

UNIVERSITE ASSANE SECK DE ZIGUINCHOR



UFR SCIENCES ET TECHNOLOGIES

DEPARTEMENT AGROFORESTERIE

**Master en Aménagement et Gestion Durable des Ecosystèmes forestiers et
Agroforestiers (AGDEFA)**

**Effet de l'incorporation de la biomasse de *Piliostigma reticulatum* (D.C.)
Hochst sur le rendement du niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) dans le
terroir villageois de Keur Ndary (Région de Kaolack)**

Mémoire présenté par Mlle Ngane NIANG

Encadrants : Pr Ismaïla COLY, Maître de Conférences CAMES (UASZ)

Dr Dioumacor FALL, Maître de Recherches ISRA/CNRA/Bambey

Dr Mouhamadou Moussa DIANGAR, Chargé de Recherches ISRA/CNRA/Bambey

Soutenu publiquement le 17 novembre 2022 devant le jury composé de:

Président :	M. Mohamed M. CHARAHABIL	Maître de conférences	UFR-ST / UASZ
Membres :	M. Djibril SARR	Maître Assistant	UFR-ST / UASZ
	M. Joseph Saturnin DIEME	Maître Assistant	UFR-ST / UASZ
	M. Dioumacor FALL	Maître de Recherches	ISRA/CNRA/Bambey
	M. Mouhamadou Moussa DIANGAR	Chargé de Recherches	ISRA/CNRA/Bambey
	M. Ismaïla COLY	Maître de Conférences	UFR-ST / UASZ

Année universitaire 2020-2021

DEDICACES

Je dédie ce mémoire à mes parents Médoune NIANG et Mame Saye DIAW

Ma grand-mère Adja Marème DIONGUE

Pour leurs bénédictions et sacrifices consacrés à mon égard

Mes frères et sœurs Ibrahima NIANG, Bécaye, Serigne Saliou, Alimatou, Diéré et Marème

Pour leurs conseils et soutien sans failles

Et spécialement à mes oncles Birame NIANG, Bécaye NIANG et Ndiaga NIANG pour leurs soutien inestimable durant ma formation

Que Dieu vous accorde une longue vie et vous comble de ses bienfaits

REMERCIEMENTS

Nous rendons grâce à ALLAH, le miséricordieux de nous avoir donné la santé qui nous a permis de réaliser ce document.

Au terme de ce présent mémoire, nous tenons à manifester notre gratitude et nos remerciements à certaines personnes et instituts à travers ces quelques lignes qui suivent :

A l'endroit du chef de département **Dr Djibril SARR** et à travers lui, tous les Enseignant-chercheurs, docteurs et doctorants du département d'Agroforesterie de l'Université Assane Seck de Ziguinchor pour leurs enseignements de qualité et leur rigueur scientifique.

Au Directeur du CNRA de Bambey **Dr Ibrahima SARR** et à travers lui, tout le personnel du CNRA pour l'opportunité qu'ils m'ont offert en m'accueillant dans leur structure.

Pr Ismaila COLY, Maître de Conférences, Responsable du master AGDEFA et Directeur de ce mémoire pour avoir accepté cette responsabilité. J'ai eu le privilège de travailler avec vous depuis la licence et d'apprécier vos qualités et votre rigueur. Nous tenions à vous remercier pour la qualité des enseignements dispensés, pour tous les efforts que vous avez fournis pour l'obtention de ce stage. Votre grande disponibilité, vos conseils et suggestions ont contribué à améliorer la qualité de ce mémoire.

Dr Mouhamadou Moussa DIANGAR, Chercheur-sélectionneur du service sélection niébé à l'ISRA/CNRA Bambey et Co-encadrant de ce mémoire, nous vous remercions sincèrement pour nous avoir accepté dans votre équipe. Votre encadrement exemplaire, vos critiques, suggestions et conseils nous ont permis d'améliorer la qualité de ce document. Merci pour votre disponibilité.

Dr Dioumacor FALL, Maître de recherche et chef du service Agroforesterie à l'ISRA/CNRA Bambey et Co-encadreur de ce travail, nous tenons à vous adresser nos remerciements, notre gratitude et notre reconnaissance entière. Votre encadrement exemplaire, votre disponibilité, votre pédagogie et votre goût du travail bien fait nous ont toujours motivé à aller de l'avant. Votre contribution est immense dans la réalisation de ce travail.

Dr Malick NDIAYE Chercheur au service Agronomie et **Dr Cyril DIATTA** Chercheur-sélectionneur au service sélection Sorgho à l'ISRA/CNRA Bambey.

Nous adressons aussi nos sincères remerciements :

- A **Mme Bineta Samba KEITA** et à toute l'équipe du service sélection niébé du CNRA Bambey.
- A **Khadime THIAM** qui n'a ménagé aucun effort pour nous aider à trouver un stage, pour ses encouragements et ses conseils.
- Au **Dr Adama TOUNKARA** et **Auguste Jean Grégoire COLY** qui ont grandement contribué au succès de ce travail par leur disponibilité et leur aide au niveau des analyses de données.
- A mes camarades de la 9^{ème} promotion du département d'Agroforesterie. Mention spéciale à **Amadou DIEYE mon ami et frère** à qui je dis un grand merci pour ses conseils, ses encouragements, et ses suggestions dans le sens d'améliorer la qualité de ce travail.
- A **Mame Boye DIAWARA, Oumoukairy SANE, Mansour NDIAYE** et sa femme **Bineta DIALLO** qui m'ont bien accueilli dans leur domicile à Ziguinchor durant toute la durée de ma formation. Merci du fond du cœur.
- A **Alice BASSENE** à Ziguinchor, une amie et sœur pour qui j'ai une reconnaissance toute particulière pour son hospitalité. Merci pour l'aide que vous m'avez apporté chaque jour.
- A **Tata Amy** pour ses conseils et son soutien.
- A mes collègues stagiaires **Soda CISSE, Ibrahima SONKO, Yassine MAÏGA, Dieynaba Koné DIATTA, Awa Thiam** et **Pane DIA**, qui ont rendu mon séjour au CNRA de Bambey agréable et qui ont contribué au succès de ce travail.
- A mes familles maternelle et paternelle pour leur soutien et prières.
- A tous ceux que nous n'avons pas cités nommément, et qui d'une manière ou d'une autre ont contribué au succès de ce mémoire.

TABLE DES MATIERES

DEDICACES	i
REMERCIEMENTS	ii
LISTE DES TABLEAUX	vi
LISTE DES FIGURES	vi
LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS	vii
RESUME.....	viii
ABSTRACT	ix
INTRODUCTION	1
I. SYNTHÈSE BIBLIORAPHIQUE	3
I.1. Généralité sur la fertilité d'un sol	3
I.1.1. Notion de fertilité et fertilisation d'un sol.....	3
I.1.2. Technologies d'amélioration de la fertilité des sols	3
I.1.2.1. Technologies agroforestières	3
I.1.2.2. Amendements organiques	4
I.1.3. Synthèse de quelques études menées sur l'effet fertilisant de la biomasse arbustive	4
I.2. Généralités sur le <i>Piliostigma reticulatum</i>	5
I.2.1. Systématique.....	5
I.2.2. Caractéristiques botaniques.....	6
I.2.3. Ecologie.....	7
I.2.4. Importance agronomique.....	7
I.3. Généralités sur le niébé	8
I.3.1. Systématique, origine et distribution.....	8
I.3.2. Phénologie et écologie du niébé.....	8
I.3.3. Caractéristiques morphologiques	9
I.3.3. Utilisation du niébé au Sénégal.....	10
I.3.4. Production et contraintes de production du niébé	11
II. MATERIEL ET METHODES	13
II.1. Zone d'étude.....	13
II.2. Matériel végétal.....	14
II.3. Travaux préparatoires	15
II.3.1. Mise en place du dispositif expérimental	15
II.3.2. Conduite de l'essai	17

