrard, ni par la fertilisation organique (5 t/ha) de fumure organique pour *Z. mays* Linnaeus, *P. maximum* Jacq. cv. C1 et *B. ruziziensis* Germain et Evrard. Ces résultats sont contraires à ceux obtenus par Sawadogo *et al.* (2023) qui ont noté une évolution significative pour *P. maximum* Jacq. cv. C1 (45,13 ± 9,99 cm contre 69,00 ± 25,68 cm) avec du NPK (23-10-05) à la même dose et à huit (8) semaines également. Cette différence pourrait s'expliquer d'une part par les conditions édaphiques et d'autre part par la formulation du NPK ((23-10-05) utilisé qui contiendrait de l'azote (N) en proportion plus élevée que la formulation de celle utilisée dans la présente étude. Pour ce qui est de *Z. mays* Linnaeus, les présents résultats sont contraires à ceux de Diasso *et al.* (2020) qui ont noté une hausse de la hauteur des plants de *Z. mays* Linnaeus à la dose de 62,5 kg NPK (14-23-14) /ha appliquée au semis (micro-dose de 1 g/pocket). En revanche, la fertilisation minérale (100 kg NPK (14-23-14) /ha ; 50 kg Urée/ha) et celle organique (5 t/ha) ont eu des effets influés significatifs sur la hauteur des plants de *S. bicolor* (L.) Moench. Ces résultats sont similaires à ceux obtenus à ceux de Diasso *et al.* (2020) qui avait noté une hausse de la hauteur des plants de *S. bicolor* (L.) Moench à la dose de 62,5 kg NPK (14-23-14) /ha appliquée au semis (micro dose de 2 g/pocket) avec un complément de 1 g d'urée/pocket. En effet, Traoré *et al.* (2000) stipulent que le sorgho répond positivement à l'apport d'azote (N), de phosphore (P) et de potassium (K) et que l'azote favorise la formation de biomasse foliaire, le phosphore stimule le développement racinaire, et le potassium améliore la tolérance au stress hydrique. Ces résultats pourraient également être imputés partiellement à la qualité des semences améliorées et à la bonne pluviométrie dans la zone d'étude qui était de 1 052,8 mm avec 85 jours de pluies enregistrés (DPARAH, 2023).

4.2. Effets des types de fertilisation sur les rendements biomasse des espèces cultivées

Les résultats montrent que la fertilisation minérale aux doses de 200 kg NPK (14-23-14)/ha, 100 kg d'urée/ha pour *Z. mays* Linnaeus, 100 kg NPK (14-23-14)/ha, 50 kg d'urée/ha pour *S. bicolor* (L.) Moench a permis une augmentation significative de la production de biomasse de ces deux (2) espèces, contrairement à la fertilisation organique à la dose de 5 t/ha qui n'a pu induire un effet significatif sur les rendements en biomasses desdites espèces. Quant au *B. ruziziensis* Germain et Evrard et au *P.*

