

## Effets des amendements de résidus ligneux de *Piliostigma reticulatum* (D.C.) Hocht sur la biomasse adventice, les performances agronomiques du sorgho et la qualité résiduelle du sol en contexte semi-aride

### [ Effects of *Piliostigma reticulatum* (D.C.) Hocht woody residue amendments on weed biomass, agronomic performance of sorghum and residual soil quality in a semi-arid context ]

Daouda Guebre<sup>1,4</sup>, Safiatou Sanna<sup>2</sup>, Gouwidida Elice Kabore<sup>1</sup>, Aminata Tandyande<sup>3</sup>, and Edmond Hien<sup>2,4</sup>

<sup>1</sup>Centre Universitaire de Ziniaré, Université Joseph Ki-Zerbo, 03 BP 7021 Ouagadougou 03, Burkina Faso

<sup>2</sup>Université Joseph Ki-Zerbo, 03 BP 7021 Ouagadougou 03, Burkina Faso

<sup>3</sup>Direction régionale de l'agriculture des ressources animales et halieutiques du Centre-Ouest, Koudougou, Burkina Faso

<sup>4</sup>LMI-IESOL, Centre de Recherche de Bel Air, BP 1386, Dakar, Senegal

<sup>5</sup>Institut de Recherche pour le Développement (IRD), 01 BP 182, Ouagadougou 01, Burkina Faso

Copyright © 2025 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** Woody amendments based on Fragmented Ramial Wood (FRW) could constitute a viable alternative in order to alleviate soil fertility problems. Our study aims to assess the influence of FRW from *Piliostigma reticulatum* (D.C.) Hochst on the dynamics of weed biomass and the agronomic performance of sorghum and residual soil quality in a Sudano-Saharan context. The study was located in central Burkina Faso. The experimental design was organised into 4 completely randomised Fisher blocks with eight (8) treatments each: Absolute Control (AC), Manure (M), Combined Crops (CC), Urea (N), FRW used alone (FRW), FRW+Manure (FRW+M), FRW+Combined Crops (FRW+CC), FRW+Urea (FRW+N). The results showed that the FRW+F treatments were significantly the most competitive in terms of improving moisture content (+32.62%), infiltration (+49.73%), soil density (+8.29%), pH (+11.29%), soil macrofaunal density (+91.75%), and soil carbon, nitrogen and phosphorus content. Sorghum growth was greater under F treatments (+84.93%). Furthermore, weed biomass was lower on plots with FRW than on plots without FRW, with the exception of the FRW+N treatment. Weed biomass remains negatively correlated with carbon and nitrogen content and plant growth (under F). This practice deserves to be optimised for sustainable soil conservation in the Sudano-Saharan context.

**KEYWORDS:** woody amendments, weed biomass, nitrogen sources, sorghum, sudano-sahelian.

**RESUME:** Les amendements ligneux à base des Bois et Raméaux Fragmentés (BRF) pourraient constituer une alternative viable à la dégradation des sols. L'objectif de notre étude est d'évaluer l'influence du BRF de *Piliostigma reticulatum* (D.C.) Hochst sur la dynamique de la biomasse adventice, les performances agronomiques du sorgho et la qualité résiduelle du sol en contexte soudano-sahélien. L'étude a été conduite au Centre du Burkina Faso. Le dispositif expérimental est organisé en 4 blocs de Fisher complètement randomisés avec huit (8) traitements chacun: Témoin Absolu (TA), Fumier (F), Cultures Associées (CA), Urée (N), BRF utilisés seuls (BRF), BRF+Fumier (BRF+F), BRF+Cultures Associées (BRF+CA), BRF+Urée (BRF+N). Les résultats ont montré que les traitements BRF+F ont été les plus compétitifs sur l'amélioration de l'humidité (+32,62%), l'infiltration

(+49,73%), la densité apparente (+8,29%), le pH (+11,29%) la densité macrofaunique des sols (+91,75%), les teneurs en carbone, en azote et en phosphore des sols. La croissance du sorgho a été plus importante sous traitements F (+84,93%). Par ailleurs, la biomasse adventice a été plus faible sur les parcelles avec BRF comparativement aux témoins, excepté le traitement BRF+N. La biomasse adventice a été négativement corrélée aux teneurs en carbone, en azote et à la croissance des plants (sous F) Cette pratique mérite d'être optimisée pour une conservation durable des sols en contexte soudano-sahélien.

**MOTS-CLEFS:** amendements ligneux, biomasse adventice, sources azotées, sorgho, soudano-sahélien.

## 1 INTRODUCTION

La dégradation des sols est un phénomène préoccupant au niveau mondial avec, dix (10) millions d'hectares de terres cultivables perdues chaque année [1]. Elle est considérée comme l'un des défis les plus urgents à relever par les politiques et les scientifiques [2] car affectant la productivité des écosystèmes naturels qu'ils soient agricoles, pastoraux ou forestiers. Les conditions climatiques jumelées aux facteurs anthropiques exposent les sols à l'érosion, détruisant ainsi sa structure [3]. Particulièrement, l'Afrique sub-saharienne présente l'un des taux de dégradation des sols les plus élevés [4] avec un impact négatif considérable sur la sécurité alimentaire et la lutte contre la pauvreté. Plus de la moitié de la population est touchée par les processus de dégradation dont les issues urgentes d'autosuffisance alimentaire et de bien être nécessitent des investissements considérables [5].

Au Burkina Faso, la forte variabilité climatique et la forte croissance démographique accentuent les pressions sur les terres agricoles. Dans ce contexte environnemental très crucial, les pratiques agroécologiques par leurs approches écosystémiques sont à la portée des petits exploitants agricoles et apparaissent comme des alternatives viables pour relever le défi de la durabilité des systèmes agricoles. Ces pratiques s'avèrent indispensables pour stimuler l'utilisation efficiente des processus naturels, améliorer le cycle des nutriments et accroître la diversité biologique des agrosystèmes y compris celle de la biodiversité des sols et de l'agroforesterie [6]. Les pratiques agroécologiques comprennent les technologies agroforestières et agropastorales qui peuvent bâtir des systèmes agricoles résilients. Les potentialités des arbustes sempervirents (*Guiera senegalensis* J.F.Gmel, *Piliostigma reticulatum* (DC.) Hochst) en association avec les cultures pour soutenir le fonctionnement du sol ont fait l'objet de plusieurs recherches dans les agrosystèmes sahéliens [7, 8]. Des études récentes ont montré que l'association des cultures avec l'arbuste *Piliostigma reticulatum* présente des effets significatifs sur les rendements en améliorant la diversité microbienne [9] et les cycles biogéochimiques [7]. Ainsi, face à la compétition récurrente sur les résidus des cultures pour le fourrage et autres usages domestiques dans les systèmes agricoles [10], la biomasse des arbustes agroforestiers au lieu d'être brûlés et exportés lors des friches, pourraient être utilisés comme paillages agroforestiers. L'intérêt de telles pratiques est d'améliorer la structure du sol, le statut organique du sol et les cycles biogéochimiques des nutriments. Toutefois, les processus de décomposition des biomasses ligneuses sont multiples, complexes et dépendant de la disponibilité de l'azote [11]. En effet, de nombreuses études ont souligné l'immobilisation de l'azote lors de la décomposition des substrats organiques ligneux due à leur faible teneur en azote [12-14]. En revanche, la pratique pourrait être améliorée par un apport supplémentaire de sources azotées pour atténuer les effets d'immobilisation de l'azote par les microorganismes [15].

Par ailleurs, Peerzada, Ali [16] ont montré que les levées indésirables des adventices peuvent occasionner entre 15 et 97% de chute de rendement des cultures dans ces agrosystèmes. En effet, le choix de la biomasse ligneuse et la date d'application pourraient influencer l'apport en azote des sols et l'émergence des adventices. Cependant, ces pertes de production dépendent de la variété, du cortège floristique, du niveau d'infestation, de la durée de l'enherbement et des conditions écologiques [17]. Ainsi, l'influence de la levée indésirable des adventices qui pourrait être occasionnée par la couverture de la biomasse ligneuse, sur le statut nutritionnel des sols et les performances des cultures mérite d'avantage d'être élucidée [18]. Cette étude se propose d'évaluer les effets des amendements ligneux combinés ou non à différentes sources azotées sur la dynamique de la biomasse adventice et les performances agronomiques du sorgho en contexte soudano-sahélien.