II.3.2.1. Semis.....	17
II.3.2.2. Entretien.....	17
II.3.3. Observations et mesures	17
II.3.3.1. Hauteur des plantes	18
II.3.3.2. Diamètre au collet	18
II.3.3.3. Rendement grains et fanes du niébé.....	18
II.3.3.4. Le poids cent graines	18
II.4. Analyse statistique des données	18
III. RESULTATS.....	19
III.1. Effet de la variété et du système de gestion du sol sur les paramètres de croissance et la production de biomasse du niébé.....	19
III.1.1. Hauteur des plants	19
III.1.2. Diamètre au collet des plantes	19
III.1.3. Biomasse fraîche.....	20
III.1.4. Biomasse sèche	21
III.2. Effet de l'interaction variétés×système de gestion du sol sur le rendement en graines et le poids de cent graines	22
III.2.1. Rendement en graines	22
III.2.2. Poids cent graines	23
III.3. Corrélation entre les variables quantitatives.....	24
III.4. Classification hiérarchique des variétés en fonction des variables quantitatives	25
III.6. Représentation graphique des groupes définis	26
IV. DISCUSSION	28
IV.1. Effet du système de gestion sur la croissance en hauteur et le diamètre au collet	28
IV.2. Effet du système de gestion sur le rendement en graines et sur le poids cent graines	29
IV.3. Effet du système de gestion sur la biomasse fraîche et sèche	30
CONCLUSION ET ESPÉRANCES	31
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	32

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : teneur en éléments nutritifs du niébé, source : Souilah (2015).....	11
Tableau 2 : traitement obtenus par la combinaison des modalités des facteurs mode de gestion du sol et variétés.....	16
Tableau 3 : variation de la hauteur des plantes en fonction des variétés et du système de gestion du sol	19
Tableau 4 : variation du diamètre au collet (mm) des plantes en fonction du système de gestion du sol selon la variété	20
Tableau 5 : variation de la biomasse fraîche (kg/ha) en fonction du système de gestion du sol selon la variété.....	21
Tableau 6 : variation de la biomasse sèche (kg/ha) en fonction du système de gestion selon la variété	22
Tableau 7 : performances des variétés en fonction des variables	26
Tableau 8 : distribution des valeurs propres et de la variabilité suivant les trois axes factoriels de l'ACP	27

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : situation géographique de la zone d'étude	13
Figure 2 : répartition pluviométrique par décade du département de Nioro pour l'année 2021	14
Figure 3 : dispositif expérimental en blocs complets randomisés.....	17
Figure 4 : variation du rendement en graines des variétés en fonction de l'interaction variétés×système de gestion.....	23
Figure 5 : variation du poids de cent graines des variétés en fonction de l'interaction variétés×système de gestion.....	24
Figure 6 : matrice de corrélation entre les variables quantitatives pour les deux systèmes de gestion.....	25
Figure 7 : classification des variétés en fonction des variables étudiées.....	25
Figure 8 : groupes projetés sur les trois dimensions de l'ACP	27

LISTE DES PHOTOS

Photos 1 : jeune pieds (a) ; fleur et fruit (b) de <i>Piliostigma reticulatum</i>	7
Photos 2 : feuille (a) ; inflorescence ; gousses et graines (b) de niébé (<i>Vigna unguiculata</i>) ...	10
Photos 3 : variétés de niébé <i>Vigna unguiculata</i> utilisées	15
Photos 4 : découpage (a) et incorporation (b) de la biomasse de <i>Piliostigma reticulatum</i>	15

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

AGDEFA : Aménagement et Gestion Durable des Ecosystèmes Forestiers et Agroforestiers

ANOVA : Analyse de variance

ANSD : Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie

B21 : Bambey 21

BRF : Bois Raméaux Fragmenté

CILSS : Conseil Inter-Etat de Lutte contre la sécheresse au Sahel

CNRA : Centre National de Recherches Agronomiques

DAPSA : Direction de l'Analyse, de la Prévision et des Statistiques Agricoles

FAO : United Nation Food and Agriculture Organization

FAOSTAT : Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database

ISRA : Institut Sénégalais de Recherches Agricoles

JAS : Jour Après Semis

Ms : Matière sèche

PIB : Produit Intérieur Brut

RGPHAE : Recensement Général de la Population et de l'habitat, de l'agriculture et de l'élevage

RNA : Régénération Naturelle Assistée

SNK : Student Newman Keuls

RESUME

Au Sénégal, la baisse de la fertilité des sols constitue le problème majeur que rencontre les producteurs. Elle est causée par la mise en culture continue des terres, l'exportation de tous les résidus de culture après les récoltes, la dégradation des terres et les effets du changement climatique. Pour y remédier, les fertilisants organiques comme la biomasse des arbustes représentent un substitut approprié aux engrais chimiques pour augmenter durablement la productivité agricole. L'objectif de cette étude est d'évaluer les effets de l'incorporation de la biomasse de *Piliostigma reticulatum* sur la croissance et la production du niébé. Une expérimentation en factoriel sur des parcelles à long terme a été conduite en milieu paysan dans le terroir villageois de Keur Ndary. Pour ce faire, un dispositif en blocs complets randomisés avec trois répétitions a été mis en place. Les traitements sont obtenus par la combinaison des modalités des facteurs mode de gestion du sol (système de gestion optimisé (Pil+) et système de gestion traditionnelle (Pil-)) et variété (B21, Kelle, Leona, Sam, Lizard, Thieye, Mouride et Yacine). Les résultats obtenus ont montré que le système de gestion optimisé (PIL+) a augmenté significativement la hauteur des plantes (58%), le diamètre au collet (14,3%), le rendement en graines (2620,95%), le poids cent graines (98,53%), la biomasse fraîche (89%) et la biomasse sèche (69,8%). Les résultats ont aussi montré que sous parcelle incorporé avec la biomasse, les meilleures performances variétales en termes de rendements en graines ont été obtenues avec les variétés Yacine (3411,73 kg/ha), Kelle (3332,27 kg/ha) et Leona (3227,73 kg/ha). L'étude a montré que la pratique de l'incorporation de la biomasse issue de l'arbuste *P. reticulatum* dans l'amélioration de la fertilité des sols et l'augmentation des rendements culturaux apparaît comme une alternative pouvant contribuer à la promotion d'une agriculture durable dans le bassin arachidier.

Mots clés : biomasse ligneuse, *Piliostigma reticulatum*, variétés, fertilité des sols, Keur Ndary

ABSTRACT

In Senegal, the decline in soil fertility is the major problem facing farmers. It is caused by the continuous cultivation of land, the export of all crop residues after harvest, land degradation and the effects of climate change. To remedy this, organic fertilizers such as shrub biomass represent a suitable substitute for chemical fertilizers to sustainably increase agricultural productivity. The objective of this study is to evaluate the effects of incorporating *Piliostigma reticulatum* biomass on cowpea growth and production. A factorial experiment on long-term plots was conducted in the village of Keur Ndary. A randomized complete block design with three replications was used. Treatments were obtained by combining the modalities of the soil management system (optimized management system (Pil+) and traditional management system (Pil-)) and variety (B21, Kelle, Leona, Sam, Lizard, Thieye, Mouride and Yacine). Results showed that the optimized management system (PIL+) significantly increased plant height (58%), crown diameter (14.3%), seed yield (2620.95%), hundred seed weight (98.53%), fresh biomass (89%) and dry biomass (69.8%). The results also showed that under plot incorporated with biomass, the best varietal performance in terms of seed yield was obtained with the varieties Yacine (3411.73 kg/ha), Kelle (3332.27 kg/ha) and Leona (3227.73 kg/ha). The study showed that the practice of incorporating biomass from the *P. reticulatum* shrub to improve soil fertility and increase crop yields appears to be an alternative that can contribute to the promotion of sustainable agriculture in the groundnut basin.

Keywords: woody biomass, *Piliostigma reticulatum*, varieties, soil fertility, Keur Ndary

INTRODUCTION

L'agriculture est un secteur d'activité qui joue un rôle très important dans la vie socio-économique du Sénégal à travers la création d'emplois, la sécurité alimentaire et la lutte contre la pauvreté (Mbow, 2017). En effet, elle emploie près de 70% de la population malgré sa faible rémunération (FAOSTAT, 2013) et contribue à hauteur de 9,4% du produit intérieur brute (PIB) (ANSD, 2020). L'agriculture sénégalaise est dominée par des exploitations de type familial qui occupent 95% des terres agricoles du pays (DAPSA, 2009). C'est une agriculture de subsistance et les cultures pratiquées restent majoritairement vivrières (91%) et portent pour l'essentiel sur le mil (38%), le niébé (24%), le maïs (20%) et le riz (9%). La principale culture industrielle reste l'arachide (75%) (RGPHAE, 2013).