maximum Jacq. cv. C1, la fertilisation minérale à la dose de 100 kg/ha NPK (14-23-14) et la fertilisation organique à la dose de 5 t/ha ont permis une augmentation significative de la production de biomasse pour ces deux espèces. Les présents résultats sont similaires à ceux de Taonda *et al.* (2015) qui affirmaient que l'apport de fertilisants minéraux favorise la production de biomasse. Il en est de même pour Sana (2015) ayant obtenu sur *Panicum maximum* Jacq. cv. C1, des résultats similaires à la même dose de NPK. Cependant, les résultats de la présente étude sont contraires à ceux de Traoré (2021) et de Sawadogo *et al*. (2023) qui ont trouvé que l'apport de NPK à la dose de 100 kg/ha n'induit pas d'augmentation significative de la production de biomasse de *P. maximum* Jacq. cv. C1 et de *B. ruziziensis* Germain et Evrard. Cela pourrait être lié d'une part, aux conditions édaphiques compte tenu du fait que les parcelles de la station de Farako-Bâ sont très sollicitées et d'autre part, à la formulation du NPK (23-10-05) utilisé dans leur étude qui n'offre pas assez de Potassium par rapport à celle de cette étude. En effet, Tendonkeng *et al.* (2009) ont montré que la fertilisation potassique (K) améliore le rythme d'apparition et d'élongation des feuilles, ainsi que la biomasse de fourrage du *P. maximum* Jacq. cv. C1 et du *B. ruziziensis* Germain et Evrard. Pour ce qui est du *Z. mays* Linnaeus et du *S. bicolor* (L.) Moench, la fertilisation organique n'a pas eu un effet significatif sur la production de biomasse compte tenu du fait que les fertilisants organiques libèrent lentement les nutriments dont bénéficient les cultures des saisons suivantes. En effet, selon Guindo *et al.* (2024), les fertilisants organiques jouent un rôle d'amendement en priorité c'est-à-dire optimisent la structure du sol en réduisant sa densité, en améliorant l'agrégation tout en minimisant les pertes hydriques et disponibilisent en suite en année n+1 les nutriments.

4.3. Effets des types de fertilisation sur la valeur nutritive d des espèces cultivées

Les résultats montrent que la fertilisation minérale aux doses de 200 kg NPK (14-23-14)/ha, 100 kg d'urée/ha pour le *Zea mays* Linnaeus, 100 kg NPK (14-23-14)/ha, 50 kg d'urée/ha pour le *S. bicolor* (L.) Moench et 100 kg NPK (14-23-14)/ha pour le *Brachiaria ruziziensis* Germain et Evrard et le *Panicum maximum* Jacq. cv. C1 et la fertilisation organique à la dose de 5 t/ha n'ont permis aucune amélioration significative de la valeur nutritive de chacune des quatre (4) espèces produites. Ces résultats sont similaires avec ceux obtenus par Millogo *et al.* (2021) avec *Z mays* Linnaeus variété SR21 et le *S. bicolor* (L.) Moench (Sariasso 16) ainsi que ceux obtenus par Sana (2015), Traoré (2021) et Sawadogo *et al.*, (2023) avec le *P. maximum* Jacq. cv. C1 maximum Jacq. cv. C1 et *Brachiaria ruziziensis* Germain et Evrard. Cela pourrait s'expliquer d'une part par la période de récolte pour *Z. mays* Linnaeus et *S. bicolor* (L.) Moench où tous les principes nutritifs pourraient migrer vers les graines car selon Dulphy et Démarquilly (1973) et Smith (1992), cette migration entraine une diminution de la teneur en protéine et une augmentation des fibres des fourrages. D'autre part, cela pourrait s'expliquer par le fait que les doses des types de fertilisant appliquées sont insuffisantes pour induire un accroissement de la valeur nutritive de la biomasse produite. En effet selon Blouklounon *et al.* (2016), la fertilisation minérale peut induire une amélioration de la valeur nutritive notamment une augmentation de la teneur en protéines brutes car l'azote (N) stimule la synthèse de protéines végétales et une diminution des fibres digestibles (NDF, ADF), améliorant ainsi la digestibilité.

