

EFFET DES BROYATS DES ÉMONDES DE *GLIRICIDIA SEPIUM* COMME SOURCE D'AZOTE SUR LA PRODUCTION CÉRÉALIÈRE ET LES PROPRIÉTÉS DU SOL EN ZONE SOUDANIENNE DU BURKINA FASO

Souleymane OUEDRAOGO¹, Lassina SANOU^{2*},
Issaka Abdoulaye YOUMA³, Lambienou YE⁴ et Michel ZOZOU³

¹ Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique, Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA), Département Gestion des Ressources Naturelles, Systèmes de Production, 03 BP 7047, Ouagadougou 03, Burkina Faso

² Centre national de la recherche scientifique et Technologique (CNRST), Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA), Département Environnement et Forêts, Laboratoire de l'Environnement et des Ecosystèmes Forestiers, Agroforestiers et Aquatiques (ECOFAA), 04 BP 8645 Ouagadougou 04, Burkina Faso

³ Université Felix Houphouet Boigny, UFR BIOSCIENCES, Laboratoire de Physiologie Végétale, 01 BP V 34, 01 Abidjan, République de Côte d'Ivoire

⁴ Université Joseph Ki-Zerbo, Unité de Formation et Recherche des Sciences de la Vie et de la Terre (UFR/SVT), 03 BP 7021 Ouagadougou, Burkina Faso

(reçu le 02 Février 2023; accepté le 11 Mai 2023)

* Correspondance, e-mail : lassina.sanoulassina@gmail.com

RÉSUMÉ

Cette étude porte sur l'effet des broyats des émondes de *Gliricidia sepium* comme source d'azote sur la production céréalière et les propriétés du sol en zone soudanienne du Burkina Faso. Nous avons comparé les effets de différentes doses d'extraits de *Gliricidia sepium* entre elles, à une dose de fumure normale (sorgho = 100 kg/ha NPKSB + 50kg d'urée à 46 %N/ha et pour le maïs 200 kg/ha NPKSB + 100 kg d'urée à 46 % N/ha) et à un témoin sans fertilisation. Les paramètres mesurés sont les rendements biomasse et grains des cultures, les éléments chimiques du sol et l'activité biologique du sol. Les résultats montrent une nette amélioration des rendements dans les traitements fertilisés comparativement au témoin qui atteignent 141 % pour le maïs et 121 % pour le sorgho. L'analyse de l'activité respirométrique du sol montre une activité biologique plus importante et significative des traitements fumés avec les émondes de *Gliricidia sepium* par rapport au

témoin et à la fumure minérale à la dernière date d'observations. L'analyse des caractéristiques chimiques du sol ne révèle aucune différence statistiquement significative sur les deux premières dates d'observations. En plus, on constate une tendance à la hausse de la matière organique, de l'azote et pH KCl sous ces traitements. De ces résultats, il en résulte que *G. sepium* présente un potentiel en engrais vert azoté et potassique boostant les productions céréalières et à la portée des agriculteurs.

Mots-clés : *activité biologique, azote, engrais vert, fumure, Gliricidia sepium, rendement.*

ABSTRACT

Effect of shredded prunings of *Gliricidia sepium* as a source of nitrogen on cereal production and soil properties in the Sudanian zone of Burkina Faso

This study focuses on the effect of shredded prunings of *Gliricidia sepium* as a source of nitrogen on cereal production and soil properties in the Sudanian zone of Burkina Faso. We compared the effects of different doses of extracts of *Gliricidia sepium* with each other, with a dose of normal manure (sorghum = 100 kg/ha NPKSB + 50 kg of urea at 46 % N/ha and for maize 200 kg/ha NPKSB + 100 kg of urea at 46 % N/ha) and a control without fertilization. The parameters measured are the biomass and grain yields of the crops, the chemical elements of the soil and the biological activity of the soil. The results show a marked improvement in yields in the fertilized treatments compared to the control, which reach 141 % for maize and 121 % for sorghum. The analysis of the respirometric activity of the soil shows a more important and significant biological activity of the smoked treatments with the prunings of *Gliricidia sepium* compared to the control and to the mineral manure at the last date of observations. The analysis of the chemical characteristics of the soil reveals no statistically significant difference on the first two observation dates. In addition, there is an upward trend in organic matter, nitrogen and pH KCl under these treatments. From these results, it follows that *G. sepium* has potential as a nitrogenous and potassium green manure boosting cereal production and within the reach of farmers.

Keywords : *biological activity, nitrogen, green manure, manure, Gliricidia sepium, yield.*

I - INTRODUCTION

L'agriculture dans les écosystèmes semi-arides du Sahel est confrontée aux aléas climatiques, à l'inadéquation des pratiques culturales et à la baisse de la fertilité des sols. Cet état de fait constitue des contraintes majeures à la production agricole dans ces régions sahéliennes [1 - 4]. Parmi ces contraintes majeures qui affectent la production agricole, l'appauvrissement des sols en matière organique et en éléments nutritifs comme l'azote et le phosphore est souvent cité comme responsable de cette détérioration [2, 5 - 11]. Des systèmes de jachère jadis pratiqués pour pallier cette déficience des sols deviennent de plus en plus problématiques du fait de la croissance démographique et de la réduction des terres cultivables [12 - 14]. En outre, les limites de l'agriculture intensive et de l'agriculture traditionnelle ont amené la recherche à proposer une agriculture médiane couramment appelée agriculture raisonnée ou agriculture durable. Ces pratiques respectueuses de l'Homme et l'environnement ont but d'assurer un développement durable. Cependant elles doivent concilier l'essor économique (fondé sur des choix privés), l'équité sociale (choix politiques et éthiques) et la maîtrise de la santé et de l'environnement. Au regard des coûts élevés des intrants et le niveau de pauvreté des paysans, l'exploration de nouvelles pistes de productions écologiques à moindre coût et boostant tout de même les productions agricoles est impérative.

C'est ainsi que l'utilisation d'espèces végétales appartenant notamment à la famille des Leguminosae apparaît comme une alternative permettant la restauration de la fertilité et/ ou la maintenance du niveau de la fertilité des sols agricoles. Les arbres fixateurs d'azote peuvent jouer un rôle important dans l'aménagement des sols tropicaux pour résoudre le problème de la baisse de la fertilité et contribuer à l'amélioration de la production agricole [15, 16]. *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp est un arbre pérenne à croissance rapide de la famille des Leguminosae. Originaire de l'Amérique Centrale, cet arbre s'est propagé dans d'autres régions du monde [17, 18]. C'est ainsi, qu'il a été domestiqué dans plusieurs zones : Caraïbes, Philippines, Indes, Sri Lanka et Afrique de l'Ouest [19 - 21]. Cette plante est largement utilisée dans les systèmes agricoles pour sa production importante de biomasse. En effet, il est cultivé dans la plupart des pays tropicaux pour faire des haies, produire du fourrage à travers les banques fourragères ou de l'ombrage aux cultures. Comme engrais vert, les feuilles de *Gliricidia sepium* contiennent environ 18 à 30 % de protéines brutes soit environ 3 à 5 % d'azote, et pour exemple 15 t/ha/an de biomasse foliaire peuvent fournir l'équivalent de 50 à 120 kg N/ha/an pour les cultures (Ndiaye, 1997 ; [17, 22, 23]. *G. sepium* est utilisé en agronomie (jachère améliorée, culture associée, rotation, culture intercalaire), en zootechnie (fourrage), en agroforesterie, en médecine [17].

En effet plusieurs études ont montré l'importance de *G sepium* sur l'amélioration de la productivité et les propriétés des terres tout en diminuant les coûts de production [16]. Cependant très peu d'études ont été menées sur l'effet des broyats des feuilles et jeunes tiges de *Gliricidia sepium* comme source d'azote sur les céréales. Or, le but visé par la recherche-développement est d'évaluer et de promouvoir des pratiques pour améliorer les systèmes de production de manière générale et en particulier en ce qui concerne le Burkina, les systèmes à base de sorgho, l'une des principales spéculations du pays. L'objectif de cette étude est d'évaluer l'impact des extraits de *Gliricidia sepium* comme fertilisant azoté sur la production céréalière et sur les propriétés du sol. De façon spécifique, il s'est agi d'évaluer l'efficacité des extraits de *G. sepium* comme substituant à l'azote et au potassium chimique, d'évaluer l'effet des émondes sur l'activité photosynthétique, les rendements grain et sur la production de la biomasse.

II - MATÉRIEL ET MÉTHODES

II-1. Site d'expérimentation

La station de recherches agricoles de Farako-Bâ (4° 20' W, 11° 6' N, Alt. 405 m) est localisée dans la région Ouest du Burkina Faso. Le climat de la zone est de type sud-soudanien caractérisé par l'alternance de deux saisons : une saison pluvieuse qui dure de Mai à Octobre avec une pluviométrie comprise entre 950 mm et 1100 mm et une saison sèche de Novembre à Avril. Les sols de Farako-Bâ sont principalement de types sableux à texture sablo- limoneuse, légèrement acides. Ils ont de faibles teneurs en argile et en matière organique avec une capacité d'échange cationique faible. Ce sont des sols pauvres en azote, en phosphore et sont très sensibles au lessivage et à l'érosion. La végétation se caractérise par une savane arbustive et arborée [24, 25].