L'objectif général de cette étude est d'évaluer l'influence de la biomasse adventice sur les performances agronomiques du sorgho et la qualité résiduelle du sol en contexte après un paillage à base de bois et raméaux fragmentés (BRF) de *Piliostigma reticulatum*. Plus spécifiquement, il s'agit de déterminer l'effet des amendements à base de ligneux sur les indicateurs biophysiques ainsi que sur la productivité des sols. Les hypothèses suivantes sont testées: les amendements à base de ligneux améliorent (i) le taux de carbone et des nutriments majeurs (N, P), (ii) la structure du sol et la rétention en eau des sols et (iii) la biomasse adventice et la croissance des cultures.

## **2 MATERIEL ET METHODES**

### **2.1 SITE D'ÉTUDE**

La station expérimentale de Gampèla a servi de cadre à cette étude. Elle est située dans la province du Kadiogo de la région du Centre à environ 25 km à l'Est de Ouagadougou (Burkina Faso). Cette station se situe entre les parallèles 12°24,613' et 12°25,413' de latitude Nord et les méridiens 1°20,464 et 1°21,652 de longitude Ouest. Le couvert végétal à Gampèla est constitué essentiellement par la savane arborée, la savane arbustive et les formations de bas-fond [18]. Le régime pluviométrique comme dans le reste du pays, présente une seule saison pluvieuse caractérisée par sa variation spatio-temporelle. La moyenne pluviométrique de la dernière décennie était de 977mm et celle de l'année en cours 129 mm.

### **2.2 DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL ET TRAITEMENTS**

Le dispositif expérimental est organisé en quatre (04) blocs de Fisher complètement randomisés et comportant huit (8) traitements chacun: Témoin Absolu (TA), le Fumier (F), les Cultures Associées (CA), l'Urée (N), les Bois Raméaux Fragmentés utilisés seuls (BRF), les Bois Raméaux Fragmentés avec Fumier (BRF+ F), les Bois Raméaux fragmentés avec Cultures Associées (BRF +CA), les Bois Raméaux Fragmentés avec Urée (BRF+N). Chaque parcelle représente un traitement et fait 5 m × 5 m de côté, soit une superficie de 25 m<sup>2</sup>. Toutes les parcelles sont espacées de 1 m l'une de l'autre.

Toutes les parcelles ont été labourées (5 cm) avant l'application des traitements. Les graines de sorgho ont été semées 30 jours après l'application des BRF. Le démariage a consisté à laisser deux plants de sorgho dans le même poquet. Le désherbage a été fait manuellement selon la pratique paysanne et les densités de semis ont été de 33 600 poquets ha<sup>-1</sup>.

Pour la conduite de l'expérimentation, la variété de sorgho *Kapelga* ou sorgho blanc a été utilisée. Son rendement potentiel en grains atteint 1 500 kg/ha en milieu paysan et 1 à 2 500 kg/ ha en station. Sa durée de semi-maturité est de 90 à 100 jours. La variété est stable avec une bonne qualité organoleptique. Elle présente une bonne résistance à la sécheresse, aux agents fongiques et aux différents ravageurs que constituent les insectes des panicules et les foreurs de tiges. Le niébé de variété *Komcallé* est utilisé dans ce contexte comme une source azotée. Ces spéculations sont issues de la station de recherche INERA (Institut National de l'Environnement et de la Recherche Agronomique du Burkina Faso).

Pour ce qui est de la fumure organique, nous avons utilisé du fumier issu de déjections d'ovins à raison de 9 tMS/ha par parcelle élémentaire. Un amendement localisé est appliqué (200g/poquet) dans des poquets et refermé avant semis. Les amendements ligneux utilisés pour le traitement des parcelles sont des raméaux fragmentés de *P. reticulatum* manuellement coupés grossièrement (environ 30 cm de longueur et 2 cm de diamètre). L'épandage s'est fait à la dose de 3 tMS/ha/an soit 15 kg de *Piliostigma reticulatum* découpés grossièrement et épandus sur les parcelles élémentaires concernées simultanément au Fumier. L'urée (46% N) a été utilisée à la dose de 50 kg/ha par parcelle élémentaire, 45 jours après semis en apport localisé, soit 0,89 g / poquet. L'objectif est de provoquer le départ rapide d'une chaîne alimentaire mettant en jeu des organismes vivants bénéfiques pour la qualité du sol.

### **2.3 COLLECTE DES DONNÉES DE TERRAIN**

#### **2.3.1 MESURES DE LA CROISSANCE DES PLANTS**

Au 30<sup>ième</sup> Jours après semis (JAS), la hauteur et le diamètre de chaque plant de sorgho identifié a été mesurée de la surface du sol à l'extrémité apicale avec un mètre ruban; tandis que le diamètre a été évalué avec un pied à coulisse. Les mesures ont concerné les plants de la surface utile, soient 24 plants par parcelle élémentaire. Les deux (02) poquets de début et de fin de chaque ligne concernée n'ont pas été pris en compte afin d'éviter les effets bordures.

#### **2.3.2 ECHANTILLONNAGE DU SOL**

L'échantillonnage du sol a été réalisé à l'aide d'une tarière sur la couche 0-10 cm dans chaque parcelle, deux (02) mois après semis. Pour ce faire, des prélèvements élémentaires ont été faits à trois (03) niveaux sur la diagonale de chaque parcelle, pour constituer un échantillon composite par parcelle. Tous les échantillons ont été séchés à l'air ambiant et tamisés à 2 mm pour les analyses de laboratoire.

## 2.4 MESURES DE TERRAIN ET DE LABORATOIRE

Les mesures de terrain ont été effectuées sur des sols non perturbés avant semis. La densité apparente a été déterminée par la méthode des cylindres sur la couche 0-10 cm [19]. La teneur en eau du sol et la température en subsurface (0-10 cm) ont été effectuées sur trois (03) points de la diagonale de la parcelle à l'aide d'un humidimètre à sonde. La texture du sol a été déterminée par la méthode internationale à la pipette Robinson. La perméabilité du sol a été mesurée en période sèche sur toutes les parcelles. A cet effet la méthode BEST (Beerkan Estimation of Soil Transfer parameters) [20] avec un simple anneau a été utilisée. La technique d'échantillonnage de la macrofaune des sols utilisée a été la méthode TSBF (Tropical Soil Biology and Fertility) préconisée par Anderson and Ingram [21]. L'inventaire de la macrofaune du sol a été fait à quatre-vingt-dix (90) jours après épandage du BRF sur l'ensemble des traitements pour appréhender leur influence sur la structure du sol. L'inventaire de la biomasse adventice a été réalisé pendant le stade de végétation du sorgho, par la technique du « tour de champs » [22]. Des prélèvements de la biomasse adventice (avec 2 mois d'intervalles) ont été effectués suivant la densité de la biomasse adventice par la méthode adaptée de Dessaint, Chadoeuf [23]. Tous les échantillons ont été séchés au soleil puis à l'étuve à 50°C (72h) pour obtenir les poids secs. La levée des plants a été évaluée par simple comptage sur l'ensemble de la parcelle. La détermination du pH a été faite selon la norme Afnor [24]. Le carbone organique du sol a consisté en un dosage selon la méthode Walkley and Black [25]. La mesure de l'azote a été faite selon la méthode kjeldhal reprise par Novozamsky, Houba [26]. Pour le dosage du phosphore assimilable, la méthode utilisée est celle de Bray 1 [27]

## 2.5 ANALYSES STATISTIQUES

Les analyses statistiques avec le logiciel R (3.5.2) ont inclus les statistiques descriptives des différents paramètres de sols en fonction des traitements (moyenne, écart type), les tests d'hypothèses et de comparaisons de moyennes. Les différences par paires ont ensuite été effectuées en utilisant les comparaisons multiples de Tukey (au seuil de 5%).