4.4. Effets du processus d'ensilage sur la valeur nutritive des espèces cultivées

Les résultats montrent que le processus d'ensilage n'a permis aucun accroissement significatif ni aucune diminution significative de la valeur nutritive de chacune des quatre (4) espèces produites et ensilés. Ces résultats sont en accord avec ceux obtenus par Millogo *et al.* (2021) avec *Z. mays* Linnaeus (SR21) et *S. bicolor* (L.) Moench variété Sariasso 16 ainsi que de ceux de Sissao *et al.* (2024) avec *P. pedicellatum* Trin. Cependant, la légère hausse de la proportion de MS s'expliquerait selon Dulphy et Démarquilly (1973) d'une part à la forte température tropicale qui entraîne la déshydratation du fourrage. En effet, selon Muck (2010) qui affirme que durant la fermentation anaérobie provoquée par les bactéries lactiques pendant le processus d'ensilage, il se produit de la chaleur et des pertes gazeuses (CO_2, méthane), ce qui diminue la matière sèche initiale du fourrage. Quant à la légère baisse de la teneur en N, cela pourrait être dû selon Démarquilly *et al.* (1973) d'une part à la forte température en milieu tropicale et d'autre part à la durée de conservation. Par ailleurs, la baisse de la teneur en azote (N) pourrait être dû à l'action des bactéries selon Wilkinson (2005), Muck (2010) et Kung *et al.* (2018) qui affirment que pendant le processus d'ensilage, certaines bactéries notamment des bactéries protéolytiques et des bactéries clostridiennes dégradent les protéines végétales en peptides, acides aminés, puis en composés azotés non protéiques, augmentant ainsi la fraction azotée soluble d'où, la diminution la teneur en azote (N) sous forme de protéines utilisables par l'animal. En outre, le type de silo influence la qualité de l'ensilage, notamment la conservation de la matière sèche (MS) et la teneur en azote (N). En effet, Millogo *et al*. (2021) ont montré que les silos en sacs plastiques et en fûts plastiques assurent une meilleure étanchéité à l'air et une fermentation

anaérobie rapide, limitant les pertes de matière sèche par respiration et oxydation. Comparativement au silo fosse ou l'insuffisance de tassement et la mauvaise herméticité peuvent entrainer des pertes plus élevées de MS et en N dues à la pénétration d'oxygène, favorisant la croissance de microorganismes aérobies et la fermentation indésirable (Dulphy et Démarquilly, 1973). Enfin, nous pouvons déduire de l'efficacité de la technologie d'ensilage en fûts plastiques développée par le projet de mécanisation agricole appropriée en abrégée ASMC.

5. CONCLUSION

La fertilisation minérale ou organique a eu un effet significatif sur le rendement en biomasse des graminées fourragère testées dans le cadre de cette étude mais pas sur leurs valeurs nutritives. En effet, *S. bicolor* (L.) Moench produit plus de biomasse que *Z. mays* Linnaeus en fertilisation minérale. Cependant, du point de vue de la valeur nutritive, *Z. mays* Linnaeus a donné des proportions nettement est plus élevées par rapport au *S. bicolor* (L.) Moench. Par ailleurs, *P. maximum* Jacq. cv. C1 et *B. ruziziensis* Germain et Evrard répondent peu favorablement à la fertilisation minérale ou organique. Dorénavant, leur production ne nécessiterait pas l'achat de fertilisant minéral pour un producteur produisant ou disposant de la fumure organique. En termes de production de biomasse, *P. maximum* Jacq. cv. C1 maximum Jacq. cv. C1 présente de meilleurs rendements que *B. ruziziensis* Germain et Evrard mais *Brachiaria ruziziensis* Germain et Evrard présente de meilleures proportions en termes de valeurs nutritives.

Les quatre (4) graminées fourragères ici étudiées sont donc très intéressantes du point de vue de production de la biomasse plus que sur le plan de la valeur nutritive. Sur la base de ces résultats, *Z. mays* Linnaeus et *B. ruziziensis* Germain et Evrard se démarquent par leurs valeurs nutritionnelles. Ce qui confirme l'hypothèse de recherche et répond à la question posée. En outre, le processus d'ensilage conserve mieux la valeur nutritive du fourrage initial nonobstant une légère fluctuation des teneurs en matière sèche et en azote après ledit processus. On peut conclure que les quatre (4) graminées fourragères déterminées à partir des résultats de la recherche au Burkina Faso et testées dans la présente étude s'adaptent bien à la technique d'ensilage en fûts plastiques. Ces espèces peuvent être utilisés pour la production d'ensilage à grande échelle pour l'alimentation des bovins de trait et des vaches laitières, essentiels à la production végétale et animale.

