

Effet des émondes de *Gliricidia sepium* sur la production du maïs dans la zone Soudano-Sahélienne du Mali

Aliou Badara KOUYATE^{1*}, Sidiki Gabriel DEMBELE¹, Salif DOUMBIA², Bourama CAMARA¹
et Mahamoudou FAMANTA¹

¹ Institut Polytechnique Rural de Formation et de Recherche Appliquée (IPR/IFRA), Département des Sciences et Techniques Agricoles, Unité Science du Sol, BP 06 Bamako, Mali

² Institut d'Economie Rurale (IER), Centre Régional de Recherche Agronomique (CRRA) de Sikasso, BP 16 Sikasso, Mali

(Reçu le 10 Mars 2021 ; Accepté le 16 Juin 2021)

* Correspondance, courriel : aloubadarakouyate@yahoo.fr

Résumé

Les sols sahéliens sont réputés pour être, dans leur ensemble, pauvres en matière organique et en éléments minéraux indispensables aux végétaux. Cette faible teneur résulte de la rareté de la végétation et de la faible biomasse. La présente étude a pour objectif d'étudier le modèle de décomposition des émondes de *Gliricidia sepium* utilisées en paillis sur les performances agronomiques du maïs dans la zone soudano-sahélienne du Mali. Pour atteindre cet objectif la technique du litter bag a été utilisée pour évaluer la biodégradation des émondes de *Gliricidia sepium*. Ensuite une évaluation du système de culture avec ou sans *Gliricidia sepium* a été conduit en plein champ. Les résultats montrent une perte graduelle de poids des émondes de *Gliricidia sepium* avec un temps de demi-vie t_{50} de 38 jours. Le système de culture en couloir avec *Gliricidia sepium* et l'épandage des émondes en paillis ont permis une amélioration significative du rendement du maïs de 106 %. Le meilleur rendement est obtenu avec le traitement associant le paillage de *Gliricidia sepium* avec la dose complète de la fertilisation minérale où une augmentation de rendement de plus 1,5 tonne a été observée comparé au témoin. L'épandage des émondes de *Gliricidia sepium* en paillis a permis un accroissement de 27 % du taux d'humidité comparé au système sans *Gliricidia sepium*. Ces résultats montrent que l'association de *Gliricidia sepium* au système de culture en zone soudano-sahélienne peut être une réponse à l'amélioration des rendements et au maintien de la fertilité des sols.

Mots-clés : *Gliricidia sepium*, litter bag, maïs, Mali, Sol.

Abstract

Effect of *Gliricidia sepium* pruning on maize production in the Sudano-Sahelian zone of Mali

Sahelian soils are reputed to be, poor in organic matter and minerals nutrients essential for plants growth. This low content results from the scarcity of vegetation and the low biomass. The objective of this study is to study the decomposition model of *Gliricidia sepium* prunings used as mulch on the agronomic performance of maize in the Sudano-Sahelian zone of Mali. To achieve this goal, the litter bag technology was used to

assess the biodegradation of *Gliricidia sepium* prunings. Then an evaluation of the culture system with or without *Gliricidia sepium* was carried out in the field. The results show a gradual weight loss of *Gliricidia sepium* prunings with a t_{50} half-life of 38 days. The alley cropping system with *Gliricidia sepium* and the spreading of prunings as mulch resulted in a significant improvement in maize yield of 106 %. The best yield is obtained with the treatment combining the mulch of *Gliricidia sepium* with the full dose of mineral fertilization where an increase in yield of more than 1.5 tones was observed compared to the control. Application of *Gliricidia sepium* prunings in mulch resulted in a 27 % increase in soil humidity compared to the system without *Gliricidia sepium*. These results show that the association of *Gliricidia sepium* with the cropping system in the Sudano-Sahelian zone can be a response to improving yields and maintaining soil fertility.

Keywords : *Gliricidia sepium*, litter bag, maize, Mali, Soil.

1. Introduction

Le secteur agricole est l'épine dorsale de l'économie des pays du sahel. Environ 80 % de la population de ces pays vit dans des zones rurales et dépend de l'agriculture, de la pêche et de l'exploitation des ressources forestières pour sa subsistance [1]. Au Mali, la dégradation des sols touche environ 22 % des terres arables, ce qui est devenu une préoccupation majeure pour la production agricole [2]. La terre est une ressource limitée, qui devient de plus en plus rare avec l'accroissement actuel de la population. Sa dégradation est un problème particulièrement pressant en milieu rural. Le besoin d'espace, de terrains neufs à la fertilité renouvelée a contribué à repousser les limites des forêts vers des terres inaccessibles ou pauvres, inaptés à une agriculture durable [3]. Des systèmes de jachère jadis pratiqués pour pallier cette déficience des sols deviennent de plus en plus problématiques du fait de la réduction des terres cultivables et de l'augmentation de la population [4]. L'apport de matière organique est indispensable pour maintenir la capacité de production des sols. Les engrais organiques ont pour rôle d'améliorer la structure des sols, les enrichissent en éléments fertilisants et limitent la consommation de l'eau par les plantes. Malheureusement, les engrais organiques (fumure, bouse de vache), ne sont pas facilement disponibles [5] et la gestion des résidus de récolte dans les systèmes de production au Sahel est caractérisée par un usage domestique (production d'énergie matériaux de construction aliment bétail).

Dans ces conditions la matière organique du sol baisse rapidement du fait que sa minéralisation n'est pas compensée par les restitutions organiques adéquates [6]. Ainsi 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 [4]. *Gliricidia sepium*, est une légumineuse arbustive dont les feuilles mortes et les nodules des racines fertilisent le sol [7]. C'est l'une des espèces arbustives qui peut être intégrée dans les systèmes à base de maïs avec une concurrence négligeable, fournir une quantité élevée d'azote au système [8] et à augmenter la matière organique du sol [9]. L'application des émondes de *Gliricidia sepium* permet d'enrichir le sol en azote, et en d'autres éléments, comme les cations basiques (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+) pour lesquels les légumineuses sont de grande exportatrice [10]. Le maïs est la 3^{ème} céréale la plus cultivée au Mali après le mil et le sorgho [11]. Malgré cette importance du maïs dans la production vivrière, il convient de signaler que le développement des productions céréalières en général et de celle du maïs en particulier au Mali et dans les autres pays Sahéliens, se trouvent contrariés non seulement par des aléas climatiques devenus presque endémique (insuffisance et/ ou mauvaise répartition des pluies) mais aussi la faible productivité des sols agricoles. L'utilisation des engrais minéraux et de la fumure organique constitue un moyen efficace pour contribuer à restaurer la fertilité des sols et à accroître les rendements des plantes cultivées. La culture en couloir offre