## 2.6 RESULTATS

### 2.6.1 BILAN DES TRAITEMENTS SUR LA QUALITÉ RÉSIDUELLE DU SOL

Le tableau 1 ci-dessous fait ressortir le bilan récapitulatif de l'influence des amendements de BRF sur la l'évolution de la qualité du sol. Sur le plan physique, les traitements avec BRF présentent un taux d'humidité et une vitesse d'infiltration de l'eau dans le sol, plus importants comparativement aux traitements sans BRF. Ce sont surtout les traitements BRF (pour la densité apparente) et BRF+F (pour l'humidité) qui ont été les plus distinctifs, comparés à l'ensemble des traitements avec BRF. Ces résultats ont été statistiquement significatives ( $p < 0,05$ ). En outre, la température et la densité apparente ont montré des tendances similaires; elles ont été généralement plus faibles sous les parcelles avec BRF comparativement à leur témoin respectif. Cependant, seule la température a montré une différence significative entre traitements ( $p < 0,05$ ). Pour ce qui concerne la densité apparente, nous constatons des légères variations entre tous les traitements, bien qu'elles ne soient pas significatives ( $p = 0,66$ ).

Au plan chimique, les résultats ont montré des valeurs de pH et de carbone organique des sols plus importants sous traitement BRF+F comparativement aux autres traitements. Cependant, les analyses statistiques montrent des différences significatives entre tous les traitements ( $p < 0,05$ ). Les valeurs de pH oscillent entre 6,02 (BRF+F) et 5,76 (TA). Les teneurs en carbone ont augmenté sous amendements BRF par rapport aux traitements sans BRF (BRF= 1,23 g/100 g; contre celle de témoin absolu (TA= 0,78g/100 g). Les teneurs en azote sous amendements BRF et sans apport de BRF sont à peu près similaires. Les meilleures quantités en azote sont observées sous traitements F et BRF+F, par rapport à l'ensemble des traitements. Ces différences ont été statistiquement significatives au seuil de 5% selon le test de Tukey ( $p = 0,000$ ). En outre, les teneurs en potassium assimilable ont été boostées ( $p = 0,000$ ) par les apports de BRF comparativement aux témoins respectifs. Les plus grandes valeurs ont été observées sous BRF+F (88,71ppm) et sous BRF+N (81,19 ppm). Quant à la teneur en phosphore assimilable des sols, les différences significatives ont été constatées au niveau des traitements BRF+F (5,75 ppm en moyenne) comparativement à l'ensemble des traitements.

Au plan biologique, les résultats indiquent que les amendements ligneux entraînent des fortes densités des populations de macrofaune des sols par rapport aux témoins sans apport du BRF, exception faite de BRF+CA. En effet, sous les traitements à BRF nous avons enregistré une densité moyenne de 32,25 individus/m<sup>2</sup>. Quant à la biomasse macrofaunique, les résultats ont montré des tendances assez contrastées sous les parcelles à BRF par rapport aux parcelles sans BRF.

Tableau 1. Bilan de l'influence des amendements de BRF sur l'évolution de la qualité du sol

Traitement	H (%)	T(°C)	INF(m/s)	Da (g/cm <sup>3</sup> )	pH	C (%)	N%	K( ppm)	P (ppm)	DM	BM (mg)
BRF	41,5 <sup>bc</sup>	32 <sup>a</sup>	1,91 <sup>b</sup>	1,9 <sup>a</sup>	5,74 <sup>ab</sup>	1,23 <sup>c</sup>	0,08 <sup>ac</sup>	58,69 <sup>b</sup>	3,67 <sup>a</sup>	32,25 <sup>b</sup>	97,25 <sup>a</sup>
BRF+CA	45 <sup>c</sup>	31,33 <sup>a</sup>	1,29 <sup>ab</sup>	1,77 <sup>a</sup>	5,66 <sup>ab</sup>	0,99 <sup>b</sup>	0,08 <sup>ac</sup>	65,11 <sup>b</sup>	3,82 <sup>a</sup>	2,66 <sup>a</sup>	44,5 <sup>a</sup>
BRF+F	45,8 <sup>c</sup>	32,08 <sup>a</sup>	1,55 <sup>ab</sup>	1,83 <sup>a</sup>	6,02 <sup>b</sup>	1,26 <sup>c</sup>	0,09 <sup>c</sup>	88,71 <sup>d</sup>	5,75 <sup>b</sup>	5,33 <sup>a</sup>	12 <sup>a</sup>
BRF+N	43,31 <sup>bc</sup>	32,43 <sup>a</sup>	1,93 <sup>b</sup>	1,89 <sup>a</sup>	5,75 <sup>ab</sup>	0,78 <sup>a</sup>	0,07 <sup>a</sup>	81,19 <sup>c</sup>	3,6 <sup>a</sup>	17,08 <sup>ab</sup>	15 <sup>a</sup>
CA	39,08 <sup>ac</sup>	32,66 <sup>a</sup>	0,96 <sup>a</sup>	1,88 <sup>a</sup>	5,34 <sup>a</sup>	1,11 <sup>bc</sup>	0,09 <sup>bc</sup>	41,4 <sup>a</sup>	3,35 <sup>a</sup>	5,91 <sup>a</sup>	8,13 <sup>a</sup>
F	38,08 <sup>ac</sup>	35 <sup>b</sup>	1,02 <sup>a</sup>	1,84 <sup>a</sup>	5,76 <sup>ab</sup>	1,2 <sup>c</sup>	0,09 <sup>c</sup>	62,17 <sup>b</sup>	3,81 <sup>a</sup>	2,66 <sup>a</sup>	61 <sup>a</sup>
N	33,66 <sup>ab</sup>	35,86 <sup>b</sup>	1,11 <sup>a</sup>	1,83 <sup>a</sup>	5,43 <sup>ab</sup>	0,99 <sup>b</sup>	0,08 <sup>ac</sup>	45,004 <sup>a</sup>	3,51 <sup>a</sup>	11,24 <sup>a</sup>	201 <sup>a</sup>
TA	30,86 <sup>a</sup>	36,08 <sup>b</sup>	1,04 <sup>a</sup>	1,93 <sup>a</sup>	5,65 <sup>ab</sup>	0,78 <sup>a</sup>	0,07 <sup>ab</sup>	47,09 <sup>a</sup>	3,55 <sup>a</sup>	11,78 <sup>a</sup>	110,9 <sup>a</sup>
p value	0,000	0,000	0,000	0,66	0,04	0,000	0,000	0,000	0,5	0,000	0,29

H: Humidité; T: Température; INF: Infiltration; Da: Densité Apparente; C: Carbone; N: Azote; K: Potassium; Phosphore; DM: Densité Macrofaunique; BM: Biomasse Macrofaunique; BRF: bois et rameaux fragmentés; TA: Témoin absolu; CA: Culture associée; N: Urée; F: Fumier; BRF: BRF seul; BRF+CA: BRF+ Cultures associées; BRF+N: BRF+ Urée; BRF+F: BRF+ Fumier; n=4;

Les nombres représentent les moyennes; Pour chaque variable considérée, les moyennes affectées de la même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 5%

## 2.6.2 EFFETS DES TRAITEMENTS SUR LES PARAMÈTRES AGRONOMIQUES DU SORGHO

### 2.6.2.1 EFFETS DES TRAITEMENTS SUR LE TAUX DE LEVÉE DU SORGHO

L'utilisation du BRF à base de *Piliostigma reticulatum* enrichis ou non avec différentes sources d'azote, n'a pas impacté le taux de levée du sorgho en comparaison aux parcelles témoins (Figure 1). En outre, ce sont les parcelles TA et CA qui ont présenté des taux de levée similaires et les plus importants (79%) par rapport à tous les traitements. Les analyses statistiques ont montré des différences significatives entre traitements ( $p > 0,05$ ).