Remerciements

Ce travail a été réalisé grâce au projet de mécanisation agricole appropriée (ASMC : appropriate scale mechanization consortium) financé par l'Agence Américaine de Coopération Internationale (USAID-cooperative agreement N°. AID-O-AA-L-14-00006 subaward 201506391-07-00 FE) phase II subaward N°-RC112061. Les auteurs remercient également les Agents de l'Université Nazi Boni et l'USAID pour leur soutien financier.

Ils remercient aussi technicien laboratoire de production animale de l'Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA-Farako-Bâ) pour les analyses bromatologiques des fourrages verts et de l'ensilage effectuées par la méthode de spectrométrie proche infrarouge (SPIR). Enfin, ils remercient tous les éleveurs du camp peulh de Kimidougou pour leur merveilleuse collaboration en nous disponibilisant le champ expérimental et la main d'œuvre pour les opérations culturales et la production d'ensilage.

Références:

Bamouni I., 2016. Etude diagnostique des technologies de cultures fourragères au sein des exploitations agropastorales dans la province du Houet. Mémoire d'Ingénieur de conception du développement rural. IDR-UNB, Bobo-Dioulasso, 72 p.

Bamouni I., 2022. Analyse de la sélection d'options réalisables de cultures fourragères pour l'amélioration de l'alimentation des vaches en lactation à l'ouest du Burkina Faso dans un processus de co-conception d'innovations agricoles. Mémoire de Master en Elevage Environnement et Développement Durable. IDR-UNB, Bobo-Dioulasso, 76 p.

Boudet G., 1984. Manuel sur les pâturages tropicaux et les cultures fourragères. *Ministère de la Coopération IEMVT*, 254 p.

Bloukounon A. Y. G., Saïdou A., S. Babatounde S., Balogoun I., Arakogne S., Kassavi E., Adegbidi A., *et al*., 2015. Influence de la fumure NPK et des déjections de petits ruminants sur la productivité et la valeur fourragère du maïs et de l'arachide dans le sud du Bénin. *Annales des Sciences Agronomiques, 19(2): 213-238 ISSN 1659 - 5009.*

Boudet G., 1991. Pâturages tropicaux et cultures fourragères. *Institut d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, 266 p.

Botorou Ouendeba & Niaba Teme 2011. Fiche de production et de commercialisation du Sorgho grinkan. 8p.

BUNASOL (Bureau National des Sols), 1985. Etat de connaissance de la fertilité des sols au Burkina Faso. *Document technique N°1 ;* 50 p. + annexes.

César J., Ehouinsou M. & Gouro A., 2004. Production fourragère en zone tropicale et conseils aux éleveurs. PROCORDEL, *Conseils et formation en appui à la production laitière, CIRDES*, 48 p.

César J., Kanwe A., Zongo L. & Akoudjim M., 2009. Expérimentations en cultures fourragères dans la région *de Bobo-Dioulasso. Bobo-Dioulasso : CIRDES - Urpan / CIRAD*, 8 p.

Démarquilly C., (1973). Principe de base de l'ensilage. *Fourrages*, 56, 15-26.

Denoncourt P., 2002. La conservation de l'ensilage par un bioenrobage. *Mémoire, Microbiologie appliquée. Québec*, 218 p.

Diasso B., Kaboré D. & Traoré S., 2020. The determinants of fertilizer micro dosing adoption and impact on sorghum and maize yields in Burkina Faso. *Journal of Economics and Sustainable Development*, 11(5), 1–15. DOI : 10.7176/JESD/11-6-13.

DPARAH (Direction Provinciale de l'Agriculture, des Ressources Animales et Halieutiques), (2023). *Rapport annuel*, 36 p.

Dulphy J.-P. & Démarquilly C., 1973. Principe de base de l'ensilage. *Fourrages*, 56, 15-26.