De nos jours, le niébé, *Vigna unguiculata* L. Walpers est devenu l'une des principales légumineuses produites au monde surtout en Afrique de l'ouest. Sa culture joue un rôle important dans la subsistance de beaucoup de famille et l'amélioration de la sécurité alimentaire en raison de son taux élevé en protéine (22 % à 24 %) et de son importance socioéconomique (Cissé et Hall, 2003). Cependant, cette culture est marquée par l'instabilité de ses rendements (Krasova, 2003). Les faibles rendements de cette culture seraient dus dans beaucoup de pays à la pauvreté et au faible niveau de fertilité des sols (Bado, 2002). En effet, depuis plus de trois ans, la performance agricole au Sénégal continue de baisser en raison de la baisse de la fertilité des sols (Diack et al., 2017). Plusieurs facteurs expliquent cette baisse de fertilité, notamment l'abandon des jachères de longues périodes, l'exportation des résidus de cultures après la récolte, l'apport abusif d'intrants chimiques dans les champs, la déforestation et les mauvaises conditions pluviométriques en termes d'intensité et de répartition des précipitations (Diallo et al., 2019). A cela s'ajoute la dégradation des terres liée en grande partie à leur surexploitation due à la croissance démographique (CILSS, 2009). Pour maintenir la fertilité des sols et optimiser la production du niébé, la plupart des exploitants agricoles comptent sur les apports d'engrais chimiques. Ces derniers constituent une solution bien que leur coût élevé demeure un facteur limitant et leur utilisation dans le long terme entraîne une dégradation chimique des sols et une réduction des rendements (Bado, 2002). Il devient donc nécessaire de s'orienter vers des systèmes de cultures plus durables et à faibles intrants. Parmi ceux-ci figurent les technologies agroforestières qui apparaissent comme une alternative moins coûteuse et plus accessibles aux producteurs en valorisant la biomasse ligneuse (Zomboudré et al., 2005). Ainsi, le rôle des arbustes en association avec les cultures dans l'amélioration de la fertilité des sols, l'augmentation de la disponibilité des nutriments et l'accroissement des rendements des

cultures a fait l'objet de plusieurs études dans le bassin arachidier (Dossa et *al.*, 2013 ; Diedhiou et *al.*, 2013, Ba et *al.*, 2014 ; Bright et *al.*, 2017 ; Camara et *al.*, 2017 ; Thiaw, 2018 ; Beye, 2020). En particulier, des études ont montré que les amendements à base de biomasse de *Piliostigma reticulatum* améliorent les propriétés physico-chimiques du sol, favorise les microorganismes et l'activité enzymatique, augmentant ainsi le taux de minéralisation de la matière organique et une bonne nutrition minérale des cultures. En outre, cette biomasse augmente l'infiltration de l'eau, réduit l'évaporation et accroît les rendements des cultures de mil et de l'arachide (Diedhiou et *al.*, 2009 ; Dossa et *al.*, 2010 ; Kizito et *al.*, 2012 Yelemou et *al.*, 2013 ; Ouedraogo, 2014 ; Ba et *al.*, 2014 ; Bright et *al.*, 2017). Les amendements à base de biomasse ligneuse constituent alors une technologie agroforestière qui offre une réelle opportunité de fertilisation du sol conduisant à une bonne production agricole. Toutefois, cette technologie agroforestière et son influence sur le rendement du niébé n'est pas très bien documentée au Sénégal et nécessite donc des résultats scientifiques suffisants pour soutenir la filière niébé ainsi que son adoption par les populations rurales. Et sa vulgarisation dans les différentes zones agro écologiques.

C'est dans cet optique que ce travail est mené avec pour objectif général de contribuer à une production durable du niébé dans les systèmes de culture par la valorisation de la biomasse de *Piliostigma reticulatum*. Il s'agit de façon spécifique (i) d'évaluer les effets de l'incorporation de la biomasse de *P. reticulatum* sur la croissance et la production du niébé et (ii) d'évaluer l'effet de la variété sur la croissance et la production du niébé.

Ainsi, ce travail est structuré en quatre parties dont la première porte sur la synthèse bibliographique, la deuxième sur le matériel et les méthodes utilisées, la troisième sur les résultats et la quatrième sur la discussion.

I. SYNTHÈSE BIBLIORAPHIQUE

I.1. Généralité sur la fertilité d'un sol

I.1.1. Notion de fertilité et fertilisation d'un sol

La fertilité d'un sol désigne la capacité d'un sol à fournir des récoltes durables (Delville, 1996). Elle dépend de ses propriétés physiques, chimiques, biologiques et des interactions entre ses propriétés donnant au sol la capacité à nourrir les plantes. En effet, un sol fertile est capable de donner aux plantes tout ce dont elles ont besoin sans apport d'intrants et de leurs permettre d'avoir des rendements stables (Mbow, 2020). Cependant, l'exportation sans remplacement d'éléments nutritifs contribue à la dégradation des sols (IIFA, 2014). La fertilisation devient donc nécessaire pour maintenir le niveau de productivité des sols. Elle est ainsi définie comme étant un processus par lequel un ou plusieurs éléments organiques ou minéraux sont apportés au sol dans le but de compléter les apports du sol ou de compenser les exportations.

I.1.2. Technologies d'amélioration de la fertilité des sols

De nombreuses études ont montré l'importance de l'amélioration de la fertilité des sols pour accroître la production agricole (Bado, 2002 ; FAO, 2003 ; CILSS, 2012 ; Diakhaté, 2017). Ces études sont basées sur des techniques permettant d'améliorer les nutriments et la matière organique du sol. Parmi ces techniques, on distingue les amendements organiques (fumier, compost, biomasse arbustive,...), la fertilisation minérale (engrais minéraux, phosphate) et les technologies agroforestières (RNA, cultures en couloirs, jachère améliorée...).

I.1.2.1. Technologies agroforestières

Dans la mesure où la jachère sur une longue période est abandonnée du fait de la forte croissance démographique, l'intégration l'arbre permettrait aux sols de retrouver sa fertilité. Pour un très faible investissement initial, les arbres plantés sur les champs soit en jachère améliorée, soit en association avec une culture annuelle (culture en couloir) restaurent la fertilité du sol ; servent de fourrage pour le bétail ; fournissent d'autres sources de revenu pour les paysans (semences, fruits, bois de services, bois d'œuvre, bois d'énergie etc.). Ils jouent aussi un rôle majeur dans le cycle des nutriments et les flux organiques par la capacité à produire de la biomasse recyclable (litière, exsudats racinaires) à partir des prélèvements en profondeur (Floret et Pontanier, 2001, Masse et *al.*, 2013 et Robin, 2014 cité par Ndiaye, 2019). Il y'a aussi la régénération naturelle assistée (RNA) qui consiste à protéger et gérer les repousses naturelles (pousses) que produisent les arbres et arbustes dans les champs. Cette RNA produit aussi des impacts socioéconomiques et biophysiques et constitue un moyen d'adaptation aux

changements climatique (Botoni et al., 2010). Les résultats de certaines études ont montré que les rendements sont meilleurs sur des champs bénéficiant de la présence des ligneux. Dans le bassin arachidier, des études ont montré que la RNA avec les arbustes de *G. senegalensis* et de *Piliostigma reticulatum* a permis d'augmenter les teneurs en carbone du sol (Chapuis-Lardy et al., 2019) ; d'améliorer les rendements en grains et en paille du mil (Camara et al., 2017) et les rendement de l'arachide (*Arachis hypogaea*) (Sanogo et al., 2019). Les données obtenues par Dossa et al. (2009) montrent également l'effet positif de ces deux espèces sur les rendements de l'arachide et du mil dans le bassin arachidier. Les résultats d'Abasse et al. (2013) ont montré que la pratique de la régénération naturelle assistée de *P. reticulatum* a permis d'augmenter les rendements du mil. Cela s'explique par le fait que la floraison de *P. reticulatum* dégage des essences qui semblent avoir des effets répulsifs sur les insectes floricoles.

I.1.2.2. Amendements organiques

Les amendements organiques représentent un ensemble de fertilisants d'origines naturelles issus des végétaux et de compostage des déchets et des déjections animales, qui mélangées à la terre améliorent les composantes physiques, chimiques et biologiques du sol. Ils favorisent également l'apport d'éléments nutritifs nécessaires à la croissance et au développement des plantes en rendant ses nutriments accessibles¹. L'épandage direct par incorporation est la technique qui présente plus d'avantage (Noel et al., 2008 cité par Thiaw, 2018). Elle favorise l'apport de carbone dans le sol et l'activation de la vie du sol. Selon Badiane et al. (2000), la matière organique incorporée au sol favorise une bonne texture, une bonne structure du sol et un stock d'humus pour le bon développement des plantes. La présence des espèces ligneuses dans les systèmes agroforestiers, peut être une source de matière organique (MO) qui peut aussi contribuer à rehausser le statut organique des sols agricoles (Ba et al., 2014). En ce sens une bonne gestion des sols et une utilisation rationnelle de la MO permettra de maintenir durablement la capacité de production pour une sécurité alimentaire à long terme (Greeland et al., 2003). Il est donc nécessaire de définir le type de MO et la dose à apporter pour préserver la qualité du sol.