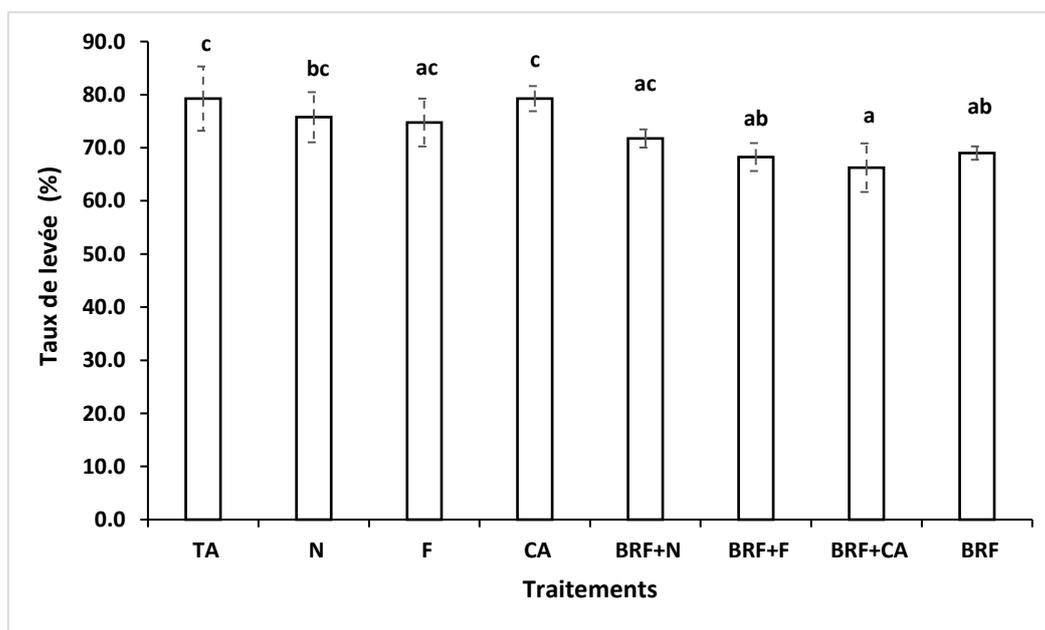


Fig. 1. Evolution du taux de levée en fonction des traitements

### 2.6.2.2 EFFETS DES TRAITEMENTS SUR LA HAUTEUR DES PLANTS

De façon générale, le BRF enrichi au fumier présente une meilleure croissance du sorgho avec un taux moyen de 36,88% par rapport à l'ensemble des traitements BRF (Figure 2). Cependant, c'est le traitement à base de fumier utilisé seul qui a été

le plus compétitif (+84,93%) par rapport au témoin absolu (TA). Par ailleurs, la hauteur des plants sous BRF utilisé seul, a été la plus basse comparativement à l'ensemble des traitements.

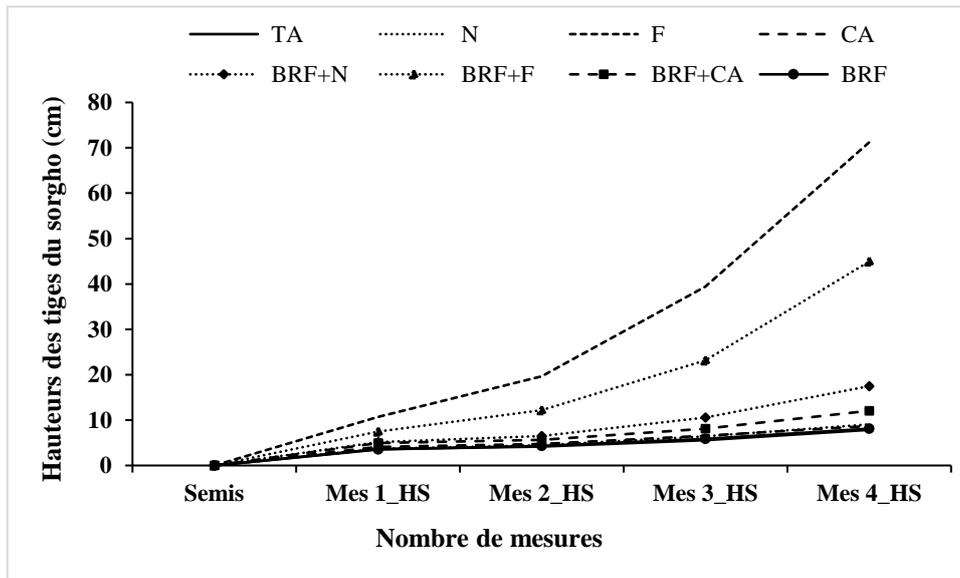


Fig. 2. Croissance en hauteurs des plants de sorgho en fonction des traitements

Mes: mesures; HS: Hauteur du sorgho

### 2.6.2.3 EFFETS DES TRAITEMENTS SUR LES DIAMÈTRES DES PLANTES

A l'instar des hauteurs, le BRF enrichi au fumier présente une meilleure croissance en diamètre du sorgho avec un taux moyen de 17,54% par rapport à l'ensemble des traitements BRF (Figure 3). Cependant, c'est le traitement à base de fumier utilisé seul qui a été le plus compétitif (+35,63%) par rapport au témoin absolu (TA). Par ailleurs, le diamètre des plants sous BRF utilisé seul, a été plus faible comparativement à l'ensemble des traitements.

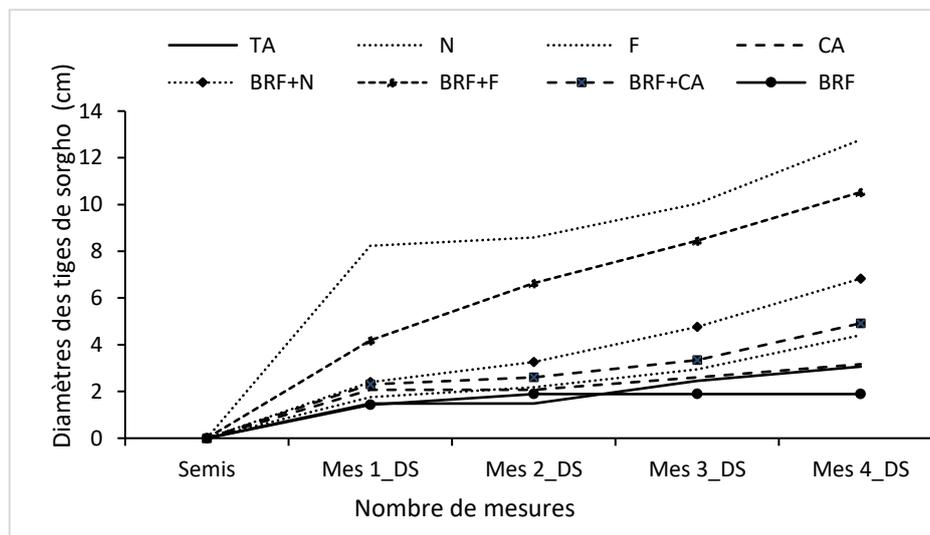


Fig. 3. Croissance en diamètres des plants de sorgho en fonction des traitements

Mes: mesures; DS: Diamètres du sorgho

### 2.6.3 EFFETS DES TRAITEMENTS SUR LA DYNAMIQUE DE LA BIOMASSE ADVENTICE

L'inventaire de la flore adventice montre un taux moyen en nombre d'espèces presque similaire sur les parcelles, exception faite du traitement N et BRF+N (Figure 4). Il ressort de nos résultats que les traitements BRF additionnés ou non aux autres sources d'azote ne présentent pas de différences statistiques entre eux sur le nombre d'espèces adventice.