Grouzis M. & Levang P., 1980. Méthodes d'étude de la biomasse herbacée de formations sahéliennes : application à la mare d'Oursi. Haute-Volta. *Acta ŒOecologica*, 1(15), 231-244.

Guindo M., Coulibaly A., Traoré B. & Birhanu Z.B., 2024. Effect of optimizing organic fertilizer doses on sorghum (*Sorghum bicolor*) production in Mali. *African Journal of Agronomy*, ISSN: 2375-1185 Vol. 12 (6), pp. 001-011.

Hien K.P., 1983. Cultures fourragères - Embouche bovine. Centre d'Expérimentation du Riz et des Cultures Irriguées (CERCI). *Mémoire de fin d'étude. Institut Supérieur Polytechnique (ISP), Université de Ouagadougou, Burkina Faso*, 56 p.

Husson O., Charpentier H., Razanamparany C., Moussa N., Michellon R., Naudin K., Razafintsalama H., Rakotoarinivo C., Rakotondramanana & Seguy L., 2008. Fiches techniques plantes de couverture : Graminées pérennes : *Brachiaria sp. B. ruziziensis, B. brizantha, B. decumbens, B. humidicola. Manuel pratique du semis direct à Madagascar. Volume III. Chapitre 4. § 1.* 20 p.

Kabore M., 2022. Contribution au développement de la chaîne de valeur des petits ruminants au Burkina Faso. *Thèse de doctorat, Université Nazi Boni, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso*, 194 p.

Kouonmenioc J., Ngoupayou J. D. N. & Tagny J. M. F., 2000. Consommation de quelques graminées tropicales par le cobaye (*Cavia porcellus*) : performances et détermination des surfaces nécessaires à l'entretien d'un cheptel. *Tropicultura*, 18 (2), 80-83.

Kung, L., Shaver, R., Grant, R., & Schmidt, R. (2018). Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. Journal of Dairy Science, 101(5), 4020–4033. https://doi.org/10.3168/jds.2017-13909

Millogo V., Kéré M., Sissao M., Sidibe-Anago, A.G., Koudougou H., Robert B. & Timothy T., 2021. Chopper as appropriate tool for livestock production and effects on silage nutritive. *International Journal of Applied Science and Research*, 4 (4), 273-283.

Muck R. E., 2010. Silage microbiology and its control through additives. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39, 183-191. https://doi.org/10.1590/S151635982010001300022.
Nicolas N. & Martin D., 2018. *Mulato II Brachiaria bicolor (L.) cv CIAT 36087*, 8 p.

Randrianasolo M., 2014. Test de viabilité technique de conservation fourragère adaptée à des petits troupeaux : Étude de la qualité de l'ensilage réalisé en fût et en sac plastique. *Mémoire de maîtrise, Biochimie appliquée aux sciences de l'alimentation et à la nutrition. Antananarivo*, 45 p.

Sana Y., 2015. Production de Panicum maximum Jacq. Cultivar C1 et valorisation en alimentation animale au Burkina Faso. *Thèse de doctorat, Université Nazi BONI de Bobo Dioulasso, Burkina Faso*, 178 p.

Sanfo A., 2023. Optimisation de la production de fourrage à base des associations de variétés améliorées de graminées et légumineuses dans deux zones agro écologiques au Burkina Faso. *Doctorat, Université de Lomé, Togo*, 184 p.

Sanon H. O., 2018. Improving the supply of quality feeds in Burkina Faso: Successes and lessons learned. Presentation at the Feed the Future Innovation lab for Livestock System's. *Global Nutrition Symposium - Addis Ababa, 24-25 January 2018*, 49 p.

Sanou I., 2015. Etude phénologique de dix (10) variétés de sorgho double usages. Mémoire de fin de cycle d'Ingénieur du Développement Rural, option : Agronomie. Dédougou : Institut des Sciences de l'Environnement et du Développement Rural. Centre Universitaire Polytechnique de Dédougou, 71 p.