I.1.3. Synthèse de quelques études menées sur l'effet fertilisant de la biomasse arbustive

De nombreuses études font état de l'amélioration des propriétés du sol et de l'augmentation des rendements des cultures avec la biomasse des arbustes comme amendement organique (Soumaré et al., 2002 ; Diedhou et al., 2009 ; Dossa et al., 2013 ; Yelemou et al., 2013 ; Dembele, 2014 ; Bright et al., 2017 ; Fall et al., 2020). La biomasse arbustive constitue une réserve d'éléments nutritifs notamment en azote, phosphore et en carbone (Ouedraogo, 2014).

Des études de Yelemou et *al.*, (2013) et Diakhaté, (2014) ont montré que la biomasse de *P. reticulatum* augmente le stock de carbone et d'azote total du sol. Cette augmentation est expliquée par la décomposition de la biomasse foliaire et des rameaux. Au Burkina Faso, Yelemou et *al.*, (2007) notent que le rendement des cultures est plus élevé avec le paillage réalisé avec la biomasse de *P. reticulatum*. Partant de cette observation, Ouedraogo, (2014) a étudié l'effet de la couverture du sol à base de la biomasse de l'arbuste sur l'association sorgho-niébé. Il a constaté que l'impact de la biomasse de cet arbuste sur la production du sorgho et du niébé est significatif. En effet, ses résultats montrent une augmentation des rendements en grains et en pailles de 68% et 34% en T1 (T1= une tonne de biomasse), 131% et 85% en T2 (deux tonnes de biomasse) pour le sorgho ; 29% en T1 et 41% en T2 pour le niébé. Pour des traitements de 1,25 et 2,25 t/ha de biomasse de *Piliostigma reticulatum* (Yelemou et *al.*, 2014), il a été observé une augmentation des rendements en grains de sorgho de 56% et 80% respectivement. L'étude de Guebre et *al.*, (2020) sur l'efficacité des amendements ligneux dans la conservation des sols en zone soudano-sahélien a montré une augmentation des rendements de sorgho (+364%) en 03 ans à la suite de l'application des BRF de *Piliostigma reticulatum* (3t ha⁻¹ de MS). Ces augmentations de rendement s'expliquent par l'amélioration des propriétés physiques et chimiques du sol mais également par la facilitation de l'alimentation hydrique que cette arbuste peut procurer à la culture associée du fait qu'elle réalise la redistribution hydraulique (Kizito et *al.*, 2006, 2007). Cependant, l'effet des BRF sur les cultures semblent controversé au vue des résultats de Ba et *al.*, (2014) sur l'influence des BRF de *G. senegalensis* et de *P. reticulatum* appliqués aux doses de 4 et 6t.ha⁻¹ combiné ou non à de l'urée (75kg.ha⁻¹) sur le rendement du mil dans le bassin arachidier du Sénégal. Cette étude a montré qu'utilisés seul à des doses croissantes, les BRF de *G. senegalensis* ont un effet stimulant sur la teneur en azote du sol et sur le rendement contrairement aux BRF de *P. reticulatum* qui ont provoqué une immobilisation de l'azote avec un effet dépressif sur le rendement.

I.2. Généralités sur le *Piliostigma reticulatum*

I.2.1. Systématique

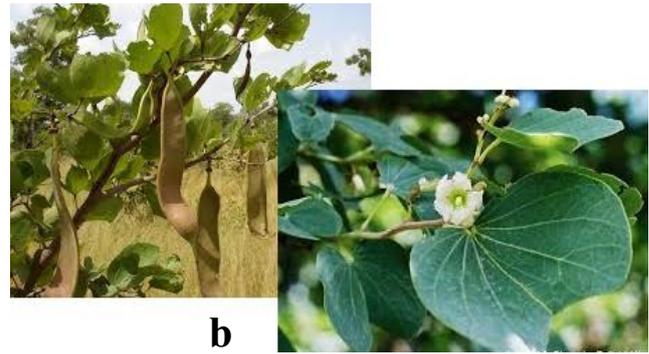
Piliostigma reticulatum appartient à la famille des légumineuses et à la sous famille des *Caesalpinioideae* (Dickinson, 1981 cité par Dao, 2012). Les légumineuses sont considérées comme une super famille appartenant à l'embranchement des spermatophytes au sous embranchement des angiospermes et à la classe des dicotylédones (Maréchal et *al.*, 1978). Cette super famille est ensuite divisée en trois familles : les *Mimosaceae*, les *Fabaceae* et les *Caesalpinaceae* (Guignard, 2001). La sous famille des *Caesalpinioideae* est composé d'arbres

et d'arbustes des zones tropicales et subtropicales. Elle se subdivise en 5 tribus: *Caesalpinieae* (*Piliostigma reticulatum*), *Cassieae*, *Cercideae*, *Amherstieae* et *Detarieae*. A l'intérieur de ces tribus, on a 150 genres et 2200 espèces qui ont été décrits (Bruneau et al., 2001). Le genre *Piliostigma* (Hochstetter) qui tient son nom du grec « pilios » signifie chapeau et « stigma » signifie stigmaté. C'est un genre paléo tropical renfermant trois espèces à savoir *P. malabaricum* (Roxb.) Benth, *P. thonningii* (Schumacher) MilneRedhead et *P. reticulatum* (De Candolle) Hochstetter. (Cronquist; 1988)

Piliostigma reticulatum est également connue sous d'autres noms scientifiques: *Bauhinia glabra* (A. Chev.), *Bauhinia glauca* (A. Chev.). (Yelemou et al., 2007). Dans les langues locales, l'espèce a plusieurs appellations : « pied de chameau » en Français, « Nguiguiss » en Wolof, « Barkéi » en Peul, « Ngayo » en Sérère, ou encore « Téné » en Bambara (Diakhate, 2014).

I.2.2. Caractéristiques botaniques

L'espèce se présente en fonction des zones sous forme d'arbustes atteignant 4 à 5 m de hauteur (Traoré, 2000) ou sous forme de petit arbre de 8-9 m atteignant parfois 10 m de hauteur, à port rarement droit (photo 1). En effet, l'espèce peut pousser comme un arbre si elle n'est pas coupée, mais conserve son port arbustif lorsqu'elle est taillée régulièrement (Lufafa et al., 2008). De nature pérenne, le port arboré est plus rare notamment au Sénégal (Diakhaté, 2014). L'espèce est parfois buissonnante par rejet de souches, à cime arrondie et très touffue (Arbonnier, 2000 cité par Kabore, 2013). Son écorce brune, fibreuse et ligneuse est à tranche rouge foncé (Houérou, 1980). Les rameaux sont gris et glabres. Les feuilles longues de 6-7 cm et larges de 4-8 cm sont alternes épaisses et coriaces avec neuf nervures principales palmées. Elles sont de couleurs vert-gris bilobées et cordées à la base (Maydell, 1983 ; Sawadogo, 2000). C'est une espèce dioïque (Maydell, 1983) avec des inflorescences blanches axillaires ou terminales de 5-15 cm de long qui sont regroupées en panicules ramifiées. Le fruit de *P. reticulatum* est une gousse ligneuse indéhiscente longue de 15 à 25 cm et large de 2,5 à 5 cm. Il est de couleur brun à maturité et il persiste sur les branches (Arbonnier, 2009). Un fruit contient plusieurs rangées de graines dans sa largeur (Photo 1).



Source : <https://agroshrub.org/88b8-bf/qb8be22d3->

Source : <https://www.webonary.org/dioula->

Photos 1 : jeune pieds (a) ; fleur et fruit (b) de *Piliostigma reticulatum*

I.2.3. Ecologie

Par sa forte capacité de régénération de souche, *P. reticulatum* est une espèce grégaire qui s'adapte aux conditions de plus en plus difficiles des écosystèmes tropicaux (Yelemou et *al.*, 2008). C'est une espèce des forêts sèches soudaniennes et des forêts sèches et galeries sahéliennes (Toutain, 1980), qui s'étend de l'Ouest du Sénégal jusqu'en Afrique central (Ouedraogo, 2006). Elle se rencontre sur tous les types de sols, mais elle est plus abondante dans les bas-fonds, les plaines et le long de certaines routes ou pistes (Yelemou et *al.*, 2007). En effet, selon Diallo, (2001), ses graines sont disséminées par les animaux sur de longues distances lors de la transhumance. C'est une espèce qui colonise les sols lourds mal drainés, les sols latéritiques argileux, les lithosols et les sols ferrugineux (Sanou, 2005). Elle est présente aux latitudes où la pluviométrie varie entre 400 et 1 000 mm par an (Vodouhe et *al.*, 2012). C'est aussi une espèce pionnière des jachères qu'on rencontre dans les formations naturelles. Au Burkina, l'espèce est présente dans les jachères et les parcs agroforestiers principalement dans les milieux humides (Arbonnier, 2009 cité par Diakhaté, 2016). Au Sénégal, *P. reticulatum* est présent dans la zone du bassin arachidier avec une densité qui dépasse rarement les 250 arbustes à l'hectare (Lufafa et *al.*, 2009).