II-2. Matériel végétal

- **Grinkan** ou 02-SB-F4DT-275 est une variété adaptée aux aires de culture comprises entre 500- 800mm et plus. La plante a une taille moyenne de 120cm, un cycle semis- maturité de 125 jours et non photosensible avec des panicules semi-compactes. La graine est de couleur blanche et semi-vitreuse. La variété Grinkan présente une bonne vigueur à la levée, très résistante à la verse, à la sécheresse, mais sensible aux maladies foliaires (bandes de suie) et aux moisissures des grains. Le rendement grain en culture irriguée est d'environ 4-5 t/ha et en culture pluviale, il est de 2,5 t/ha. Malgré la précocité et la bonne valeur fourragère des pailles de Grinkan, la variété reste très exigeante en engrais.

- **Maïs**

La variété améliorée BARKA (maïs) mise en vulgarisation est utilisée. Il s'agit d'une variété de maïs à cycle extra précoce (70 à 84 jours) avec des graines de couleur blanche. La résistance à la sécheresse et la tolérance aux fortes densités sont les points forts de cette variété avec des rendements potentiels en agriculture semi-intensive allant de 3,5 à 5,6 t/ha.

-Gliricidia sepium est un arbre de taille moyenne (10-15 m de haut). Cet arbre a été introduit dans de nombreuses zones tropicales du monde pour faire des haies, produire du fourrage ou de l'ombrage aux cultures. Comme engrais vert, 15 t/ha/an de biomasse foliaire fraîche peuvent fournir l'équivalent de 40 à 70 kg N/ha/an [17, 20, 22, 23], pour les cultures soit 1,7 à 3 sacs d'urée. L'engrais composé N-P-K-S-B de formule 14-18-18-6-1, les engrais simples TSP (Triple Super Phosphate) à 46% de P₂O₅, de KCl (60% de K₂O) ; et l'urée à 46 % ont été les engrais minéraux utilisés. Les doses de TSP (46 % de P₂O₅) et de KCl (60 % K₂O) apportées dans certains traitements sont destinées à compenser l'équivalent des doses de potassium et phosphore apportées dans d'autres (voire plus bas pour de plus amples informations sur les traitements). La fumure organique a été des broyats des feuilles et jeunes rameaux de *G. sepium* à différentes doses.

MF= Matière fraîche=Feuilles+jeunes rameaux, MS= Matière sèche=Poids sec. Deux échantillons de 100 g de matière fraîche ont été mis à l'étuve pendant 24 Heures à 105 °C : la moyenne des masses = 18,2 g. Le chlorophylle-mètre a été utilisé pour de déterminer le taux de chlorophylle présent dans une feuille. La mesure correspond à un rapport entre les réflectances de la feuille dans le rouge (650 nm) et le proche infrarouge (940 nm). Le temps de mesure est très court, soit environ quatre secondes par mesure.

- **Dispositif expérimental**

Les parcelles élémentaires (traitements) ont été installées sur des sols sableux à la station de recherche de l'INERA Farako-Bâ. Le dispositif mis en place est une randomisation totale pour le sorgho et le dispositif en blocs de Fisher (blocs aléatoires complets) pour le maïs. La préparation du sol a consisté en un labour profond du sol au tracteur. Avant semis, la semence a été traitée avec un antifongique (thiamethoxam) à la dose de 600 ml/100kg. Le semis a été réalisé manuellement en poquets et en ligne selon les écartements 0,80 x 0,40 cm. Les opérations culturales d'entretien ont consisté en un sarclage et à un buttage manuel. Le dispositif expérimental de l'essai pour le sorgho était une randomisation totale avec 4 répétitions par traitement. Le facteur étudié était la fumure composée de 05 niveaux de fumure : T0 : Témoin sans fertilisation.

T1 : ° 100 Kg/ha NPKSB (14-23-14-6-1) à 15 JAS

° 50 kg/ha d'urée (46 %) à 45 JAS.

T2 : ° 100 Kg/ha NPKSB (14-23-14-6-1) à 15 JAS

° 1 t/ha de MS de *G. sepium* (soit 5,5 t/ha de matière fraîche) à 45 JAS.

T3 : ° 50 kg/ha de TSP (46 % de P205) + 23,34 kg/ha de KCl (60% de K20)

+ 1 t/ha de MS de *G. sepium* à 15 JAS

° 0,5 t/ha de MS de *G. sepium* à 45 JAS.

T4 : ° 50 kg/ha de TSP (46 % de P205) + 23,34 kg/ha de KCl (60% de K20)

+ 1 t/ha de MS de *G. sepium* à 15 JAS

° 1 t/ha de MS de *G. sepium* à 45 JAS

Les dimensions d'une parcelle élémentaire pour un traitement sont de 5,6 m x 5,2 m = 29,12 m². Les cinq traitements sont répétés quatre fois soit vingt parcelles élémentaires.

Le dispositif expérimental de l'essai du maïs était un dispositif en blocs de Fisher complètement randomisé. Le facteur étudié était la fumure composée de 06 niveaux de fumure :

T0 : Témoin sans fertilisation

T1 : ° 200 Kg/ha NPKSB (14-23-14-6-1) à 15 JAS

° 100 kg/ha d'urée (46 % N) à 45 JAS.

T2 : ° 200 Kg/ha NPKSB (14-23-14-6-1) à 15 JAS

° 1 t/ha de MS de *G. sepium* à 45 JAS.

T3 : ° 100 kg/ha de TSP (46 % de P205) + 1 t/ha de MS de *G. sepium* à 15 JAS

° 1 t/ha de MS de *G. sepium* à 45 JAS.

T4 : ° 100 kg/ha de TSP (46 % de P205) + 46,68 kg/ha de KCl (60 % de K20) + 1 t/ha de MS de *G. sepium* à 15 JAS

° 1 t/ha de MS de *G. sepium* à 45 JAS.

T5 : ° 100 kg/ha de TSP (46 % de P205) + 46,68 kg/ha de KCl (60 % de K20) + 1,5 t/ha de MS de *G. sepium* à 15 JAS

° 1,5 t/ha de MS de *G. sepium* à 45 JAS

Les dimensions de la parcelle élémentaire (pour un traitement) sont de 4 m x 4 m = 16 m². Dans chacun des quatre blocs (B1, B2, B3 et B4) les six traitements sont répétés une fois et repartis de manière aléatoire.

II-3. Variables étudiées et techniques de mesure

Les variables étudiées sont relatives aux analyses de laboratoire du sol, à l'activité biologique du sol, au suivi du taux de chlorophylle, à l'évaluation de la biomasse et aux rendements grains. Pour l'analyse des sols, les échantillons de sol ont été collectés dans l'horizon 0-20 cm à l'aide d'une tarière. Dans chaque parcelle et pour chaque traitement, il a été effectué 5 prélèvements de sol de façon randomisée suivant les deux diagonales puis ils

ont été mélangés pour former un échantillon composite d'environ 1 kg. Les échantillons ainsi prélevés, par traitement sont séchés, broyés, tamisés et conditionnés avant d'être acheminés au laboratoire pour les analyses. Elles ont porté sur la détermination de pHeau, pH KCl, l'azote, en phosphore total, le phosphore assimilable, le potassium total, le potassium disponible, le carbone (C), la matière organique et l'activité respirométrique. Il faut noter que le premier échantillonnage a eu lieu lors de la mise en place des tests et la seconde à 49 JAS pour le sorgho et 40 JAS pour le maïs avant la deuxième application et une dernière au moment des récoltes. Cela a pour but d'avoir une idée sur l'évolution de la fertilité des sols après les applications des extraits de *Gliricidia sepium* par traitement.

II-4. Echantillonnage des extraits de *Gliricidia sepium* apporté

Deux échantillons des extraits de *G. sepium* ont été prélevés pour déterminer les minéraux. Un échantillon de 200 g des broyats des feuilles et jeunes rameaux a été séché, broyé et analysé. Un autre échantillon de 640 g de broyats des feuilles et jeunes rameaux est mélangé avec l'eau pendant 24 heures dans un rapport de 1 / 2. Après malaxage on filtre le mélange avec un tamis de 2 mm. L'extrait obtenu (jus du filtrat) est analysé de même que les fibres issues du filtrage.