Sanou J., 1993. Choisir sa variété de maïs au Burkina Faso. Doc. CNRST/INERA- Burkina Faso. 1p

Sawadogo T. B. E., Kere M., Zampaligre N., Traore C. T. & Some S., 2023. Effet de la fertilisation minérale sur la production de biomasse fourragère et la valeur nutritive de l'herbe de guinée (*Megathyrsus maximus* cv. "C1"). *Sciences Naturelles Et Appliquées*, 40(2), 127–137. https://www.snappublisher.org/

Sib F., Sawadogo L. & Sédogo M. P., 2017. Évaluation de la productivité de quelques espèces fourragères dans les conditions agro climatiques de la zone Centre-Ouest du Burkina Faso. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 11(3), 1065–1076.

Sissao M., Millogo V., Sidibe/Anago A.G., Djikoldingam R. R. & Kere M., 2024. Valeurs bromatologiques des fourrages ensilés en fûts plastiques et consommation volontaire chez les chèvres Djallonké au Burkina Faso. *Sciences Naturelles Et Appliquées*, 43(1), 9-27.

Sodré E., 2022. Co-conception en cascades d'innovations technologiques dans l'alimentation des vaches traites pour une augmentation durable de la production laitière de saison sèche à l'Ouest du Burkina Faso. *Thèse de doctorat, Institut Agro Montpellier et Université de Montpellier*, 192 p.

Balehegn, M., Varijakshapanicker, P., Zampaligre, N., Blümmel, M., Ayantunde, A., Jones, C.S, Prasad, K., Duncan, A.J., Dejene, M. and Adesogan, A.T. 2022. Near-infrared reflectance spectroscopy for forage nutritive value analysis in sub-Saharan African countries. Agronomy Journal 114(1): 100-114. https://doi.org/10.1002/agj2.20801

Tamboura H.H., Bougouma V., Traoré A., Kaboré A., Ouédraogo S.B. & Sawadogo L., 2018. Technique de conservation des fourrages par voie humide. CIRDES-INERA, 4 p.

Taonda S. J-B., Compaore E. & Zongo N., 2015. Guide de Formation en Technique de Microdose. *Burkina Faso*, 40 p.

Tendonkeng F., Boukila B. S. & Pamo Tedonkeng E., 2009. Effet de différents niveaux de fertilisation azotée et du stade phénologique sur la croissance et le rendement de Brachiaria ruziziensis. International Journal of *Biological and Chemical Sciences*, volume 3, numéro 4, pages 725-735. DOI: 10.4314/ijbcs.v3i4.47182

Traore C.T., 2021. Production de biomasse et qualité fourragère de trois graminées pérennes tropicales Brachiaria cv Mulato II, Brachiaria ruziziensis Germain et Evrard et Megathyrsus maximus. *Mémoire de Mater en GIRN/SPA/EEDD ; UNB/IDR*, 61 p.

Traoré S. B., Ndiaye O. & Kouressy M., 2000. Adaptation du sorgho (Sorghum bicolor) aux conditions climatiques de l'Afrique de l'Ouest : contraintes et opportunités. *Agronomie Africaine*, 12(3), 145-156.

Van Soest P. J., 1994. Nutritional ecology of the ruminant. *2nd ed., Ithaca, NY: Cornell University Press*, 488 p.

Wilkinson J. M., 2005. Silage and animal nutrition. Grass and Forage Science, 60(3), 273-280. https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2005.00490.x

Zampaligré N., Yoda G., Delma J., Sanfo A., Balehegn M., Rios E., Dubeux C. G., Bonte K. & Adesogan A. T., 2021. Yield and fodder nutritive value of Pearl Millet, Sorghum, and Maize cultivars in Burkina Faso. *Agronomy Journal*, 113 (1), 115-125. DOI : https://doi.org/10.1002/agj2.20860