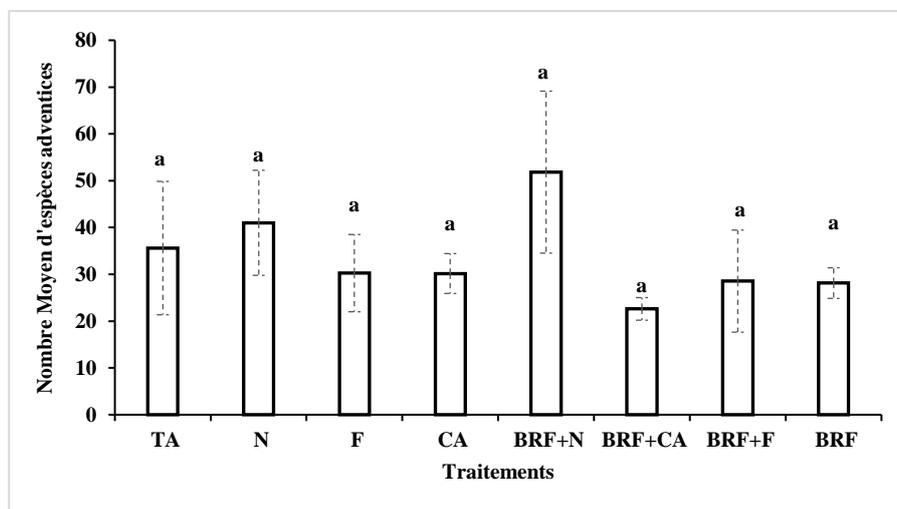


Fig. 4. Variation du nombre moyen d'espèces adventices en fonction des traitements

**BRF:** bois et rameaux fragmentés; **TA:** Témoin absolu; **CA:** Culture associée; **N:** Urée; **F:** Fumier; **BRF:** BRF seul; **BRF+CA:** BRF+ Cultures associées; **BRF+N:** BRF+ Urée; **BRF+F:** BRF+ Fumier; n=4;

Pour ce qui est de la biomasse adventice, elle a été globalement plus abondante sur tous les traitements au niveau de la première évaluation comparativement à la deuxième évaluation (Figure 5). Spécifiquement, tous les traitements sans apports de BRF ont stimulé la biomasse adventice comparativement aux traitements avec apports de BRF, à l'exception du BRF+N. Si le traitement avec l'Urée apporté seul (N) a été plus important (56 g) à la première évaluation parmi les traitements sans BRF, c'est le traitement avec Fumier apporté seul (F) qui s'est montré plus compétitif (34 g) dans la production de la biomasse adventice au deuxième temps de mesure. Toutefois, quel que soit la période d'évaluation considérée, c'est sous BRF+N que la biomasse adventice a été plus importante. Au plan statistique, les différences de productions de biomasses adventices n'ont pas été significatives entre traitements au premier temps de mesure. En revanche, le deuxième temps de mesure a révélé des différences significatives entre traitements.

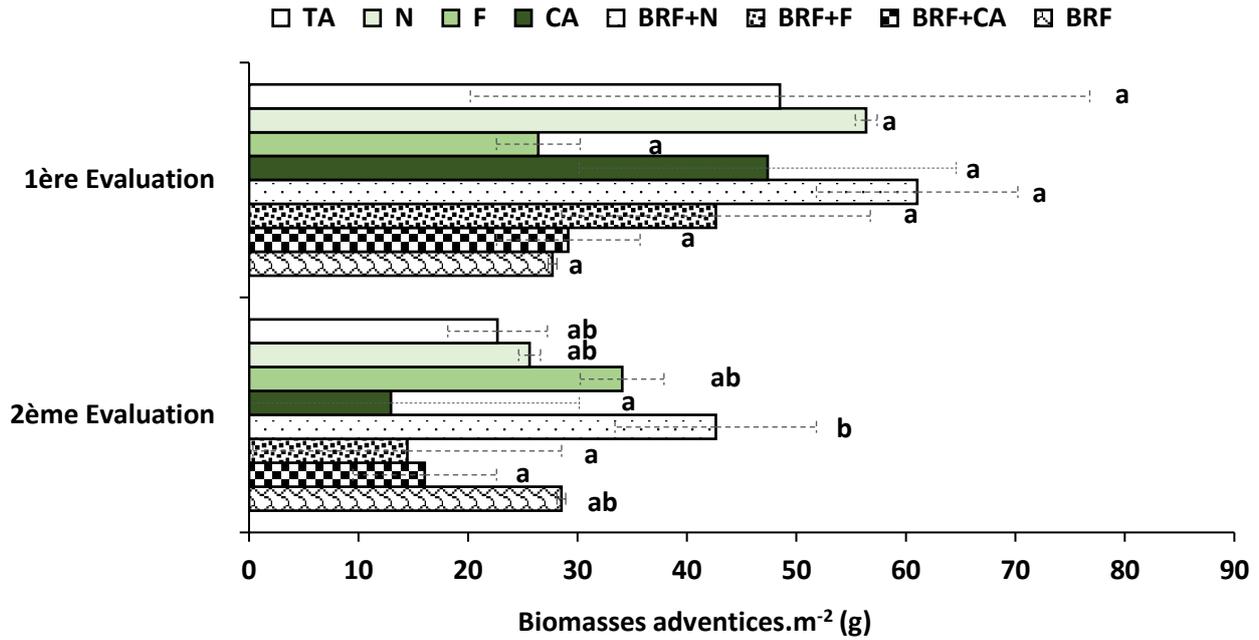


Fig. 5. Evolution de la biomasse adventice en fonction des traitements

BRF: bois et rameaux fragmentés; TA: Témoin absolu; CA: Culture associée; N: Urée; F: Fumier; BRF: BRF seul; BRF+CA: BRF+ Cultures associées; BRF+N: BRF+ Urée; BRF+F: BRF+ Fumier; n=4;

#### 2.6.4 CORRÉLATIONS ENTRE PARAMÈTRES DU SOL, BIOMASSES ADVENTICES ET PERFORMANCE DE LA CULTURE DU SORGHU

La figure 6A traduit les interactions entre la densité des adventices, les propriétés des sols et la croissance des plants. L'analyse en composantes principales (ACP) a révélé que le pH, est positivement corrélées avec la hauteur et le diamètre des tiges de sorgho; bien que la relation entre la croissance des plants et les autres paramètres chimiques soient moins importante. Si la production moyenne en biomasse adventice a été positivement corrélée à la densité apparente des sols, elle a montré cependant une relation négative avec les teneurs en phosphore, azote et carbone organique des sols. De même, la relation entre biomasse adventice et croissance des plants a été négative.

L'analyse a permis également de distinguer quatre (04) groupes de traitements suivant les axes et constitués par l'ensemble des variables (figure 6B): le groupe TA et BRF+N est dominé seulement par deux paramètres (densité apparente et biomasse herbacée); le groupe de BRF, BRF+CA, CA, N formé par les autres paramètres non illustrés; le groupe de F est dominé par la hauteur, le diamètre et le pH puis celui de BRF+F qui est dominé par les paramètres chimiques (phosphore, azote et COS). Le cumul des contributions a atteint 60,84% (Dim1 a expliqué 43,03% et Dim2 a expliqué 17,81%).