I.2.4. Importance agronomique

Sur le plan agronomique, *P. reticulatum* est utilisée par les paysans comme un indicateur de la fertilité des sols. En effet, sa présence dans les champs est un signe de retour de la fertilité des sols ainsi que sa remise en culture après une jachère de 4-5 ans (Sanou, 2005). C'est une espèce agroforestière appréciée par les paysans à travers son cycle de vie, sa régénération naturelle et ses différentes voies de multiplication (Zerbo, 2011). Elle est utilisée comme une

haie antiérosive au Burkina Faso (Sanou, 2005). Elle devient ainsi avec le *Guiera senegalensis* les espèces qui sont utilisées dans les champs comme paillage ou par incorporation pour relever le niveau de fertilité des sols. La biomasse issue de l'élagage de *P. reticulatum* et épandue dans les champs contribue à l'amélioration de la fertilité des sols (Yelemou et al., 2007). Son apport constitue donc une source de biomasse pouvant servir de couverture du sol en vue de réduire l'érosion et d'améliorer les propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol. Aussi, le compostage des feuilles de *P. reticulatum* constitue une source de matière organique pour l'amélioration de la fertilité des sols (Diack et al., 2000). Les études de Diack, (1998) et Yelemou et al., (2014) ont conduit à la conclusion qu'utilisé comme couverture morte, *Piliostigma reticulatum* a un rôle agricole sans équivoque. Des recherches ont montré que cet arbuste a un effet significatif sur l'hydrologie des sols dans la zone d'influence de sa canopée en utilisant l'eau en profondeur dans le profil du sol, n'entrant ainsi pas en compétition avec l'eau utilisée par les cultures (Kizito et al. , 2006, 2007, 2012).

I.3. Généralités sur le niébé

I.3.1. Systématique, origine et distribution

Le niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walpers), également connu sous le nom de pois à œil noir, est une plante herbacée annuelle cultivée principalement dans l'ensemble des zones tropicales et subtropicales (Mone, 2008). C'est une espèce de plante appartenant à l'embranchement des spermatophytes, au sous embranchement des Angiospermes, à la classe des dicotylédones, à l'ordre des Fabales, à la famille des *Fabaceae* et au genre *Vigna*. Ce genre est diploïde $2n=22$ avec un génome d'environ 620 millions de paires de bases (Boukar et al., 2018). Pantropical et relativement hétérogène, il comprend 100 espèces sauvages (Marechal et al., 1978).

Originaire de l'Afrique de l'Ouest (Marechal et al., 1978), le niébé a été domestiqué au Nigeria à cause de la présence en abondance dans cette localité des formes sauvages et des formes cultivées (Mone, 2008).

Il s'est ensuite diffusé partout dans le monde. Son introduction au Sénégal serait faite à partir du Mali par le truchement du fleuve Sénégal (Sène, 1966).

I.3.2. Phénologie et écologie du niébé

Le cycle de développement (semi-maturité) varie d'une variété à une autre. Au Sénégal, il existe des variétés à cycle court de 55 à 60 jours et des variétés à cycle long au-delà de 75 jours (Cissé et al., 1996). La durée de la phase « levée - 50% de floraison » varie de 44-77 jours. La floraison est étalée suivie de la formation et de la croissance des gousses.

Le niébé tolère la sécheresse et s'adapte bien aux sols sablonneux et pauvres. Toutefois, c'est sur des sols bien drainés, sablo-limoneux à limono-argileux à Ph égale à 6 ou 7, qu'il atteint ses meilleurs rendements (Dugjé et *al.*, 2009). Il ne supporte pas l'engorgement des eaux (Neya, 2011). Il peut être cultivé en condition pluviale, sous irrigation ou avec l'humidité résiduelle du sol le long des fleuves en saison sèche, avec des températures de 28° à 30°C. Sa culture affiche aussi une bonne performance dans les zones agro écologiques où la pluviométrie varie de 500 à 1200 mm/ans (Dugjé et *al.*, 2009).

I.3.3. Caractéristiques morphologiques

Le niébé est une légumineuse herbacée, annuelle à port semi-érigé, érigé ou rampant, (Sy, 2001). Sa germination est épigée (Pasquet et Baudoin, 1997).

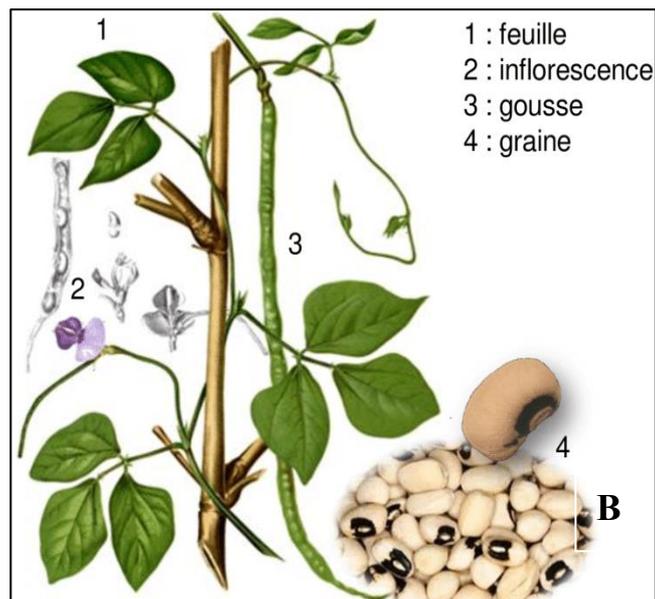
Le système racinaire du niébé est pivotant et profond et peut descendre jusqu'à 1,2m de profondeur ce qui confère à la plante une certaine tolérance à la sécheresse. Les racinelles portent des nodules caractéristiques des légumineuses qui renferment des bactéries fixatrices d'azotes du genre *Rhizobium* (Ali, 2005).

Généralement, les feuilles sont alternes pétiolées et trifoliées, à pédoncule long de 4 à 15 cm mais les deux premières feuilles sont opposées sessiles et entières (Charrier et *al.*, 1997).

Les tiges du niébé sont plus ou moins longues selon les variétés, cylindriques, volubiles, quelques fois glabres et creuses et ne sont pas ligneuses (Pasquet et Baudoin, 1997). Chaque nœud de la tige porte deux stipules prolongées sous l'insertion caractéristique de *Vigna unguiculata*, et trois bourgeons axillaires capables de donner une tige ou une inflorescence.

L'inflorescence est toujours axillaire composée de racèmes simples et modifiées issues de pédoncule ; elle mesure 10-30 cm (Photo 2a). Chez les formes cultivées les fleurs s'ouvrent en générale à la fin de la nuit pour se fermer en fin de matinée. Après la pollinisation, elles flétrissent et tombent (Ehlers et Hall, 1997). Les fleurs sont de couleur variable, blanchâtre, quelques fois jaunâtre ou violette, elles sont de grande taille et pour la plus part autofécondées.