une opportunité de la gestion durable des sols. Cette culture, aussi appelée « culture en allées », « alley farming » ou « alley cropping », est intrinsèquement un système agroforestier dans lequel des cultures vivrières sont exploitées au sein de couloirs constitués de haies d'arbres ou d'arbustes, de préférence les légumineuses compte-tenu de leur aptitude à fixer l'azote atmosphérique [7]. Plusieurs travaux relatifs à la pratique de l'agroforesterie, comme moyen d'améliorer la fertilité des sols [12, 13], ont montré l'importance de l'arbre dans le maintien de la fertilité organique des sols via la chute des feuilles. Ces feuilles constituent, en effet, une ressource organique relativement disponible, susceptible d'amender les sols [14]. Il est évident que les émondes des légumineuses arbustives comme *Gliricidia sepium* favorisent la production des céréales et la fertilité des sols par l'amélioration des propriétés et la mobilisation des réserves nutritives des sols [15, 16]. Cependant des investigations sont nécessaires pour déterminer la vitesse de décomposition, la quantité d'émondes de *Gliricidia sepium* à apporter et son impact sur le sol dans un écosystème caractérisé par une pluviométrie erratique en termes de quantité et distribution dans la zone Soudano-Sahélienne du Mali. C'est dans ce cadre que cette étude a été initiée dans l'objectif d'évaluer le modèle de décomposition des émondes de *Gliricidia sepium* en plein champ et son impact sur les performances agronomiques du maïs dans la zone soudano-sahélienne du Mali.

2. Matériel et méthodes

2-1. Site de l'étude

L'étude a été conduite pendant 2 ans (Avril 2018 à Décembre 2019) sur la parcelle expérimentale de l'Institut Polytechnique Rural de Formation et de Recherche Appliquée (IPR/IFRA) à Katibougou. Ce site est situé entre 12°56' de latitude Nord et 7°37' de longitude Ouest et à une altitude de 326 m. Le climat est de type Soudano-Sahélien avec une longue saison sèche qui s'étend d'octobre à mai et une courte saison des pluies de juin à septembre. La moyenne annuelle des pluies varie entre 745 et 1042 mm avec une moyenne annuelle de 857,91 mm. Les caractéristiques physico-chimiques du sol du site d'étude sont indiquées dans le **Tableau 1**.

Tableau 1 : *Caractéristiques physico-chimiques du sol du site de l'étude*

Caractéristiques		Teneur
Caractéristiques physiques (%)	Argile	14
	Limon	38,8
	Sable	47
	Classe	Sablo-limoneux
Caractéristiques Chimiques	pH (eau)	5,4
	pH _{KCl}	4,5
	MOT (%)	0,17
	N (%)	0,03
	P (ppm)	3,8
	K (ppm)	7,54

Légende : MOT : Matière Organique Totale ; N : Azote ; P : Phosphore ; K : Potassium

Les résultats des analyses chimiques initiales des échantillons de sol ont montré que les sols sont acides avec un pH (eau) de 5,4. Ces sols se caractérisent par une faible teneur en éléments nutritifs avec 0,17% de matière organique. Les teneurs des autres éléments nutritifs (N P K) sont très faibles.

2-2. Matériel végétal

2-2-1. Maïs

La variété de maïs (*Zea mays* L. hybride *Dembagnuman*) a été utilisée. Elle a un cycle cultural de 105 à 110 jours et un rendement moyen en station de 4 -5 t ha⁻¹.

2-2-2. *Gliricidia sepium*

Gliricidia sepium, de la famille des *Fabaceae* est une plante originaire d'Amérique du sud. C'est un arbre de moyenne dimension, avec une hauteur comprise entre 2 et 15 m. La variété de *Gliricidia sepium* ILG50, légumineuse ligneuse fixatrice d'azote à croissance rapide a été utilisée au cours de cette étude.

2-2-3. Engrais utilisés

2-2-3-1. Engrais organique

Le compost produit à base de *Cassia tora* associé à de la cendre, et de la fiente de volaille a été utilisé comme fumure organique.

2-2-3-2. Engrais minéraux

La fertilisation minérale a consisté à l'apport du complexe céréale (17-17-17) avant le semis suivie d'un léger enfouissement et l'urée (46 % d'azote) a été apportée en fumure de couverture en deux fractions en début de tallage et à la montaison.

2-3. Dispositif expérimental et collecte des données

L'étude a été conduite sur un dispositif factoriel en split-plot. Le système de culture comme facteur principal pris à deux niveaux de variation :

- (i) Système de culture avec *Gliricidia sepium* (GS)
- (ii) Système de culture sans *Gliricidia sepium* (SGS)

Le deuxième facteur est le type de fertilisation pris à 5 niveaux :

- (i) sans fumure (F1) ;
- (ii) fumure organique (5 tonnes /ha) dose recommandée (F2) ;
- (iii) fumure organique (2,5 tonnes /ha) (F3) ;
- (iv) fumure minérale recommandée (100 kg de CC + 150 kg d'urée) (F4);
- (v) demi dose de la fumure minérale recommandée (50 kg de CC + 75 kg d'urée) (F5).

Les sous-parcelles avaient une superficie de 28,8 m² séparées par une allée de 1m et les parcelles principales mesuraient 156 m². Dans le système de culture avec *Gliricidia sepium* il y avait par sous-parcelle 3 lignes d'arbres avec 04 plants distant de 1m, la distance entre les lignes est de 4,8 m. Les grains de maïs ont été semés aux écartements 0,80 m X 0,40 m ce qui donne 12 lignes par sous parcelle. Deux semaines après le semis, le démariage a été effectué en laissant 2 plants par poquet. Les désherbages à la daba ont été effectués au démariage et 2 semaines après le démariage. A la maturité, les épis et les tiges de maïs ont été récoltés sur la surface utile des sous-parcelles.

2-4. Évaluation des paramètres de *Gliricidia sepium*

Le diamètre au collet des plants de *Gliricidia sepium* a été mesuré à l'aide du pied à coulisse en début de campagne au mois de juin aussi bien en 2018 qu'en 2019. La hauteur aussi des plants a été évaluée en début de campagne comme le diamètre au collet par l'utilisation d'une règle graduée. La hauteur a été mesurée du collet jusqu'à la dernière feuille apicale.

2-5. Évaluation de la biomasse produite par *Gliricidia sepium*

La biomasse aérienne de *Gliricidia sepium* a été coupée à deux reprises aux 30 et 60 jours après le semis (JAS) du maïs à 50 cm du sol par sous-parcelle. La biomasse produite par les 12 plants de la sous-parcelle a été pesée et épandue sur les parcelles élémentaires du système de culture avec *Gliricidia sepium* (paillage) après chaque coupe.