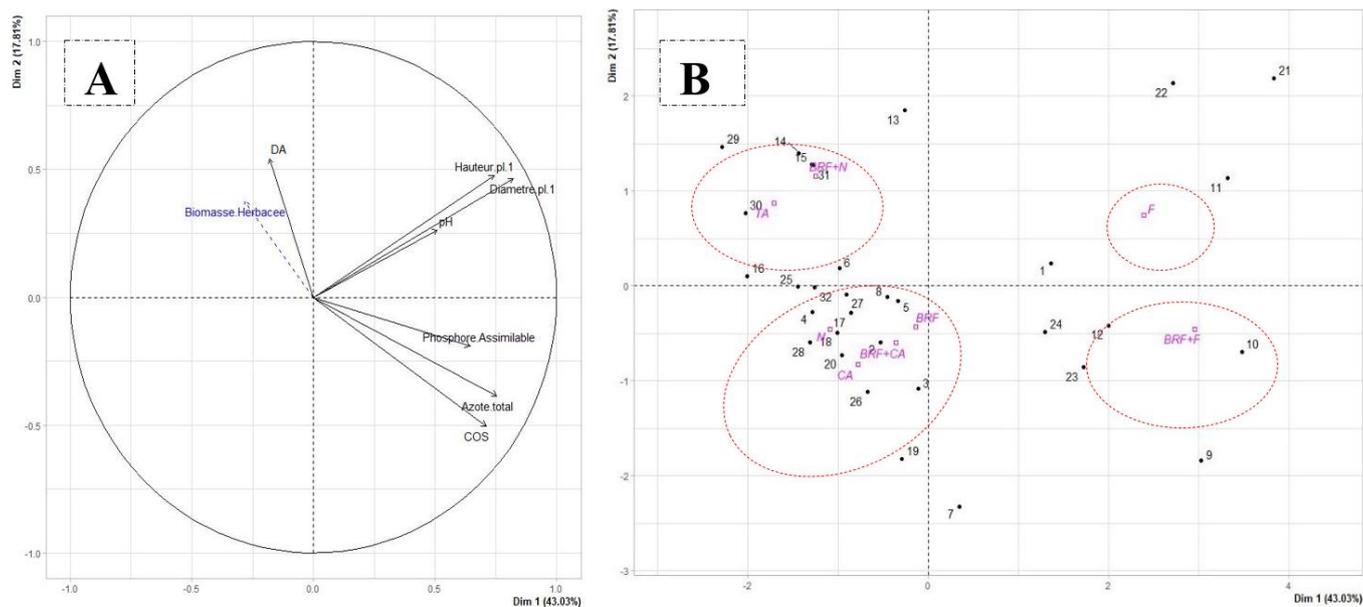


Fig. 6. Analyse en composantes principales (ACP) des paramètres des sols et des plants sous différents traitements (A) et de leur carte factorielle (B)

**herbacée:** adventice; **BRF:** bois et rameaux fragmentés; **TA:** Témoin absolu; **CA:** Culture associée; **N:** Urée; **F:** Fumier; **BRF:** BRF seul; **BRF+CA:** BRF+ Cultures associées; **BRF+N:** BRF+ Urée; **BRF+F:** BRF+ Fumier;  $n=4$ ;

### 3 DISCUSSION

#### 3.1 EFFETS DES TRAITEMENTS SUR LA QUALITE RESIDUELLE DES SOLS

Les résultats sur l'humidité de surface du sol se sont montrés variables suivant les différents traitements, bien qu'elle reste généralement élevée sous BRF par rapport aux témoins. Les travaux de [18] avaient également montré l'effet positif du paillage sur l'humidité du sol. Cela démontre bien le rôle clé des amendements ligneux appliqués en mulch sur les propriétés hydriques des sols. Les taux élevés d'humidité s'expliqueraient par le fait que les amendements BRF limitent les pertes d'eau par ruissellement ainsi que les pertes par évaporation [28], favorisant ainsi l'infiltration [29]. La température au niveau des traitements à base du BRF présente une tendance à la baisse comparativement aux témoins sans apport du BRF à l'exception du CA. Ce qui signifierait que le paillis impact la température du sol à travers l'ombrage qu'il crée à l'instar de la culture du niébé. En outre, les parcelles à BRF présentent un taux d'infiltration intéressant comparativement aux parcelles sans apport du BRF. Ainsi, la couverture du sol a permis de diminuer la vitesse de ruissellement de l'eau et favoriser un meilleur stockage de cette eau à la surface du sol. Nos résultats corroborent ceux de Guébré, Traoré [18] qui ont obtenu après cinq (05) années d'amendements successifs à base de BRF de *P. reticulatum* des augmentations significatives de la vitesse d'infiltration de l'eau. Le même auteur a précisé que ces hausses d'humidité ont remarquablement stimulé l'activité de la macrofaune. Ce constat justifie bien les faibles valeurs de densité apparente et le nombre élevé de macrofaune enregistrés sous BRF.

Ainsi, le paillage ligneux à base de BRF de *P. reticulatum* pourrait bien être une alternative aux résidus de culture qui sont utilisés à d'autres fins restant toujours insuffisant dans nos agrosystèmes soudano-sahéliens, soumis à de nombreux défis environnementaux. Les résultats ont montré une teneur favorable en quantité de carbone organique du sol (COS) sous les traitements BRF. Cela signifie que le BRF contribue à améliorer le taux de matière organique (MO) dans le sol. De nombreux travaux de recherche ont en effet mis en évidence le rôle incontestable de la matière organique sur l'amélioration du statut organique [5, 30, 31]. En tant qu'amendements organiques riches en cellulose et lignine, les BRF constituent une source de carbone intéressante pour les sols agricoles dégradés et peuvent augmenter le niveau de matière organique et améliorer leur productivité [32].

Ainsi, les taux de carbone plus importants sous amendements BRF, pourraient s'expliquer par l'effet de la décomposition des résidus BRF. Ces résultats vont dans le même sens que ceux rapportés par Scopel, Douzet [33] qui ont obtenu en système

de culture sous couverture végétale une croissance du taux de carbone du sol qui est passé de 23 à 29 % au bout de cinq (05) années d'expérimentation.

Par ailleurs, les apports de BRF de *Piliostigma reticulatum* n'ont pas significativement influencé la biodisponibilité de l'azote et du phosphore, excepté le traitement BRF+F. En revanche, une augmentation significative de la teneur en potassium a été observée. Les matières organiques fraîches riches en lignine telles que les BRF de *Piliostigma reticulatum* (70,57% de lignine) avec un ratio lignine/N de 60,26, sont plus récalcitrantes à l'attaque microbienne [34], suscitant une immobilisation des nutriments par les microorganismes dans le sol au niveau des parcelles amendées avec BRF. Ainsi, les faibles teneurs en N et P du sol pourraient s'expliquer par une hausse de la demande microbienne en ces éléments pendant les processus de décomposition des BRF, entraînant leur immobilisation. Des effets similaires ont déjà été observés sur les BRF de *Andropogon gayanus*, *Azadirachta indica*, *Casuarina equisetifolia* et de *Eragrostis tremula* (Diallo, 2005). L'influence remarquable du traitement BRF+F pourrait s'expliquer par les avantages du fumier dans la fourniture d'éléments nutritifs supplémentaires.

Cependant, la teneur élevée en K disponible suggère alors une bonne libération de cet élément dans ces conditions et sa faible implication dans le processus de décomposition des biomasses ligneuses. Ainsi, les apports des résidus de *P. reticulatum* seraient capables d'améliorer la disponibilité en potassium des sols dans nos agrosystèmes bien qu'une immobilisation en N et en P assimilable soit envisagée. Ces résultats traduisent bien les effets du paillage ligneux sur la mobilisation du carbone et la disponibilité du potassium.

Il ressort également de cette étude que les amendements ligneux entraînent des fortes densités des populations de macrofaune des sols par rapport aux témoins sans apport du BRF. Cela pourrait se justifier par la présence des résidus végétaux qui constituent une source d'énergie pour la macrofaune du sol. Ces résultats confirment ceux de Blanchart, Bernoux [35] qui ont trouvé que l'installation de système de culture sous couverture végétale entraîne une augmentation de la densité et de la biomasse de la faune du sol. Nos résultats mettent en évidence la fonction écologique de la pédofaune dans la décomposition des résidus végétaux ligneux dans les habitats tropicaux secs [36]. De ces résultats, il ressort que le paillage ligneux à base de *P. reticulatum* contribue aussi à l'amélioration des propriétés biologiques, physiques, chimiques et hydriques du sol. En revanche, les faibles différences entre traitements sur la biomasse macrofaunique, suggère l'absence d'une relation étroite entre la densité et la taille de la pédofaune.