Les fruits sont des gousses longues de 7-12cm et contiennent 8-20 graines qui sont globuleuses réniformes, lisses ou ridées de couleur blanche, verte, jaune, brune, noire, tachetée (photo 2b).



http://fr.wikipedia.org/wiki/Vigna_unguiculata

Photos 2 : feuille (a) ; inflorescence ; gousses et graines (b) de niébé (*Vigna unguiculata*)

I.3.3. Utilisation du niébé au Sénégal

Le niébé joue un rôle important dans la nutrition humaine, la sécurité alimentaire, l'alimentation du bétail, dans la création de revenu pour les agriculteurs et les revendeurs de produits alimentaires. En Afrique c'est un aliment de base qui est apprécié pour ses feuilles, ses gousses vertes et ses graines sèches (ISRA et al., 2005). Les feuilles juvéniles et les gousses sont consommées comme légumes par la population. Au Sénégal la graine est utilisée dans la préparation de sauce « ndambé », de couscous, le « deuxin saloum ». La graine sèche est aussi moulue et consommée dans plusieurs plats traditionnels Africains comme la bouillie, les beignets (« Akara » au Sénégal), « abobo » (ragout de niébé) au Bénin. Les fanes sont également riches en protéine et constituent un excellent fourrage pour le bétail (Niang, 2004). Des études sur la teneur en éléments nutritifs du niébé ont été menées par Souilah, (2015) et dont les résultats sont illustrés dans le tableau 1. Les produits dérivés du niébé sont : couscous, thiakry, lentille, mayonnaise, café. Sur le plan agronomique, la culture du niébé permet un enrichissement du sol en azote par l'intermédiaire des bactéries fixatrices (Zoundi et al., 2007). Les travaux de Bado (2002) ont montré qu'une culture pure de niébé peut fixer jusqu'à 50 à 115 kg.ha⁻¹ d'azote ; ce qui participe pour 52 à 56 % à la satisfaction de ses propres besoins en azote.

Tableau 1 : teneur en éléments nutritifs du niébé, source : Souilah (2015)

Elément minéraux	Teneur dans les graines de niébé
Protéines	21,1-23,5g/100g
Glucides	54,7-60,1g/100g
Fibres alimentaires	10,6g/100g
Lipides	1,2g/100g
Fer	7,8-8,3mg/100g
Zinc	3,4-8mg/100g
Calcium	84-110mg/100g
Magnésium	41-184mg/100g
Vitamine B9	359-633µg/100g
Vitamine A	2,5-3,3µg/100g

I.3.4. Production et contraintes de production du niébé

Le niébé occupe une place importante parmi les légumineuses cultivées dans le monde. On estime que 6,4 millions de tonnes de niébé sont produites tous les ans dans le monde sur une superficie de 12,7 millions d'hectares (FAOSTAT, 2013). Sa culture en Afrique de l'ouest représente 85% de la superficie des légumes secs et 10% des terres cultivées (Alene et *al.*, 2012). Le Sénégal est le cinquième plus grand producteur de niébé en Afrique de l'Ouest, après le Nigeria, le Niger, le Burkina Faso et le Mali (FAOSTAT, 2016). Sa production de ces cinq (05) dernières années (2016-2020), est estimée à 101 249 tonnes par an sur une superficie de 192 273 hectares. Elle est passée de 152 759 tonnes pour la campagne agricole de 2017/2018 à 184 137 tonnes pour la campagne de 2019/2020 avec des rendements faibles de l'ordre de 517 kg.ha⁻¹ au cours des cinq dernières années (ANSD, 2020). Le niébé, occupe au Sénégal la deuxième place parmi les légumineuses cultivées tant au niveau des superficies, de la production et de la consommation après l'arachide (Faye, 1996). Le Nord et le centre Nord représentent les principales zones de culture. Environ 93% des superficies cultivées en niébé sont concentrées dans les régions de Louga (48%), Diourbel (25%) et Thiès (20%). La région du fleuve englobe environ 5% de la superficie totale, le reste étant répartie dans les autres régions et principalement en basse Casamance et au Sénégal oriental (Romuald, 2000).

La production du niébé est limitée par certains stress biotiques qui sont les pucerons, les thrips des bourgeons floraux, le foreur de gousses de légumineuses, le champignon *Macrophomina phaseolina*, le parasite *Striga gesneroides* et abiotiques tels que la sécheresse due à la faiblesse et l'irrégularité des pluies, la chaleur et le faible niveau de fertilité des sols (Boukar et al., 2018). Au Sahel, cette culture est attaquée par des insectes, des maladies et des mauvaises herbes. Parmi ces ravageurs et maladies on peut citer les foreurs de gousses (*Maruca vitrata*) et les punaises brunes (*Clavigralla tomentosicollis* Stal) qui affectent la culture, dès sa mise en place jusqu'à la récolte (Madamba, 2006 ; Issoufou et al., 2017). La pyrale foreuse des fleurs et des gousses cause des pertes de rendement de 20% à 80% (Maina et al., 2014). Selon Ndiaye, (2007), *Macrophomina phaseolina* cause d'énormes dégâts sur le niébé. Ces pertes sont estimées à 10%. Ce qui correspond à une perte de 30.000 tonnes de niébé uniquement pour le Niger et le Sénégal soit une valeur financière de 146 millions de dollars USA. A côté de ses maladies et de ses ravageurs, les mauvaises herbes comme le *Striga gesnoroides* sur les sols pauvres causes aussi d'énormes pertes de rendement (Dubé et Olivier, 2001). La production du niébé peut également être considérablement affectée par la chaleur. Les fleurs de niébé avortent lorsque la température nocturne atteint 35°C à cause d'un mauvais développement du pollen qui peut entraîner une mauvaise formation des gousses et des graines. Le faible niveau de fertilité des sols dus à la faible teneur en matière organique est également une contrainte majeure à la production du niébé (Boukar et al., 2018).

II. MATERIEL ET METHODES

II.1. Zone d'étude

L'étude a été menée au Sénégal dans le terroir villageois de Keur Ndary Ndiaye dans la commune de Paoskoto de Paoskoto, département de Nioro du Rip, région de Kaolack ; Sénégal. Ce terroir est localisé entre 13°45 Nord et 15°47 Ouest et compte 294 habitants. Il fait partie du bassin arachidier (figure1).

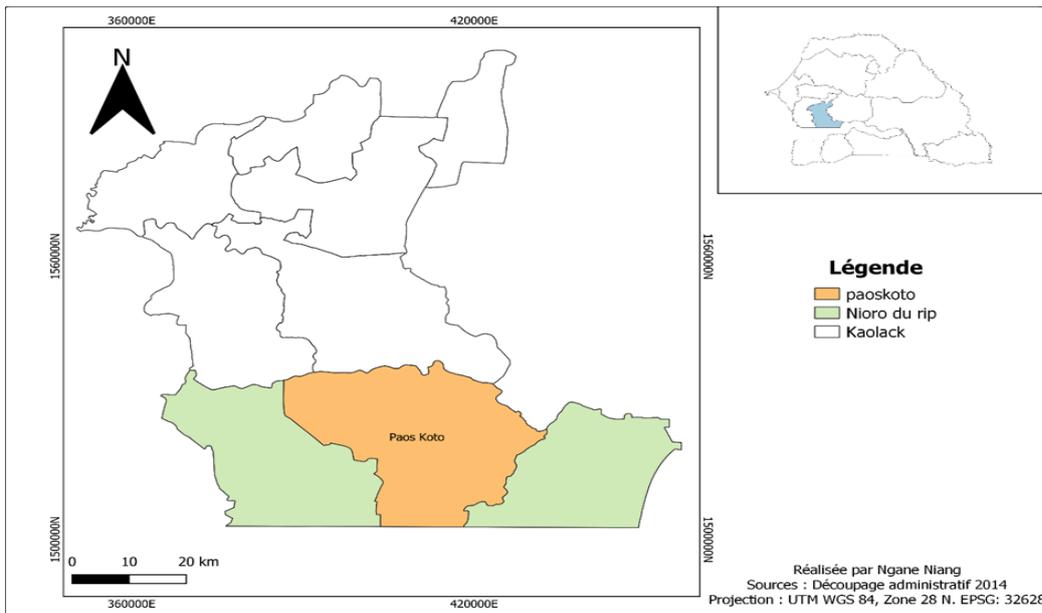


Figure 1 : situation géographique de la zone d'étude

Le département de Nioro auquel appartient la zone d'étude est soumis à un climat de type soudano sahélien. Pour l'année 2021 correspondant à la période de conduite des travaux, les précipitations ont débuté au mois de Juin et ont arrêté à partir du 24 Octobre. Les quantités mensuelles de pluies ont varié de 27,5 à 327,8 mm. Le cumul pluviométrique enregistré au cours de la campagne a été de 768,3 mm. Les plus fortes pluies ont été obtenues au mois d'Aout avec environs 327,8 mm particulièrement à la première décade où il a été enregistré une pluviométrie de 170,9mm (Figure 2). Pendant la campagne, des poches de sècheresse ont été notées aux périodes du 11 au 25 juin et du 07 au 23 Octobre.