II-5. Méthodes d'analyse au laboratoire

-L'activité respirométrique : La méthode utilisée est celle de Dommergues qui a consisté à introduire dans un bocal en verre de capacité 1 litre, 100 g de sol humidifié au 2/3 de la capacité maximale de la rétention d'eau au champ. On y a placé un bécher contenant 20 ml de d'hydroxyde de sodium (NaOH) à 0,1N et un flacon contenant de l'eau. Le bocal est ensuite hermétiquement fermé et mis en incubation à une température de 30°C. Toutes les 24h, le bécher contenant les 20 ml de NaOH est sorti pour être dosé avec l'acide chlorhydrique (HCL 0,1N) et immédiatement remplacé par un autre bécher contenant le même volume de soude (NaOH à 0,1N) et cela pendant une semaine. Après les 7 jours, le dosage se fait tous les 48h jusqu'au 21^{ème} jour. Pour la suite de l'expérimentation, il faut adjoindre un blanc (un bocal contenant les 20 ml NaOH 0.1N, le flacon d'eau, mais sans sol). Le blanc est considéré comme un échantillon et doit subir les mêmes opérations. Pour le dosage, il faut prendre le bécher contenant les 20 ml de NaOH sorti de l'incubation, ajouter 3ml de chlorure de baryum (BaCl₂ 3%) et 2 à 3 gouttes de pp (phénolphtaléine C₂₀H₁₄O₄) et doser avec l'acide chlorhydrique (HCl 0,1N).
Quantité de CO₂ dégagé

$$\text{CO}_2 \text{ (mg/100g de sol)} = (\text{VB}-\text{VE}) \times 2,2$$

-VB = volume de HCl utilisé pour le bocal témoin (blanc)
-VE = volume de HCl utilisé pour le bocal contenant l'échantillon de sol
2,2g de CO₂ : correspond à 1ml de HCl 0,1N.

-Détermination de la matière organique et du carbone a été faite selon la méthode WALKEY-BLACK [26]. Le dichromate de potassium oxyde le carbone organique en gaz carbonique en milieu sulfurique concentré. La combustion se fait à froid et l'excès du dichromate est titré avec une solution de sel de Mohr (Fe(SO₄)₂(NH₄)₂) 0.5 N en présence d'un indicateur. L'oxydation de la matière organique est incomplète. On corrige les résultats en les multipliant par $100/75 = 1,33$ car on estime que la méthode ne permet qu'une oxydation de 75 % de la matière organique. Pour avoir le taux de matière organique on multiplie celui du carbone par 1,724. Ce facteur vient du fait qu'on estime que la matière organique contient 58 % de carbone.

-Détermination de l'azote total : elle a été faite selon la méthode de [27] : Les échantillons du sol sont soumis à l'action de l'acide sulfurique concentré en présence d'un catalyseur (alliage de Devarda et du sélénium). C'est ainsi que l'acide sulfurique décompose les matières organiques ; le carbone se transforme en gaz carbonique, l'hydrogène en gaz, et l'azote en sulfate d'ammonium (NH₄)₂SO₄. Après cette minéralisation, la distillation déplace l'ammoniac du sulfate d'ammonium par addition de soude. L'ammoniac sera recueilli dans de l'acide borique. Cette solution acide borique-ammoniac est dosée avec de l'acide sulfurique 0,1 N.

-Détermination du phosphore total et du potassium total : La minéralisation se fait avec un mélange d'acide nitrique et d'acide sulfurique (HNO₃-H₂SO₄). La détermination du phosphore se fait au spectrophotomètre ; et le potassium au spectromètre à émission de flamme.

-Mesure du pH : méthode potentiométrique : Le pH eau est déterminé à l'aide d'un pHmètre électronique à lecture directe. Les pH sont mesurés à partir d'une solution aqueuse dans un rapport poids/volume égal à 2/5.

-Estimation des rendements agronomiques : Les rendements grains et pailles ont été évalués en choisissant quatre lignes centrales dans chaque parcelle élémentaire. Les rendements en grains et en pailles ont été ensuite calculés en rapportant la production à la surface, puis extrapolés à l'hectare en tenant compte de la densité (nombre de pieds).

III - RÉSULTATS ET DISCUSSION

III-1. Caractéristiques chimiques des sols du site d'étude

Le *Tableau 1* présente les caractéristiques chimiques du sol des sites ayant accueilli les deux essais de production de maïs et de sorgho. Les sols des deux sites sont acides à très acides avec des pH eau de 5,65 et 4,93 respectivement pour le site du sorgho et celui du maïs. La teneur en matière organique est faible (0,69 pour le sorgho, et 0,59 pour le maïs). Cette matière organique a un niveau de minéralisation très élevé (C/N = 10,2 et C/N = 9,94 respectivement pour le sorgho et le maïs). Le taux d'azote est par contre très faible (0,04 %) et est en dessous du seuil de déficience. Les teneurs obtenues pour les deux sites sont très faibles et sont caractéristiques de la plupart des sols au Burkina Faso. Par ailleurs, les teneurs en phosphore et en potassium totaux sont très élevées alors que la part assimilable est très faible (3,38/87,9 ; 78,32/687,22 et 2,83/83,42 ; 63,85/395,04 respectivement pour le sorgho et le maïs). Cependant, le site du sorgho est d'un niveau de fertilité relativement plus élevé que celui du maïs. L'acidité des sols peut affecter la disponibilité des éléments nutritifs pour les besoins des plantes. C'est pourquoi les sols du champ de maïs sont très fortement acides (4,5 à 5) et ceux du sorgho moyennement acides (5,5 à 6). Cependant, la notion de pH sur la disponibilité des nutriments pour la plante dépend aussi d'autres paramètres tels que les espèces, des équilibres entre les minéraux. Les deux sites diffèrent sur l'ensemble des paramètres mesurés. Cependant ils sont très pauvres en éléments nutritifs. Le taux de matière organique est très déficitaire, signe de pauvreté extrême des parcelles de la station de recherche de Farako-Bâ et cela a relevé par les études antérieures de [2] à la station de recherche de Farakobà. La déficience en N est encore plus marquée dans ces champs avec une activité biologique importante conduisant à des rapports C/N équivalent à 10. L'ensemble de ces deux champs renferment de très faibles teneurs en P assimilable et K disponible malgré des niveaux élevés en P total et K total. Selon Traoré, (2011), en présence de ce type de sol un amendement organique est suggéré en vue de permettre une amélioration de sa capacité d'absorption.

Tableau 1 : *Caractéristiques chimiques des sols du site d'étude*

Paramètres chimique	Sites d'expérimentation	
	Sorgho	Maïs
pHeau	5,65	4,93
pHKCl	4,27	4,04
Carbone (%)	0,4	0,34
M.O (%)	0,69	0,59
C/N	10,2	9,94
N (%)	0,039	0,035
Ptotal (mg/kg)	87,9	83,42
Passimilable (mg/kg)	3,38	2,83
K total	687,22	395,04
K disponible	78,32	63,85

III-2. Caractéristiques chimiques des broyats de *Gliricidia sepium*

Les résultats des analyses chimiques des broyats, résidus et filtrats du *Gliricidia sepium* sont présentés dans le **Tableau 2**. Le filtrat des extraits est légèrement acide (pH = 6,63) immédiatement après le broyage. Cependant, on remarque que le filtrat s'acidifie énormément au bout de 24 h en passant de 6,63 à 4,7. En outre, *Gliricidia sepium* est une plante très riche en azote (3,8 %), potassium (23 g/kg), calcium (9 g/kg) et magnésium (4 g/kg) pour le broyat brut. Par ailleurs, l'analyse révèle des faibles teneurs en éléments minéraux des filtrats par rapport aux résidus. Le broyat des émondes de *G. sepium* présente de fortes teneurs surtout pour l'azote, le potassium et les bases échangeables. La teneur en azote des émondes de *G. sepium* utilisées dans notre expérience est de 3,8 %, inférieure à celle trouvée par [18] au Sénégal qui était de 4,9 %, de même que celle trouvée par [22] qui était de 4,2 %. Cependant, elle est supérieure à celle trouvée par [16] qui était de 2,1 %. La teneur en azote est un facteur important dans le choix d'espèce candidate potentielle comme engrais vert. En effet, l'aptitude d'une espèce surtout agroforestière à améliorer la productivité d'un sol dépend, de son rendement en biomasse, de la qualité de cette biomasse et de sa vitesse de décomposition [18, 19, 28]. Par ailleurs, on constate qu'une tonne de MS de *G. sepium* équivaut à 23 kg de potassium qui est supérieure à celle trouvée par [16] qui était de 18 kg/t MS mais inférieure à celle trouvée par [22] qui était de 26 kg pour 1 t MS.