2-6. Biodégradation des émondes de *Gliricidia sepium* au champ

Une quantité de 100 g d'émondes de *Gliricidia sepium* a été placée dans les sacs de litières mesurant 20 x 30 cm faites avec des moustiquaires en nylon. Les sacs de litières ont été enterrés dans le sol à 10 cm de profondeur. Deux sacs de litières par répétition ont été prélevés à 2 semaines d'intervalles, le sol attaché au résidu a été soigneusement enlevé. Le substrat (*G. sepium*) restant dans les sacs de litières a été transféré dans des sacs en papier et séché au four à 70°C pour la détermination du poids sec. La perte de poids a été évaluée en utilisant la **Formule** suivante :

$$\% \text{ poids sec restant} = \frac{P_t}{P_i} \times 100 \quad (1)$$

P_t le poids sec moyen au temps *t*, *P_i* le poids sec initial de l'émonde.

Pour décrire le mode de décomposition et déterminer la constante *k* du taux de décomposition le modèle single exponentiel a été utilisé en utilisant la **Formule** suivante :

$$P_t = P_i \cdot e^{-kt} \quad (2)$$

P_t et *P_i* sont décrits ci-dessus *k* est la constante de biodégradation.

Plusieurs études ont démontré que le modèle single exponentiel décrit assez bien le taux de décomposition des ressources organiques [17, 18]. La biodégradation est appréciée par le temps de demi-vie *t*₅₀ obtenu par la **Relation** suivante :

$$t_{50} = \frac{0,693}{K} \quad (3)$$

Le temps de demi-vie *t*₅₀ indique le temps nécessaire pour que 50 % de la masse initiale enfouie soit effectivement biodégradée [19].

2-7. L'humidité du sol

Pour la détermination de l'humidité du sol, cinq échantillons de sols ont été prélevés par répétition et par date de prélèvement. L'échantillonnage a été fait à deux (2) profondeurs 0-20 cm et 20-60 cm. L'humidité du sol a été déterminée par utilisation de la méthode gravimétrique elle est basée sur la perte de l'humidité du

sol en séchant au four les échantillons de sol (105 °C en 48H) jusqu'à ce que le poids reste constant. La masse de l'eau ou poids de l'eau a été estimé par la différence entre le poids humide et le poids sec [20]. L'humidité du sol sur la base du poids sec a été calculée suivant la **Formule** :

$$H (\%) = \frac{P_h - P_s}{P_s} \times 100 \quad (4)$$

P_h le poids humide de l'échantillon, P_s le poids sec de l'échantillon

2-8. Évaluation des rendements grains et biomasse du maïs

Le rendement (Rdt) grain par unité expérimentale a été converti en kg ha^{-1} en utilisant la **Formule** suivante

- $\text{Rdt grain } (\text{kg ha}^{-1}) = \text{kg Rdt grain m}^{-2} \times 10\,000 \text{ m}^{-2}$. (5)

La biomasse aérienne par unité expérimentale aussi a été convertie en kg ha^{-1} par la formule

- $\text{Rdt biomasse } (\text{kg ha}^{-1}) = \text{Rdt en kg de la biomasse m}^{-2} \times 10\,000 \text{ m}^{-2}$. (6)

2-9. Analyse statistique

Les données récoltées ont été soumises à l'Analyse de la Variance (ANOVA) avec le logiciel «*Genstat statistical package 9th édition, 2006*». La séparation des moyennes a été faite en utilisant le test de Newman and Keuls au seuil de signification de 5 %.

3. Résultats

3-1. Évolution des paramètres de croissance de *Gliricidia sepium*

Tableau 2 : Synthèse des résultats des paramètres de croissance de *G. sepium*

Années	Biomasse fraîche(t/ha)	Diamètre au collet (cm)	Taille (m)
2018	8,15b	2,23b	1,32b
2019	14,47a	3,89a	1,40a
F(pr)	<.001***	<.001***	<.001***

*** = différence très hautement significative ($p < 0,001$)

Les paramètres de croissance et de rendement de *Gliricidia sepium* ont connu une augmentation significative avec le temps ($P < 0.05$). On note un taux d'accroissement de la biomasse sèche, du diamètre au collet et de la taille respectivement de 77,44 %, 74,33 % et 6,06 % des plants de *Gliricidia sepium* sur deux (02) années de culture (**Tableau 2**). La biomasse fraîche produite en deux coupes est de de 8,15 t ha^{-1} en 2018 contre 14,47 t ha^{-1} en 2019.

3-2. Composition des émondes de *Gliricidia sepium*

L'évaluation des paramètres chimiques a porté sur la détermination de la teneur totale en carbone et en azote. Les résultats ont montré que l'émonde de *Gliricidia sepium* contient 4,37 % d'azote et 52,47 % de carbone (**Tableau 3**).

Tableau 3 : Teneur totale en carbone et en azote

Caractéristiques	Emonde de <i>Gliricidia sepium</i>
Carbone (%)	52,47
Azote (%)	4,37
C/N	12

3-3. Taux de décomposition des émondes de *Gliricidia sepium* dans le sol

La décomposition des émondes de *Gliricidia sepium* a été évaluée au champ au cours de la campagne par l'évaluation de la perte de matière sèche par période de prélèvement (**Figure 1**). On observe une perte graduelle de poids des émondes de *Gliricidia sepium* avec le temps. La perte de poids des émondes de *Gliricidia sepium* a été beaucoup plus marquée en début de campagne. Ainsi le taux du substrat restant dans les sacs de litière aux 30 et 60 jours de décomposition était respectivement de 60 % et 40 %. La quantité de matière sèche restante des émondes de *Gliricidia sepium* après 70 jours de décomposition est de 30 % et le facteur de décomposition k a été de $0,020 \text{ semaine}^{-1}$ indiquant un taux de décomposition relativement élevé des émondes de *Gliricidia sepium* au cours de la campagne.