En ce qui concerne la corrélation entre les paramètres étudiés, les résultats ont montré des relations négatives entre biomasse adventice et paramètres chimiques des sols. De même, la hauteur et le diamètre du sorgho sont positivement corrélés avec le pH du sol mais négativement corrélés avec la densité apparente et la biomasse adventice. Ces résultats pourraient être justifiés du fait qu'à travers les actions biologiques, les paramètres physiques et chimiques favorables sous traitement avec fumier, favorisent un meilleur développement des racines des plantes, améliorant ainsi leur capacité d'extraire du sol, les éléments nutritifs dont elles ont besoin. Ces résultats sont en accord avec ceux de Bright [7]. Ainsi, en améliorant les caractéristiques du sol, la MOS favorise un bon développement racinaire et une bonne croissance des plants de sorgho au détriment des adventices. En effet, l'utilisation de fertilisant organique permet d'accroître la teneur en carbone et en phosphore des sols et d'améliorer le pH et le développement végétatif des plantes [37]. Au regard de nos résultats, nous suggérons que la couverture du sol par le BRF réduit la prolifération des adventices par la compétition pour les ressources du milieu et/ou par des effets allélopathiques, traduisant les faibles valeurs de biomasses adventices sous traitements BRF. Selon Teasdale and Mohler [38], la biomasse d'un paillis de couverture est l'élément le plus important pour assurer une bonne maîtrise des adventices. Il ressort cependant de nos résultats que la pratique des BRF favorise la levée de nouvelles espèces d'adventices probablement due à l'effet de couverture favorisant un microclimat et/ou à des apports externes par l'activité de la macrofaune.

En revanche, l'action prépondérante de BRF+N sur la biomasse adventice suggère une disponibilité de l'azote minérale suite aux additions de l'urée, qui favoriserait des levées indésirables de la flore adventice. Cela justifie bien l'augmentation significative de la biomasse adventice enregistrée au deuxième temps de mesure qui était plus proche du temps d'application de l'urée. Par ailleurs, la corrélation négative entre biomasses adventices et croissance du sorgho, traduirait des effets de compétition entre espèces pour l'accès aux nutriments des sols, inhibant ainsi la croissance et le développement des plants de sorgho. Ces observations sont conformes aux travaux de Sanna, Ouedraogo [39] et de Guébré, Traoré [30] respectivement sur la biomasse sèche des adventices en fonction des systèmes de culture et les effets de compétition dans les systèmes sorgho-niébé impliquant les amendements ligneux.

### 3.2 EFFETS DES TRAITEMENTS SUR LES PARAMETRES AGRONOMIQUES DU SORGHO

De façon générale nous constatons que les traitements à base du BRF influencent négativement la germination des graines comparativement à leurs témoins. Cela s'expliquerait qu'à l'inverse, les amendements organiques à C/N supérieur à soixante

(60) se décomposent moins vite et sont considérés comme étant de mauvaise qualité. Incorporés au sol, les amendements organiques à C/N élevé stimulent l'activité microbienne. Ces résultats sont en concordance avec les travaux de Coleman (1989), qui dit que les microorganismes immobilisent temporairement l'azote, entraînant une "faim d'azote" pour la culture. Les résultats de la croissance en hauteur et en diamètre du sorgho montrent respectivement que: de tous les traitements, le fumier et le BRF enrichi au fumier présentent une croissance exponentielle. C'est au niveau du BRF seul que nous avons observé les plus petites valeurs en hauteur et diamètre. Cela peut s'expliquer par la disponibilité des éléments minéraux qu'offre le fumier aux plantes. En effet, le fumier constitue une source importante d'éléments minéraux. Selon Hébert [40] l'azote est l'élément fertilisant qui influence le plus la productivité végétale. De plus, l'apport localisé du fumier a permis une utilisation efficace des éléments nutritifs, ce qui a donc permis une utilisation efficace de l'azote pour les cultures. L'amélioration de la croissance des plants de sorgho au niveau du traitement BRF additionné au fumier peut être liée à la disponibilité de l'humidité et des nutriments qu'offrent les apports ligneux aux cultures. Quant au traitement avec le BRF seul qui a impacté négativement la croissance du sorgho, ce résultat montre que le BRF ne met pas à disposition les éléments minéraux nécessaires au profit du sorgho. Ce résultat est en accord avec les études menées par [41] et [34] qui montrent que l'amendement du sol avec les feuilles de *P. reticulatum* provoque l'immobilisation de l'azote au cours des soixante-deux (62) à soixante-seize (76) premiers jours.

Par ailleurs, des auteurs ont montré que les BRF contiennent en faibles concentrations tous les éléments requis pour la croissance des plantes [42]. En outre, l'immobilisation est attribuée à la microflore qui en générale, survient lorsque les BRF contiennent moins de 1% de N sur une base sèche [43]. Ainsi, l'apport de ligneux exige à la première saison, un ajustement de la fertilité en azote pour minimiser l'effet d'immobilisation. Cela traduit effet inhibant des apports de BRF de *P. reticulatum* sur la teneur en azote du sol, donc sur la croissance. Il ressort de cette étude que la combinaison entre le BRF et le fumier reste le meilleur moyen de favoriser une levée rapide de l'immobilisation de l'azote.

#### **4 CONCLUSION**

Notre étude a été conduite dans le but de déterminer l'influence du paillage à base des bois et raméaux fragmentés (BRF) de *Piliostigma reticulatum* sur la dynamique de la biomasse adventice et les performances agronomiques du sorgho en contexte soudano-sahélien. Nous notons que les apports de biomasse ligneuse permettent d'améliorer la fertilité physique (humidité, température, porosité, densité apparente) et biologique (densité de macrofaune) des sols. Les effets de ces pratiques sur la libération des nutriments (N et P) montrent également de bonnes tendances avec des augmentations significatives de la disponibilité en potassium et de la matière organique. Il ressort également de notre étude que les BRF favorisent l'abondance de la macrofaune du sol et inhibent l'épanouissement des adventices; sans doute due à la différence dans leur fonction écologique. En outre, si l'apport complémentaire de l'urée permet d'atténuer l'immobilisation de l'azote par les microorganismes, il favorise une levée indésirable des adventices, qui à leur tour, influent négativement sur la croissance du sorgho. Il convient donc de tenir compte de son incidence sur les ennemis des cultures, afin de mieux optimiser la production dans les agrosystèmes sahéliens impliquant les amendements ligneux.

#### **REMERCIEMENTS**

Les auteurs sont reconnaissants au Programme de recherche du CGIAR sur les légumineuses à grains et les céréales des zones arides (GLDC), au projet SustainSahel pour avoir soutenu les expériences de terrain et pour leur contribution financière à la réalisation des travaux. Ils remercient également Prosper Sadaré Sawadogo, technicien au Laboratoire d'Agroécologie, UMR 210, Eco&Sols de l'IRD de Ouagadougou, pour son soutien.

#### **REFERENCES**

- [1] Roose, E., La gestion conservatoire de l'eau, et de la fertilité des sols: une stratégie nouvelle de la lutte antiérosive pour le développement durable. Science et changements planétaires/Sécheresse, 2004. 15 (1): p. 5-7.
- [2] Xie, H., et al., A bibliometric analysis on land degradation: Current status, development, and future directions. Land, 2020. 9 (1): p. 28.
- [3] Ouedraogo, B., O. Kabore, and M. Kabore, *Cartographie quantitative de l'érosion des sols par approche SIG/RUSLE dans la Commune de Karangasso vigué (Burkina Faso)*. International Journal of Biological and Chemical Sciences, 2019. 13 (3): p. 1638-1653.
- [4] Sivakumar, M.V.K. and N. Ndiang'Ui, *Climate and land degradation*. 2007: Springer Science & Business Media.