Cette légère différence serait liée à la composition de la biomasse utilisée c'est-à-dire au rapport feuilles/jeunes rameaux. Le mélange de broyats avec l'eau (dans un rapport 1/2) ne permet pas la libération des minéraux dans le liquide du macéré. En effet, le filtrat obtenu contient une faible part des éléments chimiques comparée aux résidus qui ont une composition proche du broyat brut. Cela pourrait s'expliquer par le fait que la plupart de ces éléments soient fixés dans les parois celluloseuses ou la lignine plutôt que dans le contenu cytoplasmique des tissus végétaux. De ce fait, la libération de ces éléments pour le sol et les plantes subséquentes nécessite des réactions enzymatiques. Le fait que le filtrat s'acidifie énormément au bout de 24 h avec un pH eau passant de 6,63 à 4,7 serait lié à la fermentation. Cette forte acidité du filtrat a eu un effet herbicide sur les mauvaises herbes plus visible que les parcelles ayant reçu les broyats bruts des émondes (T4 du maïs). Cet effet herbicide doit être utilisé avec précaution afin d'éviter les brûlures sur les feuilles des jeunes plantules de sorgho et de maïs susceptible d'induire un retard de croissance des plantules. Pour se faire, il faut apporter directement les broyats suivi d'un enfouissement par buttage au pied des plants des cultures. D'autres études ont relevé l'effet herbicide des émondes de *Gliricidia sepium* [16].

Tableau 2 : Résultats d'analyse chimique des broyats, filtrats et résidus de *Gliricidia sepium*

Paramètres chimiques	BROYATS	FILTRAT	RESIDUS
M.M (%)	9,22	Nd*	Nd
N (%)	3,8	0,088	3,341
P total (mg/kg)	1583	81,01	1301,2
K total (mg/kg)	22958	2069,2	17582,4
Ca total (mg/kg)	8 815	Non déterminé	Non déterminé
Mg total (mg/kg)	4 342	Non déterminé	Non déterminé
pH eau	6,63	Non déterminé	Non déterminé

III-3. Paramètre physiologique de la plante : évolution de la chlorophylle des plants en fonction des traitements

Les résultats de l'analyse de l'intensité chlorophyllienne des plants de sorgho indiquent une différence significative entre les traitements sur l'évolution du taux de chlorophylle du sorgho pour toutes les dates (**Tableau 3**). On observe chez le sorgho que la fumure a eu un effet significatif sur l'évolution du taux de chlorophylle durant toutes les dates d'observation. Comparativement au témoin (T0), la fumure normale recommandée (T1) et les fumures avec les extraits de *G. sepium* (T3 et T4) ont donné des taux de chlorophylle plus élevés et n'ont présentés aucune différence statistique entre elles. Quant au traitement T2 (1 t/ha de MS de *G. sepium*), il ne diffère ni avec le témoin ni avec les autres traitements à l'exception de la deuxième date d'observation (63 JAS) où tous les traitements sont statistiquement différents du témoin et ne présentent aucune différence entre eux. Dans le cas du maïs, la variation du taux de chlorophyllienne entre les traitements est statistiquement significative à très hautement significative à toutes les dates d'observations (**Tableau 4**). Le traitement témoin T0 (sans fertilisation) enregistre les plus faibles taux de chlorophylle tandis que les traitements T3 et T5 enregistrent les taux les plus élevés aux différentes dates d'observations à l'exception de la première date (41 JAS). En outre, il n'y a aucune différence significative entre le traitement T1 (Fertilisation minérale recommandée) et les différents traitements avec les extraits de *G. sepium* (T2, T3, T4 et T5). Enfin, on remarque que l'intensité chlorophyllienne du traitement T3 (TSP + 2t de MS de *G. sepium*) sans azote et sans potassium est supérieure ou égale aux autres traitements (T1, T2, T4 et T5) ayant reçu la fumure minérale et/ou des doses supérieures de broyat de *G. sepium*. Les effets significatifs observés sur la teneur de la chlorophylle avec l'apport des fumures montrent qu'il a favorisé la disponibilité des éléments nutritifs, notamment l'azote qui est un constituant essentiel de la chlorophylle selon plusieurs auteurs. L'azote joue un rôle essentiel dans la constitution des noyaux cellulaires de la

chlorophylle. C'est ainsi que [29] indique que l'azote permettait une augmentation de la quantité de chlorophylle et des rendements grains. [30] a aussi trouvé des résultats semblables, indiquant un effet positif de la fumure sur l'activité photosynthétique entre les traitements ayant reçu différentes doses de fumure minérale et organo-minérale. La différence de teneur de chlorophylle entre les traitements indifféremment de la culture (maïs, sorgho) entre les dates s'explique par une minéralisation progressive de la matière organique apportée. A la quatrième date d'observation après la deuxième dose de fumure, il est observé des différences plus nettes entre les traitements. Cependant la similitude de la teneur en chlorophylle des plants des traitements ayant reçu la fumure minérale recommandée et ceux ayant reçu les broyats de *G. sepium* serait liée à un apport d'éléments nutritifs aux plantes quasi identique.

Tableau 3 : *Évolution du taux de chlorophylle des plants de sorgho en fonction des traitements*

Traitements	56 JAS	63 JAS	70 JAS	77 JAS
T0	28,87 ^{ab}	31,19 ^a	31,49 ^a	30,52 ^a
T1	34,34 ^c	33,49 ^b	32,15 ^a	33,33 ^c
T2	26,16 ^a	33,93 ^b	32,98 ^{ab}	31,02 ^{ab}
T3	31,30 ^{bc}	33,92 ^b	34,83 ^b	33,35 ^c
T4	29,63 ^{abc}	33,77 ^b	35,42 ^b	32,94 ^{bc}
Probabilité	P = 0,03	P < 0,05	P = 0,02	P = 0,02

T0 : Témoin (sans fertilisation), T1 : 100 kg/ha NPKSB + 50 kg/ha d'urée, T2 : 100 kg/ha NPKSB + 1 t MS *G. sepium*/ha, T3 : 1,5 t MS *G. sepium* + 50 TSP + 24 KCl/ha, T4 : 2 t MS *G. sepium* + 50 TSP + 24 KCl/ha. Dans les colonnes, les moyennes suivies par la ou les mêmes lettres ne sont pas statistiquement différentes selon le test de Fisher

Tableau 4 : *Évolution du taux de chlorophylle des plants de maïs en fonction des traitements*

Traitements	41 JAS	48 JAS	55 JAS	64 JAS
T0	30,6 ^a	23,8 ^a	22,0 ^a	25,2 ^a
T1	36,3 ^b	31,8 ^{ab}	34,1 ^b	34,1 ^{bc}
T2	37,0 ^b	29,7 ^{ab}	30,0 ^{ab}	31,2 ^{ab}
T3	33,6 ^{ab}	33,8 ^b	32,5 ^b	38,4 ^c
T4	33,8 ^{ab}	31,8 ^{ab}	32,0 ^{ab}	34,3 ^{bc}
T5	34,7 ^b	32,2 ^b	35,5 ^b	39,4 ^c
Probabilité	P < 0,001	P = 0,015	P = 0,011	P < 0,001

T1 : 200 kg/ha NPKSB + 100 kg/ha d'urée, T2 : 1 t MS *G. sepium* + 200 kg/ha NPKSB, T3 : 2 t MS *G. sepium* + 100 kg TSP/ha, T4 : 2 t MS *G. sepium* + 100 kg TSP + 47 kg KCl/ha, T5 : 3 t MS *G. sepium* + 100 kg TSP + 47 kg KCl/ha. Dans les colonnes, les moyennes suivies de la même lettre ne diffèrent pas significativement à un niveau de probabilité de 5 % selon le test de Fisher.

III-4. Effet des broyats de *Gliricidia sepium* sur les propriétés du sol

Les résultats sur la respiration du sol sont présentés dans la **Figure 1**. Il n'existe aucune différence significative entre les parcelles pour l'échantillon de base (avant la mise en place de l'essai). L'analyse de l'activité respirométrique ne présente aucune différence significative entre les traitements à 30 jours après l'application de la première dose des extraits de *G. sepium* pour le sorgho et à 21 jours après application pour le maïs. Cependant on constate des différences statistiquement significatives au dernier prélèvement surtout pour le sorgho. Le traitement T4 (2 t MS/ha) du sorgho enregistre une valeur statistiquement supérieure au témoin, au T2 (1t MS/ha) et au T1 qui est la fertilisation minérale recommandée. Par ailleurs on remarque un regain de l'activité biologique à la fin du cycle de développement des plants.