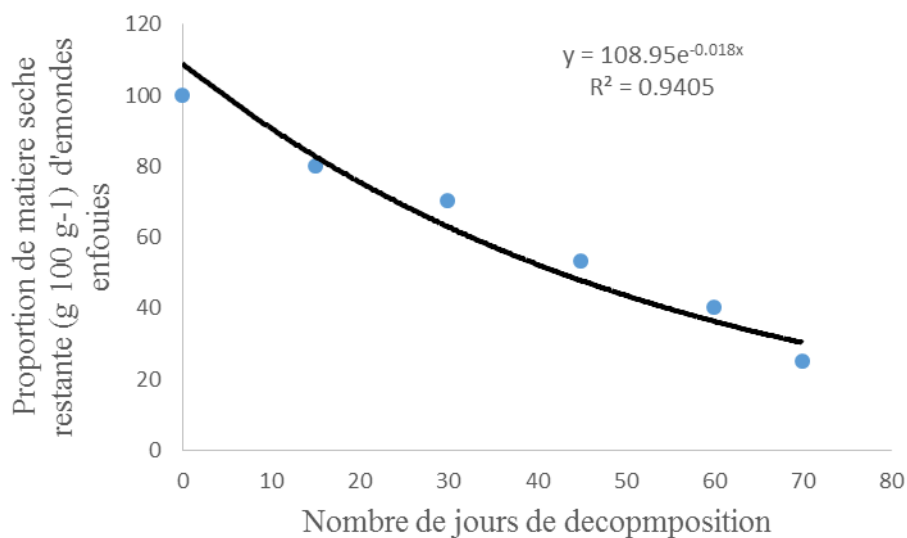


Figure 1 : Modèle d'évolution de la décomposition des émondes de *Gliricidia sepium*

Le temps de demi-vie temps (t_{50}) nécessaire pour que 50% de la partie biodégradable des émondes soient effectivement biodégradées est de 38 jours.

3-4. Relation entre perte de masse et la pluviométrie

La configuration des précipitations est importante pour la décomposition des matières organiques dans les conditions de terrain, car elle influence la teneur en humidité du sol, ce qui a un impact sur les activités microbiennes. La corrélation entre la perte de masse et les précipitations cumulées a été de 69 % (**Figure 2**).

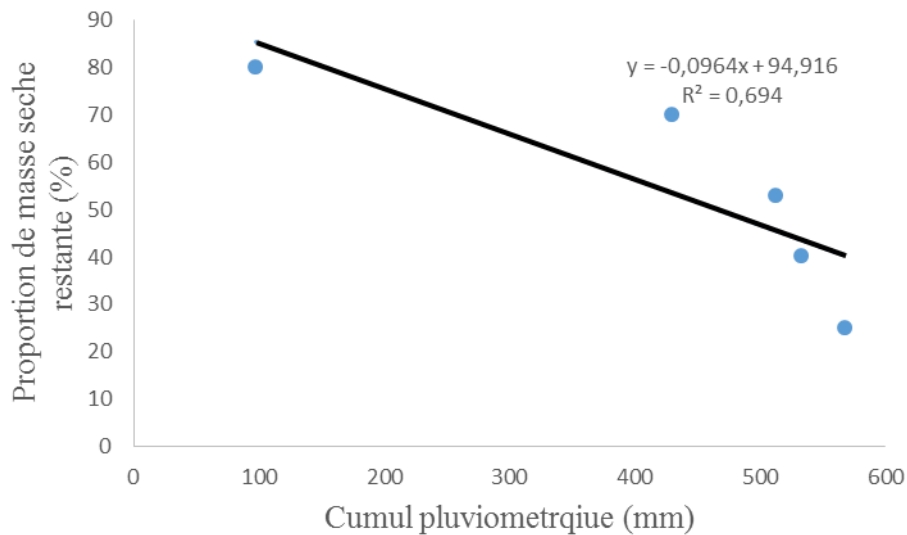


Figure 2 : Relation entre le cumul pluviométrique et la décomposition des émondes de *Gliricidia sepium*

3-5. Évolution du taux d'humidité au cours de la campagne

Le système de culture a eu une influence sur le taux d'humidité du sol. On observe que l'apport des émondes de *Gliricidia sepium* en paillis a permis une amélioration du taux d'humidité du système de culture avec *Gliricidia sepium* par rapport au système de culture sans *Gliricidia sepium* (Figure 3). On observe un accroissement du taux d'humidité du 1^{er} prélèvement jusqu'au 3^{ème} prélèvement. Le pic a été atteint au 40^{ème} JAS où l'épandage des émondes de *Gliricidia sepium* en paillis a permis un accroissement de 27 % du taux d'humidité comparé au système sans *Gliricidia sepium*. On remarque au-delà du 40^{ème} JAS une baisse du taux d'humidité, toutefois le taux d'humidité reste relativement plus élevé avec la culture en couloir avec *Gliricidia sepium* par rapport au système de culture sans *Gliricidia sepium* (Figure 3).

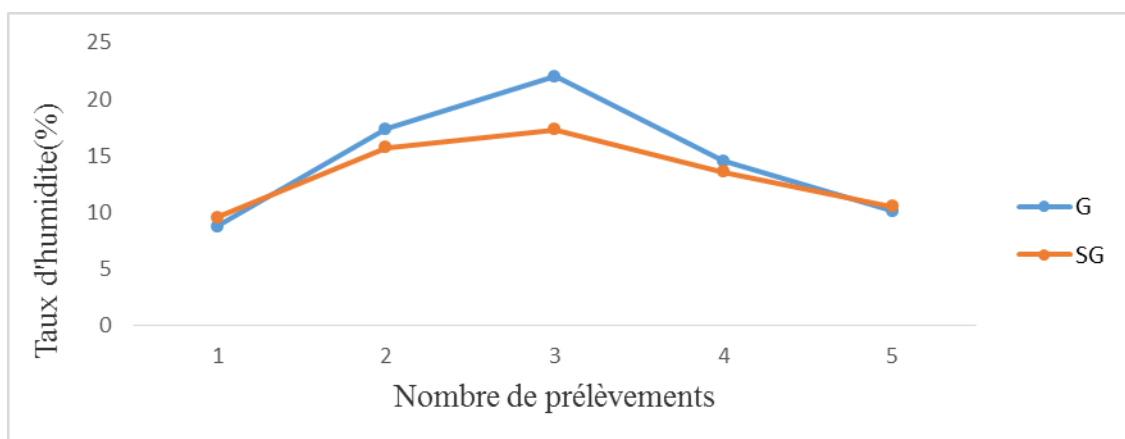


Figure 3 : Effet du système de culture sur le taux d'humidité

3-6. Effet du système de culture sur les paramètres de croissance du maïs

Le système de culture a eu un impact significatif ($P < 0.05$) sur le diamètre au collet en première année d'étude (2018). Le plus grand diamètre au collet a été enregistré avec le système de culture avec *Gliricidia sepium* le taux d'accroissement a été de 15 % (Tableau 4). Le type de fertilisation a eu un impact

significatif ($p < 0.05$) sur les paramètres de croissance du maïs au cours des deux années d'étude. L'apport de la fumure minérale à la dose recommandée F4 (100 kg de CC + 150 kg d'urée) et la demi dose de la fumure minérale recommandée F5 (50 kg de CC + 75 kg d'urée) ont permis un accroissement significatif du diamètre au collet par rapport aux différentes doses d'apport de la fumure organique F2 (5tha⁻¹ de F.O), F3 (2,5 tha⁻¹ de F.O) et au témoin absolu F1, la même tendance a été observée avec le nombre de feuilles. Cependant pour la hauteur des plants seule la formule de fertilisation F4 (100 kg de CC + 150 kg d'urée) a permis une amélioration significative ($P < 0.05$) de la hauteur des plants comparée aux autres formules de fumures. L'interaction système de culture et type de fertilisation n'a pas eu un impact significatif sur les paramètres de croissance du maïs (**Tableau 4**).