- [5] Bationo, A., et al., Soil organic carbon dynamics, functions and management in West African agro-ecosystems. *Agricultural Systems*, 2007. 94 (1): p. 13-25.
- [6] Hien, E., Impact du paillage agroforestier à base de *Piliostigma reticulatum* (DC) Hochst sur les fonctions et services des sols en zone soudano-sahélienne du Burkina Faso. 2018.
- [7] Bright, M.B.H., et al., Long-term *Piliostigma reticulatum* intercropping in the Sahel: Crop productivity, carbon sequestration, nutrient cycling, and soil quality. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2017. 242: p. 9-22.
- [8] Dossa, E.L., et al., Crop Productivity and Nutrient Dynamics in a Shrub-Based Farming System of the Sahel. *Agronomy Journal*, 2013. 105 (4): p. 1237-1246.
- [9] Diakhaté, S., et al., Soil microbial functional capacity and diversity in a millet-shrub intercropping system of semi-arid Senega. *Journal of Arid Environments*, 2016. 129: p. 71-79.
- [10] Giller, K.E., et al., Conservation agriculture and smallholder farming in Africa: The heretics' view. *Field Crops Research*, 2009. 114 (1): p. 23-34.
- [11] Li, L., et al., Factors affecting soil microbial biomass and functional diversity with the application of organic amendments in three contrasting cropland soils during a field experiment. *PLOS ONE*, 2018. 13 (9): p. e0203812.
- [12] Bayala, J., et al., Nutrient release from decomposing leaf mulches of karité (*Vitellaria paradoxa*) and néré (*Parkia biglobosa*) under semi-arid conditions in Burkina Faso, West Africa. *Soil Biology and Biochemistry*, 2005. 37 (3): p. 533-539.
- [13] Oorts, K., et al., Redistribution of particulate organic matter during ultrasonic dispersion of highly weathered soils. *European Journal of Soil Science*, 2005. 56 (1): p. 77-91.
- [14] Palm, C.A., et al., Management of organic matter in the tropics: Translating theory into practice. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 2001. 61: p. 63-75.
- [15] Ba, M.F., et al., Study of some characteristics of ramial chipped woods (RCW) of *Guiera senegalensis* JF Gmel and *Piliostigma reticulatum* (DC) Hochst and their influence on chemical and biological properties of tropical ferruginous soils of the groundnut basin, Senegal. 2014.
- [16] Peerzada, A.M., H.H. Ali, and B.S. Chauhan, Weed management in sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] using crop competition: A review. *Crop protection*, 2017. 95: p. 74-80.
- [17] Tamado, T., L. Ohlander, and P. Milberg, Interference by the weed *Parthenium hysterophorus* L. with grain sorghum: influence of weed density and duration of competition. *International Journal of Pest Management*, 2002. 48 (3): p. 183-188.
- [18] Guébré, D., et al., Conservation des sols en zone soudano-sahélienne: quelle est l'efficience des amendements ligneux? *Sciences Naturelles et Agronomie*, 2020. sous presse.
- [19] Nf, P., 94-057. *AFNOR; 1992. Sols: reconnaissance et essais. Analyse granulométrique. Méthode par sédimentation.* [Google Scholar].
- [20] Lassabatère, L., et al., *Beerkan Estimation of Soil Transfer Parameters through Infiltration Experiments-BEST*. *Soil Science Society of America Journal*, 2006. 70 (2): p. 521-532.
- [21] Anderson, J.M. and J.S.I. Ingram, *A handbook of methods*. CAB International, Wallingford, Oxfordshire, 1993. 221: p. 62-65.
- [22] Aké-Assi, L., *Flore de la Côte d'Ivoire: catalogue systématique, biogéographie et écologie*. Genève, Suisse: Conservatoire et Jardin Botanique de Genève, 2001.
- [23] Dessaint, F., R. Chadoeuf, and G.J.B. Barralis, Diversité des communautés de mauvaises herbes des cultures annuelles de Côte-d'Or (France). 2001.
- [24] Afnor, Z., *Z 47-100: 1981. Règles détablissement des thésaurus monolingues*. Paris, AFNOR, 1981.
- [25] Walkley, A. and I.A. Black, An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil science*, 1934. 37 (1): p. 29-38.
- [26] Novozamsky, I., et al., *A novel digestion technique for multi-element plant analysis*. *Communications in soil science and plant analysis*, 1983. 14 (3): p. 239-248.
- [27] Bray, R.H. and L.T. Kurtz, Determination of total, organic, and available forms of phosphorus in soils. *Soil science*, 1945. 59 (1): p. 39-46.
- [28] Coppens, F., et al., Soil moisture, carbon and nitrogen dynamics following incorporation and surface application of labelled crop residues in soil columns. *European journal of soil science*, 2006. 57 (6): p. 894-905.
- [29] Ibrahim, A., et al., Nutrient release dynamics from decomposing organic materials and their mulching-effect on pearl millet yields in a low-input Sahelian cropping system. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 2018. 112 (1): p. 45-59.
- [30] Guébré, D., et al., Sorghum and cowpea intercropping response to woody residue amendments in Sahelian agro-ecosystems of Burkina Faso. *Geoderma Regional*, 2024. 37: p. e00781.

- [31] Zongo, K.F., et al., Effects of Organic Compost and Trichoderma harzianum Spores on Soil Fertility and Agronomic Performance of Soybean (*Glycine max* (L.) Merr.). *International Journal of Environment and Climate Change*, 2024. 14 (9): p. 705-717.
- [32] Badiane, A.N., M. Kouma, and M. Sène, *Gestion et transformation de la matière organique (Synthèse des travaux de recherches menés au Sénégal depuis 1945)*, Edition ISRA. Institut Sénégalais de Recherches Agricoles. Institut Sénégalais de Recherches Agricoles. Institut Sénégalais De Recherches Agricoles, 2000.
- [33] Scopel, E., et al., Impacts des systèmes de culture en semis direct avec couverture végétale (SCV) sur la dynamique de l'eau, de l'azote minéral et du carbone du sol dans les Cerrados brésiliens. *Cahiers Agricultures*, 2005. 14 (1): p. 71-75.
- [34] Barthelemy, Y., et al., Influence of the Leaf Biomass of *Piliostigma reticulatum* on Sorghum Production in North Sudanian Region of Burkina Faso. *Journal of Plant Studies*, 2013. 3: p. 80.
- [35] Blanchart, E., et al., Effet des systèmes de semis direct sous couverture végétale (SCV) sur le stockage de carbone et la macrofaune d'un sol ferrallitique (Cerrados, Brésil). 2009.
- [36] Lima Tde, A., et al., *Digestive enzymes from workers and soldiers of termite *Nasutitermes corniger**. *Comp Biochem Physiol B Biochem Mol Biol*, 2014. 176: p.1-8.
- [37] Zongo, K.F., et al., Soil characterization and potentiality to improve two Bambara groundnut varieties cropping under rock phosphate fertilization at sudano-sahelian climate of Burkina Faso. 2023. 38 (4): p. 829-838.
- [38] Teasdale, J.R. and C.L. Mohler, Light transmittance, soil temperature, and soil moisture under residue of hairy vetch and rye. *Agronomy Journal*, 1993. 85 (3): p. 673-680.
- [39] Sanna, S., et al., Effet de l'association céréale-légumineuse, de la gestion de l'eau et de la fertilité du sol pour l'amélioration de la productivité agricole dans l'Est du Burkina Faso. *Sciences Naturelles et Appliquées*, 2022. 41 (2 (2)): p. 213-236.
- [40] Hébert, M., Pathogènes dans les biosolides municipaux et autres MRF: normes et critères de bonnes pratiques. *PRODUCTIONS VÉGÉTALES*, 2005: p. 105.
- [41] Dossa, E.L., et al., Phosphorus sorption and desorption in semiarid soils of Senegal amended with native shrub residues. *Soil Science*, 2008. 173 (10): p. 669-682.
- [42] Larochelle, L., et al., Rôle de la mésofaune dans la dynamique de transformation de la matière ligneuse appliquée au sol. 1993.
- [43] Tremblay, J. and C.J. Beauchamp, Fractionnement de la fertilisation azotée d'appoint à la suite de l'incorporation au sol de bois raméaux fragmentés: modifications de certaines propriétés biologiques et chimiques d'un sol cultivé en pomme de terre. *Canadian journal of soil science*, 1998. 78 (2): p. 275-282.