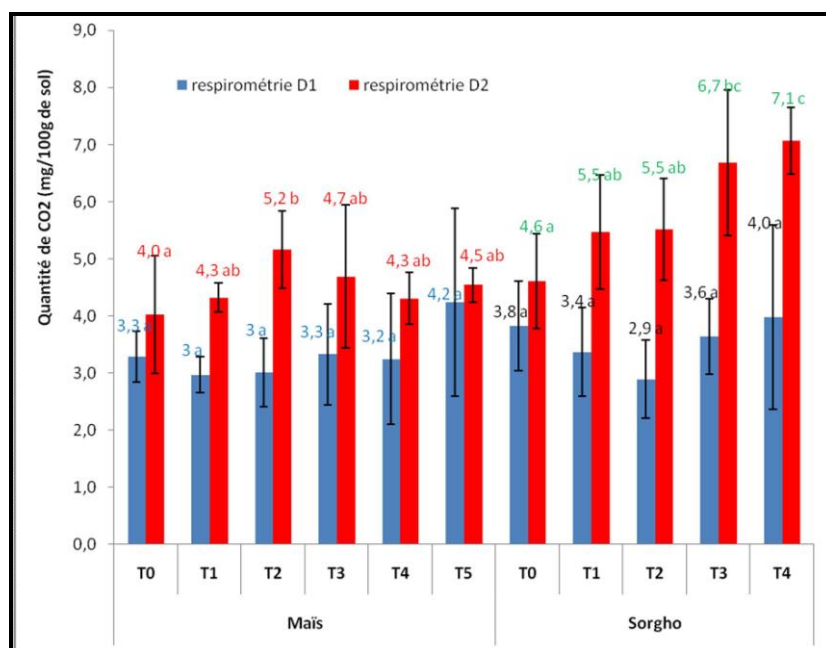


Figure 1 : Histogramme de l'évolution de l'activité respirométrique du sol sous le maïs et le sorgho.

NB. D1 = Avant buttage..... D2 = fin campagne

Aucune différence significative n'est observée entre les traitements aussi bien pour le maïs que pour le sorgho pour les échantillons prélevés à la première date ($P > 0,05$). Trente jours après l'application de la première dose des extraits de *G. sepium* pour le sorgho et 21 jours après pour le maïs l'activité biologique du sol ne diffère guère entre les traitements. Plusieurs paramètres peuvent expliquer cette indifférence telle que la résistance à la décomposition de la matière organique apportée. La vitesse et l'intensité de la biodégradation des émondes de *G. sepium* peuvent être influencées par le régime hydrique qui était insuffisante dans notre étude suite à un arrêt de pluie du 15 au 30 JAS. [18] mentionne l'irrégularité des pluies à travers les poches de sécheresse comme un facteur qui influe sur la vitesse de la biodégradation des émondes de *G. sepium*. Il indique qu'il faut tenir compte de cet aspect afin de mieux gérer la nutrition minérale des cultures. En outre, cette indifférence d'activité respirométrique liée à une faible activité biologique pourrait s'expliquer par la composition chimique des émondes de *G. sepium* riches en cellulose, lignine et polyphénols incorporées dans le sol comme l'a souligné [18]. Selon lui, le temps de demi-vie des émondes de *G. sepium* est de 20 jours et jugé comme satisfaisant. En effet, [18] a travaillé au Sénégal en climat semi- aride et a trouvé 20 jours de demi vie pour la décomposition des émondes de *G. sepium*.

Ainsi, l'absence de différence significative de l'activité biologique 30 jours après l'application de la première dose des extraits de *G. sepium* pour le sorgho et 21 jours après pour le maïs pourrait s'expliquer par le fait que les 21 à 30 jours étaient le temps nécessaire à un démarrage effectif du processus d'humification de la matière fraîche incorporée au sol. Par ailleurs on en déduit de cette indifférence d'activité respirométrique que les extraits de *G. sepium* ne seraient pas toxiques pour l'activité biologique du sol bien que l'effet antifongique ait été relevé par certains auteurs Stewart [17, 21]. En ce qui concerne les différences significatives constatées à la dernière date d'observation pourraient s'expliquer par une accélération de la vitesse et de l'intensité de la biodégradation des extraits de *G. sepium* ($P < 0,05$). Cette activité biologique semble s'augmenter avec les doses croissantes de *G. sepium* et plus observable au niveau du sorgho. En effet, le traitement T4 (2 t MS/ha) et T3 (1,5 t MS/ha) sur le sorgho avec respectivement 6,7 et 7,1 mg de $CO_2/100$ g de sol sont statistiquement supérieurs au témoin (4,6 mg de $CO_2/100$ g) et même à la fertilisation minérale recommandée T1 (5,5 mg de $CO_2/100$ g) pour le T4. Ndiaye (1997) a aussi trouvé des résultats semblables avec un décollage de l'activité respirométrique 30 jours après application et une évolution en pic aux 45 jours et plus. Pour le maïs, seul le traitement T2 (NPK et 1 t MS/ha) se distingue du témoin. Cette situation pourrait être liée à la pauvreté extrême du site surtout en matière organique et donc par

conséquent aurait une faible biomasse microbienne. En effet il existe une relation entre la quantité et la qualité de la biomasse microbienne avec la vitesse de décomposition des émondes (Nicolardot et al., 2010). Quant au traitement T2, l'amélioration obtenue avec 200 kg/ha de NPKSB et 1 t MS/ha de *G. sepium* suggère que l'engrais chimique apporté dans ce traitement aurait accéléré le processus de décomposition de la matière fraîche apporté comme l'ont souligné Kaho et al., (2011).

III-5. Effet des broyats de *G. sepium* sur les propriétés chimiques du sol

Les propriétés chimiques du sol ont été analysées au début, en milieu (avant deuxième application ou buttage) et à la fin de l'étude en vue de déterminer l'effet des différents traitements sur le sol (**Tableau 5**). A l'issue de l'activité respirométrique, les effets de *G. sepium* sur les propriétés chimiques du sol ne sont pas statistiquement significatifs sur les deux premiers prélèvements (D0 échantillon de base cf. **Tableau 2** et D1 avant deuxième application) de manière générale. Par contre, pour le dernier prélèvement, des différences significatives existent entre les traitements notamment pour le potassium (total et disponible) et le phosphore assimilable. Dans le cas du sorgho, les valeurs de pH_{eau} , pH_{KCl} , P_{total} et le rapport C/N ne diffèrent pas significativement en fonction des traitements ($P > 0,05$). Pour le maïs, ce sont les valeurs de pH_{eau} et le rapport C/N qui ne diffèrent pas en fonction des traitements. Néanmoins à la dernière date, la tendance générale de l'évolution de ces propriétés était à la hausse par rapport aux valeurs initiales, aux témoins et à la fertilisation minérale recommandée. On constate la même tendance en ce qui concerne l'azote, le carbone et la matière organique. D'un point de vue général, les émondes ont permis d'améliorer les quantités assimilables du phosphore et de potassium disponible à la dernière date d'observation chez les deux cultures.

Tableau 5 : Effet des broyats des émondes de *Gliricidia sepium* sur les caractéristiques chimiques du sol**I. Culture du sorgho**

Culture	Traitement	pHeau		pH Kcl		Azote		Carbone		Matière organique	
		49 JAS	112 JAS	49 JAS	112 JAS	49 JAS	112 JAS	49 JAS	112 JAS	49 JAS	112 JAS
	T0	5,02 a ^y	5,58 a	4,11 a	4,57 a	0,040 ab	0,042 a	0,42 c	0,43 a	0,73 c	0,74 ab
	T1	5,18 a	5,68 a	4,24 a	4,65 a	0,044 b	0,043 a	0,44 c	0,41 a	0,76 c	0,71 ab
Sorgho	T2	4,88 a	5,47 a	4,06 a	4,45 a	0,035 a	0,039 a	0,36 ab	0,37 a	0,62 ab	0,64 a
	T3	5,03 a	5,62 a	4,13 a	4,51 a	0,035 a	0,042 a	0,35 a	0,41 a	0,60 a	0,71 ab
	T4	5,19 a	5,70 a	4,24 a	4,70 a	0,042 b	0,049 a	0,42 bc	0,51 a	0,72 bc	0,87 b
Probabilité		P = 0,81	P = 0,46	P = 0,68	P = 0,43	P = 0,018	P = 0,47	P = 0,028	P = 0,35	P = 0,028	P < 0,05
		C/N		P TOTAL		P ASSIMILABLE		K TOTAL		K DISPONIBLE	
		49 JAS	112 JAS	49 JAS	112 JAS	49 JAS	112 JAS	49 JAS	112 JAS	49 JAS	112 JAS
	T0	10,62 a	10,09 a	92,66 a	75,43 a	4,07 a	3,70 a	824,54 a	711,31 a	69,93 a	75,42 ab
	T1	10,09 a	9,55 a	106,06 a	82,16 a	4,82 a	3,70 a	726,54 a	760,81 ab	72,93 a	66,93 a
Sorgho	T2	10,09 a	9,42 a	88,86 a	85,01 a	5,17 a	7,39 ab	677,42 a	804,78 ab	66,18 a	73,68 ab
	T3	10,05 a	9,69 a	86,97 a	99,35 a	10,79 b	12,84 b	716,88 a	790,17ab	73,93 a	89,66 bc
	T4	9,92 a	9,87 a	85,99 a	89,81 a	4,70 a	7,66 ab	834,43 a	966,94 b	80,17 a	100,65 c
Probabilité		P = 0,84	P = 0,7	P = 0,57	P = 0,50	P = 0,003	P = 0,032	P = 0,69	P < 0,05	P = 0,38	P = 0,013