Tableau 4 : Effet des facteurs étudiés sur les paramètres de croissance du maïs

Facteurs	Diamètre au collet (cm)		Hauteur des plants (cm)		Nombre de feuilles
	2018	2019	2018	2019	
Système de culture (SC)					
GS	1.08a	0.96	55.30	67.40	7.88
SGS	0.95b	0.98	52.00	66.40	8.07
Fpr	0.04	0.57	0.34	0.71	0.36
Fumures					
F1 (témoin absolu)	0.75c	0.82b	40.70c	58.10c	7.34b
F2 (5tha ⁻¹ de F.O)	1.04ba	0.88b	52.50b	62.70bc	7.60b
F3 (2,5 tha ⁻¹ de F.O)	0.96b	0.88b	52.90b	64.10bc	7.75b
F4 (100 kg de CC + 150 kg d'urée)	1.24a	1.17a	66.60a	77.20a	8.75a
F5 (50 kg de CC + 75 kg d'urée)	1.07ba	1.09a	55.40ba	72.60ab	8.44a
Valeur de P Anova	0.001	<.001	0.002	<.001	<.001
Test de Student-Newman-Keuls (5 %)	HS	HS	HS	HS	HS
Interaction					
SC x Fumure	0.70	0.52	0.96	0.47	0.07
CV (%)	15.80	12.50	20.40	25.12	22.15

3-7. Effet du système de culture sur les rendements grain et biomasse sèche du maïs

Le système de culture a eu un impact significatif ($P < 0.05$) sur le rendement grain du maïs. Le système de culture en couloir (GS) et l'apport des émondes de *Gliricidia sepium* en paillis a permis un accroissement significatif ($P < 0.05$) du rendement grain du maïs comparé au système de culture sans *Gliricidia sepium* (SGS) durant les deux années d'expérimentation (**Tableau 5**). Le taux d'accroissement moyen a été de 106 %. Une tendance similaire a été observée avec le rendement biomasse sèche où le taux d'accroissement moyen est de 40 %.

Tableau 5 : Effet des facteurs étudiés sur les rendements grain et biomasse du maïs

Facteurs	Rendement grain (kg ha ⁻¹)		Rendement biomasse (kg ha ⁻¹)	
	2018	2019	2018	2019
Système de culture (SC)				
GS	1960	1238	2203	4150
SGS	766	786	1725	2707
Fpr	0.04	<.001	0.005	<.001
Fumures				
F1 (témoin absolu)	187c	308c	1082b	2202c
F2 (5t ha ⁻¹ de F.O)	402c	471c	1372b	2954bc
F3 (2,5 t ha ⁻¹ de F.O)	286c	543c	1225b	3320bc
F4 (100 kg de CC + 150 kg d'urée)	3288 a	2289a	3280a	4819a
F5 (50 kg de CC + 75 kg d'urée)	1651b	1448b	2863ab	3848ab
Valeur de P Anova	<.001***	<.001***	<.001***	<.001***
Test de Student-Newman-Keuls (5 %)	HS	HS	HS	HS
Interaction				
SC x Fumure	0.06 ^{NS}	0.11 ^{NS}	0.85 ^{NS}	0.07 ^{NS}
CV(%)	25	33.9	25	35.6

NS = différence non significative, *** = différence très hautement significative ($p < 0,001$)

Le type de fertilisation a eu une influence significative sur le rendement grain du maïs au cours des deux années d'étude. Les formules à base d'engrais minéraux F4 (100 kg de CC + 150 kg d'urée) et F5 (50 kg de CC + 75 kg d'urée) ont permis un accroissement significatif ($P < 0.05$) du rendement grain comparé aux formules de fertilisation à base de fumure organique F2 (5 tonnes /ha), F3 (2,5 tonnes /ha) et au témoin absolu. Toutefois la formule F4 a induit un accroissement significatif du rendement grain comparé à la formule F5. Aussi aucune différence significative n'a été observée entre les formules de fertilisation à base de fumure organique (F2 et F3) et le témoin absolu F1 (**Tableau 5**). L'apport de fumure comme observé avec le rendement grain a aussi eu une influence significative ($P < 0.05$) sur le rendement biomasse (**Tableau 5**). L'apport de la dose complète de la fumure minérale (F4) a permis d'obtenir le meilleur rendement biomasse comparé aux autres traitements excepté la demi-dose de la fumure minérale (F5).

4. Discussion

4-1. Dynamique d'évolution des paramètres de croissance de *Gliricidia sepium*

Les paramètres de croissance et de rendement de *Gliricidia sepium* ont connu une augmentation significative avec le temps, on note un taux d'accroissement de la biomasse sèche, du diamètre au collet et de la taille respectivement de 77,44 %, 74,33 % et 6,06 % des plants de *Gliricidia sepium* sur 2 années de culture. Cet accroissement peut s'expliquer par la pluviométrie élevée et sa bonne répartition en 2019 comparé à 2018 qui a été respectivement de 879 mm en 56 jours contre 744 mm en 52 jours. Ces résultats montrent que la pluviométrie annuelle et sa répartition a une influence sur les paramètres de croissance de *Gliricidia sepium*. [21] a abouti à la conclusion que les rejets produits pendant les périodes de faible pluviométrie étaient plus nombreux, mais chétif et moins feuillus, tandis que ceux produits sous de bonnes conditions pluviométriques étaient moins nombreux, robustes, plus hauts et plus feuillus, fournissant par conséquent une plus grande quantité de biomasse. La biomasse aérienne de *Gliricidia sepium* produite en deux coupes au cours des deux années d'étude a été de 8,15 et 14,47 t ha⁻¹ respectivement en 2018 et 2019.