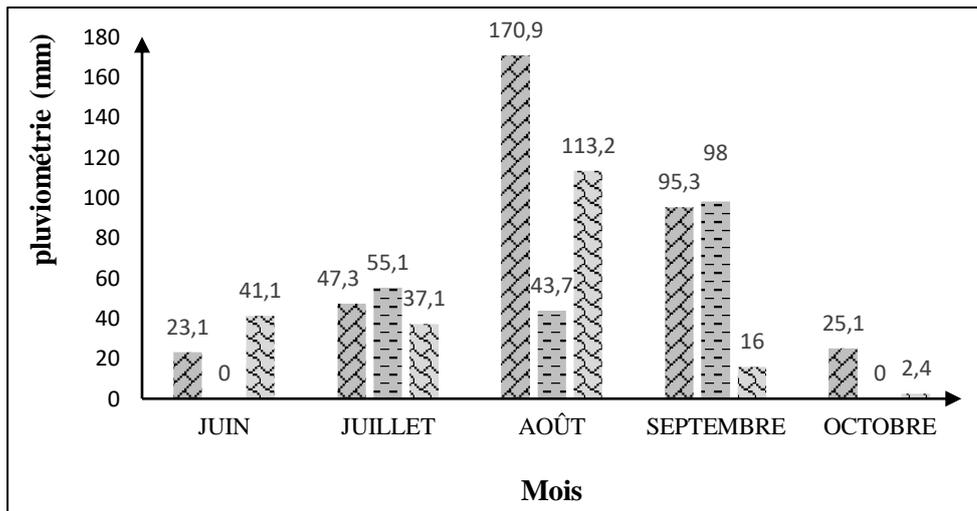


Figure 2 : répartition pluviométrique par décade du département de Niolo pour l'année 2021
Source : Station météorologique de Niolo

Le sol de la zone d'étude est de type Deck-Dior (Badiane et al., 2000). Il est sableux, (>90% à la surface) et contient 0,52% de matière organique (MO), 0,03% d'azote (N) total ; 70mg.kg⁻¹ de phosphore (P) total de et un pH de 6,2 dans les horizons superficiel de (0-10 cm) (Dossa et al., 2013). Dans la classification taxonomique de la FAO, c'est un lixisol ferrugineux à sable fin (Kizito et al., 2006).

II.2. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé au cours de cette étude est composé de la biomasse de *Piliostigma reticulatum* et de huit (08) variétés de niébé (*V. unguiculata*).

Piliostigma reticulatum ou « nguiguiss » dont la biomasse a été utilisée est un arbuste prédominant dans cette zone. Il a été choisi pour sa contribution à l'amélioration de la fertilité des sols. En effet, des chercheurs ont montré que cet arbuste redistribue l'eau dans le sol (Kizito et al. 2007), stimule les microorganismes du sol (Diedhiou et al., 2009) et génère des « îlots de fertilité » au niveau du sol qui sont profitables à la culture associée (Fall et al., 2020). Les variétés de niébé utilisées : B21 ; Kelle ; Leona ; Lizard ; Mouride ; Sam ; Thieye et Yacine ont été fournies par le service sélection niébé du CNRA de Bambey (Photo 3). La variété B21 homologuée en 1975 et obtenue à partir du croisement (5/8 de 58-40+1/4 de 66-74+1/8 de 58-50) est une variété à cycle court (57-60 JAS) à petite graines et à port érigé. La variété Mouride homologuée en 1975 est une variété à cycle court (54-61 JAS) à port érigé qui est obtenue à partir du croisement (58-57×IT81D-1137). La variété Yacine obtenue à partir du croisement Mame Penda×Mélakh et homologuée en 2010 est une variété à cycle court (62 JAS) à port érigé. Lizard, Sam et Thieye homologués en 2015, sont des variétés à cycle court de 58 à 59 JAS à grosses graines et à port érigé. Tolérantes aux pucerons et aux thrips, elles ont été obtenues

par le croisement entre Mélékh×Montero. Les variétés Leona (semi- érigé) et Kelle (semi-rampant) obtenues à partir du croisement entre Mélékh×Montero et homologuées en 2015, sont des variétés à cycle court de 60 JAS qui sont résistantes au chancre bactérien et tolérantes aux pucerons et aux thrips (Cissé, 2015).



Photos 3 : variétés de niébé *Vigna unguiculata* utilisées

II.3. Travaux préparatoires

II.3.1. Mise en place du dispositif expérimental

La parcelle à long terme abritant l'essai a été mise en place depuis 2009. Pour assurer sa gestion, la biomasse de *P. reticulatum* est découpée à l'aide d'une machette jusqu'à l'obtention de brindille de 3-4 cm et incorporé dans le sol à une profondeur de 10 cm à l'approche de chaque hivernage avant le semis et au milieu de la culture (photo 4). L'incorporation est faite de façon homogène et de sorte à couvrir toutes les parcelles concernées.



Photos 4 : découpage (a) et incorporation (b) de la biomasse de *Piliostigma reticulatum*

L'expérimentation est en factoriel étudiant le facteur système de gestion du sol avec deux modalités (système de gestion optimisé (avec incorporation de biomasse de *P. reticulatum*) et traditionnelle (sans incorporation de biomasse de *P. reticulatum*) et le facteur variété à huit modalités. Cette expérimentation a été conduite en milieu paysan, sur une parcelle à long terme avec un dispositif en blocs complets randomisés avec trois (03) répétitions. Chaque bloc ou répétition comporte seize (16) traitements pour un total de 48 parcelles élémentaires d'une superficie de 6,75m² (4,5m×1,5m) chacune. Chaque parcelle élémentaire est constituée de quatre lignes de semis d'une longueur de 4,5 m avec un écartement de 50cm×25cm. La distance entre les blocs est de 3m et celle entre les parcelles élémentaires d'un même bloc est de 1,5m sur la ligne et 2m entre les lignes. A l'intérieur de chaque bloc, les parcelles élémentaires correspondant aux différents traitements ont été distribuées de façon aléatoire. Les traitements sont obtenus par la combinaison des modalités des facteurs mode de gestion du sol et variété. Les seize (16) traitements en comparaison sont présentés dans le (Tableau 2).

Tableau 2 : traitement obtenus par la combinaison des modalités des facteurs mode de gestion du sol et variétés

N°	Variétés	Mode de gestion du sol	Traitements
1	B21	PIL+	B21- PIL+
2	B21	PIL-	B21- PIL-
3	Kelle	PIL+	Kelle- PIL+
4	Kelle	PIL-	Kelle- PIL-
5	Leona	PIL+	Leona- PIL+
6	Leona	PIL-	Leona- PIL-
7	Lizard	PIL+	Lizard- PIL+
8	Lizard	PIL-	Lizard- PIL-
9	Mouride	PIL+	Mouride- PIL+
10	Mouride	PIL-	Mouride- PIL-
11	Thieye	PIL+	Thieye- PIL+
12	Thieye	PIL-	Thieye- PIL-
13	Sam	PIL+	Sam- PIL+
14	Sam	PIL-	Sam- PIL-
15	Yacine	PIL+	Yacine- PIL+
16	Yacine	PIL-	Yacine- PIL-

Légende : *Pil+* : Système de gestion optimisé; *Pil-* : Système de gestion traditionnel