T0 : Témoin (sans fertilisation), T1 : 100 kg/ha NPKSB + 50 kg/ha d'urée, T2 : 100 kg/ha NPKSB + 1 t MS *Gliricidia sepium*, T3 : 1,5 t MS *Gliricidia sepium* + 50 TSP + 24 kcl, T4 : 2tMS *Gliricidia sepium* + 50 TSP + 24

II. Culture du maïs

Culture	Traitement	pH eau		pH kcl		Azote		Carbone		Matière organique	
		pH eau 2	pH eau 3	pH kcl 2	pH kcl 3	Azote 2	Azote 3	Carbone 2	Carbone 3	MO 2	MO 3
Maïs	T0	5,07 a	5,70 a	4,15 ab	4,37 ab	0,032 a	0,032 bc	0,28 a	0,31 bc	0,49 a	0,53 bc
	T1	4,79 a	5,61 a	3,93 a	4,30 a	0,028 a	0,026 a	0,24 a	0,24 a	0,42 a	0,41 a
	T2	5,14 a	5,79 a	4,26 b	4,56 abc	0,032 a	0,038 c	0,30 a	0,37 c	0,52 a	0,65 c
	T3	4,93 a	5,86 a	4,03 ab	4,57 abc	0,027 a	0,030 ab	0,23 a	0,30 ab	0,40 a	0,52 ab
	T4	5,04 a	5,77 a	4,24 b	4,58 bc	0,027 a	0,031 ab	0,23 a	0,30 ab	0,39 a	0,52 ab
	T5	5,01 a	5,77 a	4,14 ab	4,67 c	0,027 a	0,035 bc	0,29 a	0,34 bc	0,50 a	0,58 bc
	Probabilité	P = 0,51	P = 0,69	P < 0,05	P < 0,05	P = 0,30	P = 0,02	P = 0,49	P = 0,014	P = 0,49	P = 0,014
		C/N		P TOTAL		P ASSIMILABLE		K TOTAL		K DISPONIBLE	
		Azote 2	Azote 3	P total2	P total3	P assim2	P assim3	K total2	K total3	K dispo2	K dispo3
Maïs	T0	8,78 a	9,52 a	79,24 a	64,97 ab	2,46 a	1,32 a	309,08 ab	314,08 a	73,68 ab	66,68 ab
	T1	8,72 a	9,26 a	57,31 a	53,49 a	2,01 a	1,93 a	245,35 a	353,30 ab	53,45 a	63,94 a
	T2	9,54 a	10,07 a	66,85 a	70,72 ab	2,38 a	1,67 a	309,12 ab	363,33 ab	56,94 a	86,41 abc
	T3	8,65 a	10,07 a	65,90 a	60,18 ab	2,16 a	4,21 b	309,12 ab	343,53 a	65,43 ab	81,67 ab
	T4	8,58 a	9,92 a	70,68 a	80,26 b	2,56 a	2,15 a	318,94 b	346,90 ab	84,17 b	109,22 c
	T5	10,55 a	9,77 a	61,15 a	62,43 ab	1,85 a	2,67 ab	314,20 ab	418,91 b	72,68 ab	89,58 bc
	Probabilité	P = 0,43	P = 0,27	P = 0,71	P < 0,05	P = 0,35	P = 0,032	P < 0,05	P < 0,05	P < 0,05	P = 0,009

T0 : Témoin (sans fertilisation), T1 : 200 kg/ha NPKSB + 100 kg/ha d'urée T2 : 1 t MS *G. sepium* + 200 kg/ha NPKSB T3 : 2 t MS *G. sepium* + 100 kg TSP/ha , T4 : 2 t MS *G. sepium* + 100 kg TSP + 47 kg Kcl/ha, T5 : 3tMSG.*sepium* + 100 kg TSP + 47 kgKCl/ha

L'absence de différence significative observée entre les traitements pour toutes les propriétés de sol testées à la deuxième date d'observation à l'exception du potassium disponible et de l'azote pourrait être liée au temps d'immobilisation de la matière sèche apportée, aux quantités apportées mais aussi aux prélèvements de plante pour sacroissance et son développement. La vitesse de décomposition ou biodégradation dépendant de plusieurs facteurs influence la disponibilité des minéraux issus de la minéralisation des émondes. En ce qui concerne les quantités des émondes apportées (1 à 3 t MS), il faut souligner qu'elles sont insignifiantes sur un horizon 0-20 cm comparativement à la matière organique existante dans le sol. En effet, on estime qu'un sol contenant 1,5 % de MO sur une profondeur de 0-20 est estimé à environ 110 tonnes selon la texture du sol [31]. Enfin, les prélèvements des plantes est un paramètre très important qu'il faut prendre en compte dans l'analyse chimique des sols en cours de saison comme en fin de saison. En effet dès le début du processus d'humification et de minéralisation les plantes commencent les prélèvements des éléments nutritifs. Ainsi la prise en compte de ce paramètre permet d'expliquer l'effet significatif des émondes sur les rendements grain et l'absence d'effets significatifs de ces amendements organiques sur certaines propriétés chimiques.

Pour le cas particulier de l'azote qui semble être paradoxal plusieurs hypothèses peuvent justifier ce manque de différence significative entre le témoin, la fumure minérale et les traitements fumés avec les broyats de *G. sepium* combiné à la fumure minérale (NPKSB (T2), TSP (T3), Kcl + TSP (T4 et T5)). Tout d'abord on a l'instabilité de l'azote dans la solution du sol. Les ions nitrates NO_3^- ne sont pas retenus sur le complexe argilo-humique et donc peuvent être lixiviiés à travers les eaux de pluies. Ainsi pour une bonne estimation selon la littérature au lieu de prélevé 0- 20 cm il faut prélever les échantillons de sol plus profond (0-30 cm) pour la mesure de l'azote des nitrates parce que ceux-ci sont plus mobiles que le phosphore et le potassium. Enfin si les échantillons ne sont pas manipulés de façon appropriée, l'activité microbienne peut continuer après prélèvement et modifier rapidement leur teneur en nitrates. Par conséquent, les refroidir ou les congeler aussitôt que possible éviterait la poursuite de l'activité microbienne. Par ailleurs, l'amélioration significative des autres propriétés chimiques surtout le potassium en fin de campagne corrobore bien avec l'activité respirométrique et l'analyse chimique des émondes de *G. sepium*. Pour ce qui est de l'activité respirométrique ceci implique qu'à la fin de la saison, le processus de décomposition-minéralisation de la matière fraîche se poursuivait : ce qui implique que les différences pourraient s'accroître à la fin de la décomposition complète des émondes de *G. sepium*. Autrement dit, les effets pourraient être plus perceptible à la campagne suivante. En outre, la

composition chimique de *G. sepium* qui est très riche en éléments minéraux justifie l'amélioration des propriétés chimiques surtout en potassium disponible et en phosphore assimilable. [16, 18, 19, 22], ont trouvé des résultats semblables sur l'amélioration des paramètres chimiques au bout de 1 à 3 années d'application des émondes de *G. sepium* en combinaisons avec la fumure minérale. Pour une utilisation efficiente des émondes de *G. sepium*, il faudra une bonne synchronisation entre la minéralisation des émondes et les besoins des plantes. Cette synchronisation est très importante pour une utilisation efficace des engrais vert à travers les éléments nutritifs libérés en particulier l'azote [18, 28].

III-6. Effet des broyats de *Gliricidia sepium* sur le rendement grain et biomasse sèche du sorgho et du maïs

L'analyse statistique indique que l'ensemble des traitements ayant bénéficié de la fumure minérale et ou organique ont tous obtenu des rendements grains et biomasses supérieurs à celui du témoin (*Tableaux 6 et 7*) à l'exception du traitement T4 pour le maïs et T2 pour le sorgho. Le rendement grain le plus élevé a été observé avec la fumure organo-minérale T4 (1508 kg/ha) pour le sorgho et la fumure minérale T1 (1570 kg/ha) pour le maïs. Les rendements les plus faibles ont été observé au niveau du témoin 651 kg/ha pour le maïs et 580 kg/ha pour le sorgho. En outre, en ce qui concerne le maïs il n'existe aucune différence statistique significative entre la fertilisation minérale recommandée et les traitements ayant reçu les broyats de *G. sepium*. Par contre, concernant le sorgho il existe une différence statistique significative ($P < 0,05$) entre le traitement T4 (1508 kg/ha) et le traitement T1 (1077 kg/ha). Enfin, on observe une amélioration des rendements dans les traitements fertilisés comparativement au témoin qui atteint 141 % pour le maïs et 121 % pour le sorgho selon les traitements. Les résultats de l'évolution de la biomasse montrent que la fumure a eu un effet significatif sur l'évolution de la biomasse du sorgho et du maïs. La production de biomasse la plus élevée a été observée avec les extraits de *G. sepium* au niveau du T4 (5204 kg/ha) pour le sorgho et avec la fumure minérale recommandée T1 (4261 kg/ha) pour le maïs. La plus faible production de biomasse sèche a été enregistrée par le témoin sans fumure aussi bien pour le maïs (2113 kg/ha) que pour le sorgho (2985 kg/ha). L'augmentation de la biomasse sèche a été respectivement de 74 % et 102 % pour le sorgho et le maïs par rapport au témoin.