La production d'émondages est liée à la densité de plantation. Ainsi on note une production d'émondages d'une moyenne 11 t ha⁻¹ avec une densité de plantation de l'ordre de 4100 arbustes ha⁻¹ pour cette étude, relativement supérieure à la densité de 3333 arbustes ha⁻¹ avec une production annuelle moyenne d'émondages de 6 t ha⁻¹ [22]. La production de biomasse foliaire de *Gliricidia sepium* varie selon la zone, la densité de plantation et la gestion de l'espèce.

4-2. Évaluation de la décomposition des émondages de *Gliricidia sepium* dans le sol

Les émondages de *Gliricidia sepium* enfouies dans le sol ont connu une vitesse de décomposition relativement élevée. Le temps de demi-vie temps nécessaire pour que 50 % de la partie biodégradable des émondages soient effectivement biodégradées est de t_{50} 38 jours. Cette vitesse de décomposition est probablement liée au rapport C/N des émondages de *Gliricidia sepium* utilisées qui est de 12. Le rapport C/N un indicateur du potentiel de minéralisation, qui permet de juger du degré d'évolution de la matière organique, c'est-à-dire de son aptitude à se décomposer plus ou moins rapidement dans le sol. Il est généralement admis que les résidus organiques avec un rapport C/N inférieur à 20 facilite la minéralisation de l'azote avec un taux élevé de décomposition du substrat, cependant ceux qui ont un rapport supérieur à 30 se décomposent difficilement et conduit à une immobilisation de l'azote [23]. La matière organique influence le rythme de croissance des microorganismes. Il est connu que les matières organiques facilement minéralisables augmentent et diversifient la microflore du sol, et par conséquent les taux de décomposition de la matière organique et celui de la minéralisation de l'azote [24, 25]. Comme indiqué ci-dessus, en plus de la composition chimique (C/N) des émondages de *Gliricidia sepium*, l'humidité et la température sont parmi les variables les plus déterminantes du fait qu'elles affectent les activités des micro-organismes. L'humidité et la température du sol affectent fortement les principales réactions (physiques, chimiques et microbiologiques) qui contrôlent la décomposition [26]. Au cours de cette étude il a été remarqué une perte de biomasse sèche de *Gliricidia sepium* en fonction de l'évolution de la pluviométrie avec un coefficient de détermination de 64 %. Malgré la diversité spécifique et fonctionnelle des communautés microbiennes du sol, et leur forte adaptabilité aux variations environnementales, leur activité peut être réduite par des conditions d'humidité et/ou de température limitantes [27]. Ainsi, de même que les plantes, les décomposeurs sont plus productifs en conditions chaudes et humides, dans la mesure où il y a suffisamment d'oxygène [28].

4-3. Effet de l'apport en paillis des émondages de *Gliricidia sepium* sur le taux d'humidité du sol

Le système de culture a eu une influence sur le taux d'humidité du sol. On observe que durant toute la campagne l'apport des émondages de *Gliricidia sepium* en paillis a permis une amélioration du taux d'humidité du système de culture avec *Gliricidia sepium* par rapport au système de culture sans *Gliricidia sepium* avec un accroissement de 27 % observé au cours de la campagne. Le paillage des émondages crée une couverture qui protège le sol contre les différentes formes de dégradation physique, augmente le taux de matière organique et empêche le développement des adventices. Ces effets se répercutent sur l'amélioration de la structure du sol, favorisant l'infiltration de l'eau et la conservation de l'humidité du sol et donc améliorant l'alimentation hydrique des cultures [29]. Le paillage de surface a un effet sur la diminution de la formation des croûtes à la surface du sol, et permet une amélioration de l'infiltration de l'eau dans le sol et la réduction de l'évaporation. En général, la matière organique retient physiquement plus d'eau que les composés minéraux du sol (sable, limon et argile), ainsi elle augmente la rétention du sol en eau [30]. De plus l'arbre par sa présence permet de maintenir l'humidité du sol, réduisant la pression du vent et de l'air tout en créant un microclimat.

4-4. Effet du système de culture sur les paramètres de croissance du maïs

Les paramètres de croissance du maïs ont été significativement influencés par l'apport des engrais minéraux. L'apport de la fumure minérale à la dose recommandée F4 (100 kg de CC + 150 kg d'urée) et la demi dose de la fumure minérale recommandée F5 (50 kg de CC + 75 kg d'urée) ont permis un accroissement significatif du diamètre au collet, du nombre de feuilles et de la hauteur des plants. Cela s'explique par le fait que l'apport de nutriments sur un sol à faible fertilité entraîne une amélioration importante de la croissance et du développement des cultures. Les éléments majeurs tels que l'azote, le phosphore et le potassium par leur effet synergétique lorsqu'ils sont apportés ensemble, conduisent à améliorer les performances des cultures sur des sols à fertilité faible ou moyenne [31]. Le faible niveau de production observé avec le témoin est dû au fait que sans apport d'éléments fertilisants externes sur un sol infertile, les plantes utilisent le peu de nutriments que le sol est capable de fournir.

4-5. Effet du système de culture sur les paramètres de rendement du maïs

Le système de culture en couloir avec *Gliricidia sepium* (GS) a permis une amélioration significative des rendements grain et biomasse du maïs par rapport au système de culture sans *Gliricidia sepium* (SGS) au cours des deux années de l'étude. Le rendement du maïs a connu un taux d'accroissement moyen de 106 % avec la culture en couloir avec *Gliricidia sepium* (GS) par rapport au témoin sans *Gliricidia sepium* (SGS). La référence [4] a obtenu un accroissement du rendement grain du maïs de plus de 100 % avec l'apport des émondes-de *Gliricidia sepium* comparativement au témoin. Cette augmentation de rendement s'explique par la décomposition rapide des émondes de *Gliricidia sepium* qui contribue à l'enrichissement du sol essentiellement en azote et en phosphore. La disponibilité du phosphore est cruciale au stade précoce de la croissance des plantes de maïs où toute carence en cet élément entraîne des pertes considérables de rendement. Les légumineuses dans les systèmes culturaux du maïs sont une alternative potentielle de sources d'azote et de phosphore [32]. Au cours de cette étude, la perte de poids des émondes de *Gliricidia sepium* a été beaucoup plus marquée en début de campagne. Le temps de demi-vie temps nécessaire pour que 50 % de la partie biodégradable des émondes soient effectivement biodégradées a été de $t_{50} = 38$ jours. Les émondes de *Leucaena*, de *Gliricidia* et de *Cassia* libèrent la majorité de l'azote dans les 60 jours suivant leurs applications [33]. Plusieurs études ont rapporté que *Gliricidia sepium* produit une biomasse foliaire abondante à décomposition facile comme engrais vert [1, 34].