Tableau 6 : Effet des broyats de *G. sepium* sur le rendement grain et biomasse du maïs

Culture	Traitements	Grain	Biomasse sèche
Maïs	T0	651 ^a	2113 ^a
	T1	1570 ^b	4261 ^b
	T2	1536 ^b	4153 ^b
	T3	1392 ^b	3794 ^b
	T4	1213 ^{ab}	3188 ^{ab}
	T5	1412 ^b	3909 ^b
	Probabilité	P < 0,05	P < 0,05

T0 : Témoin (sans fertilisation) T1 : 200 kg/ha NPKSB + 100 kg/ha d'urée
 T2 : 1 t MS *G. sepium* + 200 kg/ha NPKSB T3 : 2 t MS *G. sepium* + 100 kg TSP/ha
 T4 : 2 t MS *G. sepium* + 100 kg TSP + 47 kg KCl/ha
 T5 : 3 t MS *G. sepium* + 100 kg TSP + 47 kg KCl/ha. NB. Dans les colonnes, les moyennes suivies de la même lettre ne diffèrent pas significativement à un niveau de probabilité de 5 % selon le test de Fisher

Tableau 7 : Effet des broyats de *G. sepium* sur le rendement grain et biomasse du sorgho

Traitements	Rendement	
	Grain (kg/ha)	Biomasse (kg MS/ha)
T0	580,36 ^a	2985,37 ^a
T1	1076,58 ^b	4210,91 ^{bc}
T2	970,7 ^{ab}	3335,34 ^{ab}
T3	1183,04 ^{bc}	4485,76 ^c
T4	1507,55 ^c	5203,80 ^c
Probabilité	P = 0,003	P = 0,0019

T0 : Témoin (sans fertilisation) T1 : 100 kg/ha NPKSB + 50 kg/ha d'urée T2 : 100 kg/ha NPKSB + 1 t MS *G. sepium* /ha T3 : 1,5 t MS *G. sepium* + 50 TSP + 24 KCl/ha T4 : 2 t MS *G. sepium* + 50 TSP + 24 KCl/ha
 NB. Dans les colonnes, les moyennes suivies de la même lettre ne diffèrent pas significativement à un niveau de probabilité de 5 % selon le test de Fisher

La fertilisation a eu un effet significatif tant sur le rendement grain que sur la production de biomasse du sorgho et du maïs. La fertilisation minérale combinée aux différentes doses des émondes de *G. sepium* ont permis une hausse de rendement grain (121 % et 141 % respectivement pour le maïs et le sorgho par rapport au témoin) et de biomasse (102 % et 74 % respectivement pour le maïs et le sorgho par rapport au témoin). [18, 22, 32], ont tous obtenu des améliorations des rendements de maïs avec l'apport des

émondés de *G. sepium* en combinaison avec la fumure minérale (TSP + KCl ou NPK). Cette amélioration de rendements serait liée à l'apport des éléments nutritifs (N, P, K, Ca,) apporté par la fumure minérale et les broyats de *G. sepium* à travers leur minéralisation. En effet, l'azote, le phosphore et le potassium constituent les principaux facteurs de croissance des plantes. Ils favorisent l'augmentation de la biomasse foliaire des couverts végétaux et de ce fait améliorent les rendements des cultures [33]. Ces résultats corroborent avec plusieurs travaux de nombreux auteurs qui ont démontré l'utilité de la fumure surtout organo- minérale dans l'amélioration des rendements des cultures [2, 10, 34, 35]. Le traitement T3 (2t MS + 100 TSP) sans potassium (KCl) du maïs semble être la bonne combinaison et la dose optimale. En effet les rendements grains et biomasse sèche sont statiquement identiques à l'ensemble des traitements fumés avec des doses supérieures de *G. sepium* et de fumure minérale. Ceci s'explique par le fait que les feuilles de *G. sepium* riches en azote mais aussi en potassium car 1 tonne de MS de *G. sepium* équivaut à 23 kg de potassium. Comparativement au potassium apporté par l'engrais minéral il faut plus de trois sacs de 50 kg de NPKSB de formule 14-23-14-6-1. A la lumière des résultats sur les paramètres de rendements constatés (grain et biomasse sèche), nous pouvons dire que les broyats de *G. sepium* peuvent remplacer l'azote chimique mais aussi le potassium bien que ces résultats doivent être confirmés après plusieurs années d'expérimentation.

En ce qui concerne le sorgho, la différence statistique est très significative entre le traitement T4 (2 t MS +TSP+KCl/ha) et les traitements T0, T1 et T2. Elle serait liée à un apport plus important d'éléments nutritifs issus du processus d'humification et de minéralisation des feuilles de *G. sepium*. En effet l'analyse chimique des feuilles de *G. sepium* révèle des teneurs élevées des minéraux principaux tels que le N, P, K et Ca. De même l'analyse chimique du sol montre une variation dans le même sens des propriétés chimiques du sol. En plus on a une différence significative de l'activité biologique du sol ce qui prouve la disponibilité de la matière organique et un bon processus de minéralisation. Quant au maïs on constate que les traitements s'équivalent à l'exception du témoin sans fertilisation. Cette performance des émondés de *G. sepium* avec la fertilisation minérale recommandée suggèrent que l'engrais chimique apporté dans ces traitements pourrait accélérer le processus de décomposition de la matière fraîche apporté. [22, 28] ont aussi souligné l'efficacité de combiner l'engrais minérale avec les émondés de *G. sepium* dans l'amélioration des rendements grain et biomasse. En résumé l'étude a montré que, *G. sepium* dans les conditions de cet essai a été d'un grand potentiel pour l'amélioration de la disponibilité des éléments nutritifs du sol et a pu fournir aux plantes la quantité nécessaire pour une amélioration notable des rendements grains et biomasse par rapport aux témoins mais surtout à la fertilisation minérale recommandée.

IV - CONCLUSION

Cette étude a porté sur l'effet des broyats des émondes de *Gliricidia sepium* comme source d'azote sur la production céréalière et les propriétés du sol en zone soudanienne du Burkina Faso. Elle avait pour but d'explorer les possibilités de substituer l'azote et le potassium des fertilisants minéraux avec les broyats de *G. sepium*. Les résultats ont indiqué une nette amélioration des rendements grains qui était de l'ordre de 121 % et 141 % pour le maïs et le sorgho par rapport au témoin. Pour la biomasse sèche, elle était de 102 % et 74 % pour le maïs et le sorgho par rapport au témoin. En plus, on constate une amélioration de certaines propriétés chimiques et biologique du sol telles que l'activité biologique (activité respirométrique), le potassium disponible, le phosphore assimilable, et une tendance à la hausse de la matière organique, de l'azote et pHKCl. Aussi les traitements T3 (1,5 t MS + 50 kg/ha TSP+ 24 kg/ha KCl) du sorgho et le traitement T2 (200 Kg/ha NPKSB + 1 t MS) semblent être les combinaisons les plus optimales pour l'ensemble des paramètres mesurés. De ces résultats, nous pouvons conclure que la biomasse de *G. sepium* peut être la solution la plus appropriée pour lutter efficacement contre la pauvreté de sols culturaux par l'amélioration de leurs propriétés chimiques et biologiques et l'insécurité alimentaire en boostant la production céréalière.