L'enfouissement de la litière aboutit à la formation d'humus, dont la dégradation contribue à la libération d'éléments minéraux directement assimilables pour les plantes [35]. La référence [36] a obtenu une augmentation de la teneur en azote de $2,31 \text{ g kg}^{-1}$, une amélioration de la teneur en P assimilable du Ca et Mg échangeable, et une baisse de l'acidité du sol dans les systèmes de culture en couloir avec *Gliricidia sepium*. *Gliricidia sepium* exerce un effet favorable sur le maintien et l'amélioration de la fertilité des sols en faisant intervenir différents mécanismes de redistribution des éléments nutritifs dans le profil, réduction des pertes des éléments nutritifs par contrôle de l'érosion et amélioration des propriétés physiques des sols, amélioration quantitative et qualitative de la fraction organique du sol [37]. Au cours de cette étude les résultats obtenus montrent qu'une quantité relativement faible de biomasse fraîche de $8-14 \text{ t ha}^{-1}$ permet une amélioration significative des rendements grain et biomasse du maïs comparé au témoin sans apport. Les traitements F4 et F5 ont été significativement supérieurs aux autres traitements pour les rendements grain et biomasse. Cela s'explique par la différence de solubilité et la rapidité de libération des éléments nutritifs des engrais minéraux comparé aux engrais organiques. Cette rapidité de libération favorise l'absorption des éléments nutritifs par la plante surtout en début de saison ce qui est favorable à la croissance et au développement ultérieure de la plante.

5. Conclusion

La détermination du mode de décomposition des émondes de *Gliricidia sepium* et son impact comme engrais vert sur les performances agronomiques du maïs a été évaluée au cours de cette étude. Les résultats obtenus montrent que la production de biomasse aérienne de *Gliricidia sepium* est tributaire de la pluviométrie annuelle et de la densité de plantation. On note aussi une vitesse de décomposition relativement élevée des émondes de *Gliricidia sepium* enfouies dans le sol avec une perte de poids des émondes beaucoup plus marquée en début de saison. Le système de culture avec *Gliricidia sepium* a permis un accroissement des rendements grain et biomasse, une amélioration de la conservation de l'humidité du sol. Ces résultats montrent que l'apport de la biomasse fraîche de *Gliricidia sepium* entre 8 et 14 t ha⁻¹ par an combiné aux engrais minéraux permet une amélioration des rendements du maïs et serait une option pour la durabilité des systèmes de production dans la zone soudano-sahélienne du Mali.

Références

- [1] - S. DOUMBIA, S. G. DEMBELE, F. SISSOKO, O. SAMAKE, F. SOUSA, H. CICEK, N. ADAMTEY et A. FLIESSBACH, Evaluation de la fertilité des sols et les rendements de cotonnier, maïs et sorgho à *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex. Walp. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 14 (7) (2020) 2583 - 2598
- [2] - FAO, FIDA et PAM, L'Etat de l'insécurité alimentaire dans le monde. Objectifs internationaux 2015 de réduction de la faim : des progrès inégaux. FAO: Rome, (2015)
- [3] - M. D. DJEKE, P. K. T. ANGUI, J. Y. KOUADIO, Décomposition des broyats de coques de cacao dans les sols ferrallitiques de la zone d'Oumé, centre ouest de la Côte d'Ivoire : effets sur les caractéristiques chimiques des sols. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ*, 15 (1) (2011) 109 - 117
- [4] - A. DIOUF, T. DIOP, M. F. NDIAYE, M. GUEYE, Impact de la biomasse de *Gliricidia sepium* utilisée comme engrais vert sur la culture du maïs (*Zea mays*) au Sénégal. *J. Sci.*, 8 (3) (2008) 10 - 17, <http://www.ucadids.org>
- [5] - S. M. SADI, A. K. SAIDOU, M. BOUBE, J. B. AUNE, Effets de la Fertilisation à Base de la Biomasse du *Sida cordifolia* L. sur les Performances Agronomiques et la Rentabilité Économique de la Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en Culture Irriguée *European Scientific Journal January 2020* edition, Vol. 16, N°3 (2020) ISSN : 1857 - 7881
- [6] - P. CATTAN, P. LETOURNY, B. ZAGRE, A. MINOUGOU, E. COMPAORE, Rendement de l'arachide et du sorgho en rotation sous différents itinéraires techniques au Burkina Faso. *Cah. Agric.*, 10 (3) (2001) 159 - 177
- [7] - B. T. KANG, A. N. ATTRA-KAH, L. REYNOLDS, Alley farming. *The tropical agriculturalist*. CTA. IITA, (1999) 110 p.
- [8] - S. T. PARTEY, R. B. ZOUGMORÉ, M. OUEDRAGO, B. M. CAMPBELL, Developing climate-smart agriculture to face climate variability in West Africa: challenges and lesson learnt. *Int. j. cleaner production*, 187 (2018) 285 - 295. DOI <http://doi.org/10.106/J.clepro>.
- [9] - T. L. BEEDY, S. S. SNAPP, F. K. AKINNIFISI, G. W. SILESHI, Impact of *Gliricidia sepium* intercropping on soil organic matter in a maize-based cropping system. *Int. J. Agric. Ecosys. Environ*, 138 (2020) 139 - 146, DOI: <https://doi-org/10.106/J.agee>
- [10] - R. C. ROSECRANCE, J. L. BREWBAKER J. H. FOWNER, Alley cropping of maize with nine leguminous trees. *Agroforestry Systems*, 17 (1992) 159 - 168
- [11] - MDR, Résultats définitifs de la campagne agropastorale situation alimentaire et nutritionnelle. CPS/SDR, (2016) 70 p.