RÉFÉRENCES

- [1] - M. TRAORE, Impact des pratiques agricoles rotation, fertilisation et labour) sur la dynamique de la microfaune et la macrofaune du sol sous culture de sorgho et de niébé au Centre Ouest du Burkina Faso. Thèse de doctorat, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, (2012) 137 p.
- [2] - B. V. BADO, Rôle des légumineuses sur la fertilité des sols ferrugineux tropicaux des zones guinéenne et soudanienne du Burkina Faso. Thèse de Doctorat, Université Laval, département des sols et de génie agroalimentaire, Québec, Canada, (2002) 197 p.
- [3] - B. A. BATIONO, A. KALINGANIRE, J. BAYALA, Potentialités des ligneux dans la pratique de l'agriculture de conservation dans les zones arides et semiarides de l'Afrique de l'Ouest: Aperçu de quelques systèmes candidats. ICRAF Technical Manual no. 17 Nairobi : World Agroforestry Centre, (2012) 32 p.
- [4] - J. BAYALA, J. SANOU, A. KALINGANIRE, S. J. OUEDRAOGO, Parklands for buffering climate risk and sustaining agricultural production in the Sahel of West Africa. *Current Opinion Environ. Sustain.*, 6 (2014) 28 - 34

- [5] - F. W. KAGAMBEGA, Restauration des sols dégradés par afforestation: étude des réposes de cinq espèces ligneuses au stress hydrique et aux techniques de CES/DRS en zone Soudano-Sahélienne du Burkina Faso. Thèse de Doctorat Unique, Université de Ouagadougou, (2013) 211 p.
- [6] - F. W. KAGAMBÈGA, A. THIOMBIANO, S. TRAORÉ, R. ZOUGMORÉ, I. J. BOUSSIM, Survival and growth responses of *Jatropha curcas* L. to three restoration techniques on degraded soils in Burkina Faso. *Ann.For. Scie.*, 54 (2) (2011) 171 - 184
- [7] - F. W. KAGAMBEGA, S. TRAORE, A. THIOMBIANO, R. ZOUGMORE, I. J. BOUSSIM, Impact de trois techniques de restauration des sols sur la survie et la croissance de trois espèces sur les zipellés au Burkina Faso. *Int.J.Biol.Chem.Sci.*, 5(3) (2011) 901 - 914
- [8] - F. W. KAGAMBÈGA, S. TRAORÉ, A. THIOMBIANO, R. ZOUGMORÉ, A. M. LYKKE, I. J. BOUSSIM, Effects of Soil and Water Conservation Techniques on Soil Properties under Degraded Lands in Burkina Faso. *J. Agric. Environ. Scie.*, 6 (2) (2017) 11
- [9] - F. W. KAGAMBÈGA, A. THIOMBIANO, S. TRAORÉ, R. ZOUGMORÉ, I. J. BOUSSIM, Survival and growth responses of *Jatropha curcas* L. to three restoration techniques on degraded soils in Burkina Faso. *Annals For. Res.*, 54 (2) (2011) 171 - 184
- [10] - A. BUERKERT, A. BATIONO, H. P. PIEPHO, Efficient phosphorus application strategies for increased crop production in sub-Saharan West Africa. *Field Crops Res.*, 72 (2001) 1 - 15
- [11] - F. J. P. PALLO, N. SAWADOGO, L. SAWADOGO, P. M. SEDOGO, A. ASSA, Statut de la matière organique des sols dans la zone sud-soudanienne au Burkina Faso. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 12 (3) (2008) 291 - 301
- [12] - L. SANOU, P. SAVADOGO, E. E. EZEJNILO, A. THIOMBIANO, Drivers of farmer's decisions to adopt agroforestry : Evidence from the Sudanian savanna zone, Burkina Faso. *Renew. Agric. Food Syst*, 34 (2) (2017) 116 - 133
- [13] - J. T. YAMEOGO, Réhabilitation d'écosystème forestier dégradé en zone soudanienne du Burkina Faso : Impacts des dispositifs CES/DRS. Thèse UPB, (2012) 212 p.
- [14] - J. M BOFFA, Agroforestry Parklands in sub-Saharan Africa. FAO conservation guide 34. Food and Agriculture Organization, Rome, (1999)
- [15] - T. L. BEEDY, S. S. SNAPP, F. K. AKINNIFESI, G. W. SILESHI, Impact of *Gliricidia sepium* intercropping on soil organic matter fractions in a maize-based cropping system. *Agric., Ecosyst. and Environ.*, 138 (3) (2010) 139 - 146. DOI:10.1016/j.agee.2010.04.008

- [16] - CH. SRINIVASARAO, B. VENKATESWARLU, M. DINESH BABU, S. P. WANI, S. DIXIT, K. L. SAHRAWAT, K. SUMANTA, Soil Health Improvement with Gliricidia Green Leaf Manuring in Rainfed Agriculture, On Farm Experiences. Central Research Institute for Dryland Agriculture, Santoshnagar, P.O. Saidabad, Hyderabad 500 059, Andhra Pradesh, (2011) 16 p.
- [17] - T. K. LIM, Edible Medicinal And Non-Medicinal Plants : Flowers, Vol. 7, (2014) 808 - 816
- [18] - M. NDIAYE, Contribution des légumineuses arbustives à l'alimentation azotée du maïs *Zea mays* L.) : cas d'un système de culture en allées dans le Centre- Sud Sénégal. Thèse de Doctorat, Université Laval, département des sols et de génie agroalimentaire, Québec, Canada, (1997) 197 p.
- [19] - A. DIOUF, A. T. DIOP, M. A. F NDIAYE, M. GUEYE, Impact de la biomasse de *Gliricidia sepium* utilisée comme engrais vert sur la culture maïs *Zea mays*) au Sénégal. *J.Sci*, 8 (3) (2008) 10 - 17
- [20] - B. LISAN, Fiche présentation arbre : *Gliricidia sepium* Jacq.) Kunth ex Walp., (2012) 13 p.
- [21] - J. STEWART, G. E. ALLISON, A. J. SIMONS, *Gliricidia sepium* : genetic resources for farmers. Oxford Forestry Institute, University of Oxford, Oxford, (1996) 96 p.
- [22] - A. R. BAH, Z. RAHMAN, *Gliricidia* (*Gliricidia sepium*) green manures as a potential source of N for maize production in the tropics. *Sci World J ISuppl* 2), (2001) 90 - 95
- [23] - C. R. ELEVITCH, J. K. FRANCIS, *Gliricidia sepium gliricidia*), ver. 2.1. In: Elevitch CR ed) Species profiles for Pacific Island agroforestry. Permanent Agriculture Resources PAR), Hōlualoa, Hawai'i., (2006) 18 p. <http://www.traditionaltree.org>
- [24] - J. FONTES, S. GUINKO, Carte de la végétation et de l'occupation des sols du Burkina Faso. Ministère de la Coopération Française : projet campus (88 313 101), Toulouse, France, (1995) 67 p.
- [25] - S. OUEDRAOGO, L. SANOU, P. SAVADOGO, C.Y. KABORÉ-ZOUNGRANA, Structural characterization and pod yields of populations of the fodder legumes trees *Piliostigma thonningii* and *Prosopis africana* along the toposequence in western Burkina Faso. *Int.J. Biol. Chem. Scie.*, 13 (6) (2019) 2433 - 2448
- [26] - A. WALKEY, 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 Scie*, 37 (1934) 29 - 38
- [27] - J. Z. KJELDAHL, A new method for the determination of nitrogen in organic bodies. *Analytical Chem.*, 22 (1883) 366 p.

- [28] - F. KAHO, M. YEMEFACK, P. FEUJIO-TEGUEFOUET, J. C. TCHANTCHAOUANG, Effet combiné des feuilles de *Tithonia diversifolia* et des engrais inorganiques sur les rendements du maïs et les propriétés d'un sol ferrallitique au Centre Cameroun. *Tropicultura*, 29 (1) (2011) 39 - 45
- [29] - L. R. HOUSE, Manuel pour la sélection du sorgho. Deuxième édition. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, Patancheru, Inde, (1987) 229 p.
- [30] - M. ZORE, Effets de la fertilisation et de la densité de semis sur des caractéristiques agronomiques et la valeur fourragère de deux génotypes de sorgho. Mémoire ISEDR, (2015) 81 p.
- [31] - M. LE VILLIO, D. ARROUAYS, W. DESLAIS, J. DAROUSSIN, Y. LE BISSONNAIS, D. CLERGEOT, Estimation des quantités de matière organique exogène nécessaires pour restaurer et entretenir les sols limoneux français à un niveau organique donné. *Étude et Gestion des Sols*, 8 (1) (2001) 47 - 63
- [32] - A. C. BARRETO, G. M. CHAER, M. F. FERNANDES, Hedgerow pruning frequency effects on soil quality and maize productivity in alley cropping with *Gliricidia sepium* in Northeastern Brazil. *Soil Tillage Res.*, 120 (2012) 112 - 120
- [33] - F. LOMPO, Effets induits des modes de gestion de la fertilité sur les états du phosphore et solubilisation des phosphates naturels dans deux sols acides du Burkina. Thèse de doctorat en sciences naturelles. Université de Cocody. Abidjan, Cote d'Ivoire, (2009) 219 p. + annexes
- [34] - D. BAMBARA, E. BILGON, D. HIEN, A. MASSE, A. THIOMBIANO, V. HIEN, Influence des composts de déchets urbains sur les rendements du sorgho en zone soudano-sahélienne du Burkina Faso. *Rev. Ivoir. Sci. Technol.*, 24 (2014) 148 - 171 148. ISSN 1813-3290, <http://www.revist.ci>
- [35] - K. S. AKANZA, P. S. SANOGO, H. A. N'DA, Influence combinée des fumures organiques et minérales sur la nutrition et le maïs : impact sur le diagnostic des carences du sol. *Tropicultura*, 32 (2) (2016) 208 - 220