- [12] - J. BAYALA, J. BALESSENT, C. MAROL, F. ZAPATA, Z. TEKLEHAIMANOT, S. J. OUÉDRAOGO, Relative contribution of trees and crops to soil carbon content in a parkland system in Burkina Faso using variations in natural ^{13}C abundance. *Journal Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 76 (2006) 193 - 201
- [13] - B. A. BATIONO, A. KALINGANIRE, J. BAYALA, Potentialités des ligneux dans la pratique de l'agriculture de conservation dans les zones arides et semi arides de l'Afrique de l'Ouest : Aperçu de quelques systèmes candidats. ICRAF Technical Manual n°17, Nairobi, Kenya, (2012) 50 p.
- [14] - B. YELEMOU, G. YAMEOGO, B. A. BATIONO, Le *Piliostigma reticulatum* au Burkina Faso : Une espèce qui sort de l'ombre. *Sahel Agroforesterie*, 18 (2013) 6 - 7
- [15] - M. D. DIALLO, J. L. CHOTTE, A. GUISSSE, S. N. SALL, Influence de la litière foliaire de cinq espèces végétales tropicales sur la croissance du mil (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) et du maïs (*Zea mays* L.) *Science et changements planétaires Sécheresse*, 19 (3) (2008) 207 - 10
- [16] - S. A.N. SAMBA, F. ELHADJI, G. TALA, M. HANK, C. CAMIRE, *Cordyla pinnata* améliore les propriétés du sol et la productivité des cultures. *Int.J.Biol.Chem. Sci.*, 6 (2) (2012) 714 - 725
- [17] - D. FATONDJI, C. MARTIUS, C. L. BIELDERS, P. L. G. VLEK, A. BATIONO, B. GERARD, Decomposition of organic amendment and nutrient release under the zai technique in the Sahel. *Nutr Cycl Agroecosyst*, 85 (2009) 225 - 239
- [18] - A. GONDA, Integrated management of composted cattle manure and mineral fertilizer for improved pearl millet and cowpea yield under strip cropping system in Niger. PhD thesis. Faculty of Agriculture, These unique, Kwame N'Krumah University of science and Technology Crops and soil science département Kumassi, (2015) 165 p.
- [19] - D. CROHN, Nitrogen mineralization and its importance in organic waste recycling <http://alfalfa.usdavis.edu>. In : Proceedings, National Alfalfa Symposium, 13-15th December, 2004, San Diego, CA, UC Cooperative Extension, University of California
- [20] - K. M. DE ANGELIS, *Measurement of soil moisture content by gravimetric water Method*. In C.A. Black. (eds). "Methods of Soil Analysis : Part I physical and mineralogical properties". American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, (2007)
- [21] - S. B. T. KABONEKA, O. IRO, C. KWIZERA, M. NKURUNZIZA, E. KWIZERA, Carbon mineralisation kinetics from legume residues applied to a high altitude acidic soil. *International Journal of Advances in Scientific Research and Engineering (IJASRE)*, 5 (4) (2019) 42 - 48
- [22] - R. MALIKI, F. AMADJI, I. ADJEI, C. ENGLEHART, Impact agronomique de quelques systèmes agroforestiers dans la région des savanes au centre du Bénin. *Bulletin de la recherche Agronomique du Bénin*, INRAB/MAEP, Bénin, N°35 (Mars 2002) 9 - 17 p.
- [23] - M. D. DIALLO, Effet de la qualité des litières de quelques espèces végétales sahariennes sur la minéralisation de l'azote. Thèse doctorale de 3^{ème} cycle de biologie végétale à l'Université Cheick Anta Diop de Dakar, (2005) 143 p.
- [24] - M. B. POUYA, Z. GNANKAMBARY, O. M. SAVADOGO, N. OUANDAOGO, M. P. SEDOGO, F. LOMPO, Valorisation agronomique des résidus de *Jatropha Curcas* L. comme fertilisant organique au Burkina Faso. *Afrique science*, 16 (5) (2020) 81 - 92 81 ISSN 1813-548X, <http://www.afriquescience.net>
- [25] - S. M. F. DOAMBA, H. B. NACRO, A. SANON, M. SEDOGO, Effet des cordons pierreux sur l'activité biologique d'un sol ferrugineux tropical lessivé (Province du Kouritenga au Burkina Faso). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 5 (1) (2011) 304 - 313
- [26] - J. A. TROFYMOW, T. R. MOORE, B. TITUS, Rates of litter decomposition over 6 years in Canadian forests : influence of litter quality and climate. *Canadian Journal of Forest Research*, 32 (2002) 789 - 804
- [27] - B. BERG, C. MCCLAUGHERTY, Plant litter: decomposition, humus formation, carbon sequestration. Berlin and Heidelberg : Springer. 2nd ed., (2008) 338 p.

- [28] - A. N'DAYEGAMIYE, La contribution en azote du sol reliée à la minéralisation de la M.O : facteurs climatiques et agricoles influençant les taux de minéralisation d'azote. Communication orale CRAAQ-OAQ. Colloque sur l'azote, (2007) 11 p.
- [29] - K. K. H. KOUADIO, D. T. DOUDOU, A. TSCHANNEN, D. DAO, O. GIRARDIN, Techniques agroforestières à base de *Gliricidia sepium* à l'est de la Côte d'Ivoire : Impacts et perspectives. *Journal of Animal and plantes sciences*, 01 (11) (2011) 1374 - 1379. ISSN 2071-7024
- [30] - I. CELIK, I. ORTAS, S. KILIC, Effects of compost, mycorrhiza, manure and fertilizer on some physical properties of a Chromoxerert soil. *Soil & Tillage Research*, 78 (2004) 59 - 67
- [31] - M. FAMANTA, A. B. KOUYATE, S. G. DEMBELE, M. DOUMBIA, Effets combinés de la fumure minérale (DAP et urée) avec la dolomie sur les propriétés du sol et le rendement du sorgho (*Sorghum bicolor*(L.) Monch) dans les conditions agro écologiques de Katibougou au Mali, *Revue Africaine d'Environnement et d'Agriculture*, 3 (4) (2020) 59 - 66
- [32] - P. SAKALA, S. MPEPEREKI, K. E. GILLER, Nitrogen fixation, grain yields and residual N benefits of promiscuous Soybean to maize under field condition, *African Crop Science Journal*, 7 (4) (1999) 375 - 382
- [33] - C. F. YAMOA, A. A. AG BOOLA, K. MULONGOY, Decomposition nitrogen release and weed control by prunings of selected alley cropping shrubs, *Agrof-Syst*, 4 (1986) 239 - 249
- [34] - J. L. STEWARD, A. J. DUNDSON, J. J. HELLUN, C. E. HUGHES, Wood biomass estimation of central America dry zones species. *Tropical Forestry* paper University of Oxford, N°26 (1992) 83 p.
- [35] - G. M. HASHIM, Sustainable land management in tropical tree-crop ecosystem.extension Bulletin ASPEC. Malaysian Agricultural Research and Developemnt Institute, Kuala Lumpur, Malaysia, N°424 (1996)
- [36] - C. OKONKWO, J. S. C. MBAGWU S. O. EGWU, Changes in soil properties under alley cropping system of three leguminous crop, *Agroscience journal of tropical Agriculture, Food, Environment and Extension*, (1) (2009) 60 - 65
- [37] - R. LAL, Agroforestry system and soil surface management of a tropical alfisol, *Agroforestry system*, 8 (1989) 7 - 29