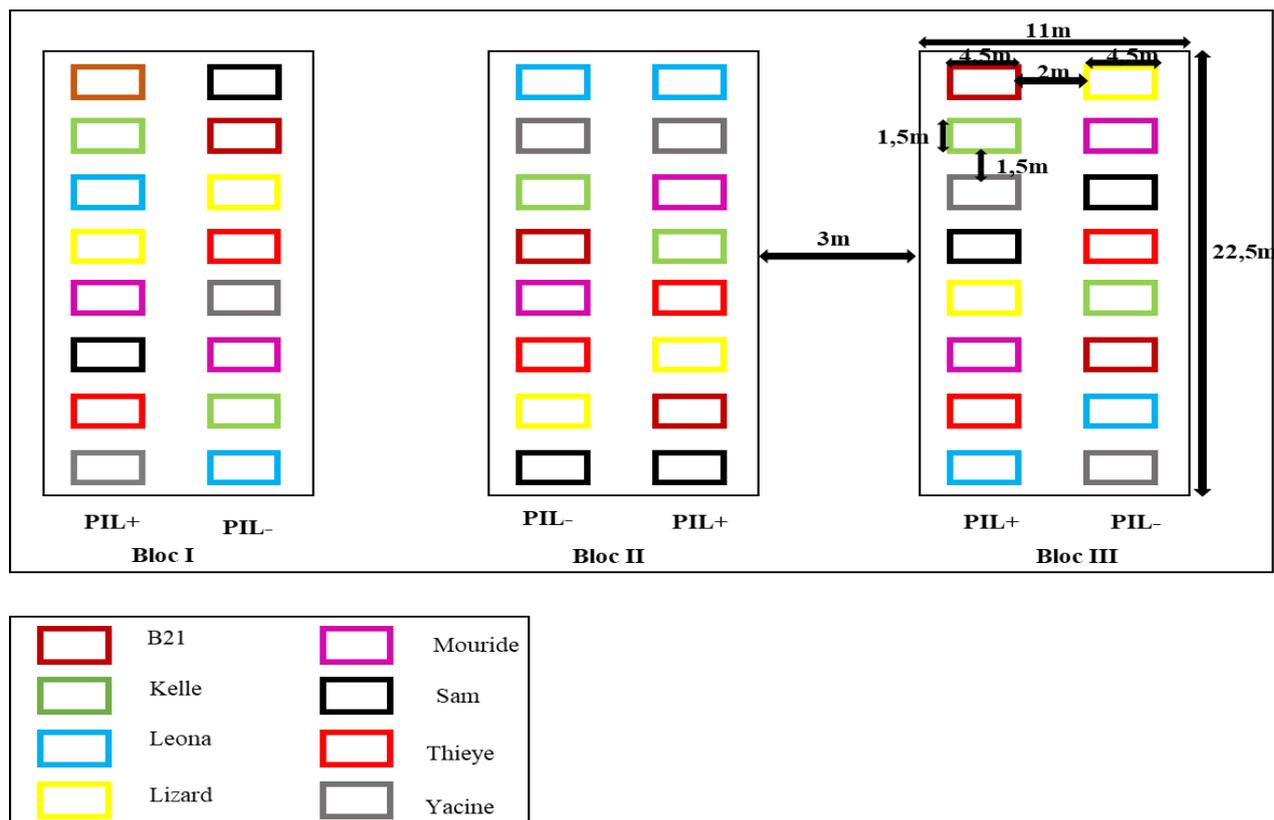


Figure 3 : dispositif expérimental en blocs complets randomisés

II.3.2. Conduite de l'essai

II.3.2.1. Semis

Après l'incorporation de la biomasse de *P. reticulatum* sur les traitements concernés, le semis du niébé de chaque variété a été effectué directement le 12 Aout 2021. Il a été réalisé sur quatre (04) lignes de 4,5 m de long de chaque parcelle élémentaire à 0,25m entre les poquets et 0,5 m entre les lignes en raison de 3 graines par poquets.

II.3.2.2. Entretien

Aucune fertilisation minérale n'a été appliquée. Toutefois, un démariage a été effectué pour ne laisser que deux (02) plants par poquets au 20^{ème} jour après semis (JAS) suivie d'un désherbage manuel tous les vingt (20) jours.

II.3.3. Observations et mesures

Les paramètres agromorphologiques observés et mesurés lors de la présente étude sont : la hauteur des plants de niébé ; le diamètre au collet des plants ; le rendement en graines ; le rendement en biomasse fraîche, le rendement en biomasse sèche du niébé et le poids de cent graines.

II.3.3.1. Hauteur des plantes

La hauteur de chacune des 16 plants choisis au hasard et par traitement sur les lignes 2et 3 a été mesurée du collet jusqu'à la plus haute feuille de la tige principale. Les mesures se faisaient tous les vingt (20) jours à partir du 20^{eme} JAS à l'aide d'une règle graduée en cm.

II.3.3.2. Diamètre au collet

Le diamètre au collet a été mesuré pour chacun des 16 plants choisis au hasard et par traitement sur les lignes 2et 3. Les mesures se faisaient tous les vingt (20) jours à partir du 20^{eme} jour après semis à l'aide d'un pied à coulisse.

II.3.3.3. Rendement grains et fanes du niébé

A la maturité, le niébé a été récolté sur chaque traitement. La récolte des gousses a été faite poquet par poquet. Après la récolte, les gousses d'un poquet de chaque traitement ont été séchées au soleil pendant vingt-un (21) jours puis battus pour extraire les graines qui ont été pesés et regroupés dans des sacs. Le rendement total de chaque traitement en kilogramme à l'hectare a été évalué à travers le poids total des graines d'un poquet par extrapolation. La biomasse de seize (16) plants par traitement a été immédiatement pesée pour déterminer le poids frais. Ensuite elle a été séchée pendant 21 jours avant d'être pesée pour l'obtention du poids sec.

II.3.3.4. Le poids cent graines

Le poids de cent graines (gramme) de chaque traitement a été déterminé après comptage et pesage des 100 graines l'aide d'une balance.

II.4. Analyse statistique des données

Le tableur Excel 2013 a été utilisé pour la saisie des données. L'analyse de variance (ANOVA) et le test de Tukey pour comparer les moyennes au seuil de 5% ont été faits avec le logiciel R studio version R4.0.3. Le *test t* Student à deux échantillons a été effectué pour évaluer les différences significatives entre les deux systèmes de gestion du sol avec le logiciel XLSTAT version 2014. Le test de corrélation entre les différentes variables étudiées, la classification hiérarchique ascendante (CAH) et l'Analyse en Composantes Principale (ACP) ont été réalisés avec le logiciel R studio version R4.0.3.

III. RESULTATS

III.1. Effet de la variété et du système de gestion du sol sur les paramètres de croissance et la production de biomasse du niébé

III.1.1. Hauteur des plants

Le tableau 3 montre l'effet de la variété et du système de gestion du sol sur la hauteur des plantes. Les résultats de l'analyse de variance montrent un effet très hautement significatif ($p < 0,0001$) de la variété et du système de gestion du sol sur la hauteur des plantes. L'analyse du tableau montre que la hauteur moyenne des plantes est passée de 24,62 cm pour le système de gestion traditionnel (PIL-) à 38,9 cm pour le système de gestion optimisé (PIL+) soit une augmentation de 58%. Sous parcelle incorporé avec la biomasse de *Piliostigma reticulatum*, on note une différence significative de la hauteur entre les variétés. Ainsi les variétés les plus performantes en termes de croissance en hauteur sont Lizard et Mouride avec respectivement $52,55 \pm 0,38$ et $51,58 \pm 4,65$ cm (Tableau 3).

Tableau 3 : variation de la hauteur des plantes en fonction des variétés et du système de gestion du sol

Variétés	Système de gestion du sol		P
	PIL+	PIL-	
B21	^A 36,81 ± 6,76 ^{abc}	^B 22,54 ± 2,88 ^a	0,028
KELLE	^A 32,75 ± 3,19 ^{bc}	^A 23,84 ± 4,59 ^a	0,051
LEONA	^A 39,72 ± 4,86 ^{abc}	^A 24,44 ± 10,86 ^a	0,09
LIZARD	^A 52,55 ± 0,38 ^a	^B 31,95 ± 9,22 ^a	0,018
THIEYE	^A 47,47 ± 6,74 ^{ab}	^B 24,60 ± 6,19 ^a	0,038
MOURIDE	^A 51,58 ± 4,65 ^a	^B 28,75 ± 2,43 ^a	0,012
SAM	^A 27,84 ± 12,83 ^c	^A 23,97 ± 1,65 ^a	0,271
YACINE	^A 22,46 ± 1,58 ^c	^B 16,91 ± 3,01 ^a	0,047
Moyenne	^A 38,9 ± 11,79	^B 24,62 ± 6,54	0,0001

Pour chaque ligne, les valeurs suivies par la ou les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% selon le test t Student. Pour chaque colonne, les valeurs suivies par la ou les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% selon le test de Tukey **Pil+** : Avec *Piliostigma* ; **Pil-** : Sans *Piliostigma*

NB : Les lettres majuscules sont utilisées pour la comparaison des moyennes sur une même ligne et les lettres minuscules sur une même colonne

III.1.2. Diamètre au collet des plantes

Les résultats obtenus sur le diamètre au collet sont représentés au niveau du tableau 4. L'analyse de variance montre un effet très hautement significatif du système de gestion du sol sur le diamètre au collet des plantes ($p < 0,0001$). En moyenne, le diamètre au collet des plantes de

niébé reste plus élevé avec le traitement sous incorporation de biomasse de *Piliostigma reticulatum* (14,3%) comparé au traitement sans incorporation de biomasse de *P.reticulatum*. Quel que soit le système de gestion du sol, il n'est apparu aucune différence significative du diamètre au collet entre les variétés. Toutefois en valeur absolue, les variétés ayant donné les meilleurs résultats avec l'incorporation de la biomasse de *Piliostigma reticulatum* sont Lizard (6,01±1,11 mm) et Mouride (5,57±0,36 mm) et la variété qui a la plus faible performance est Kelle (4,69 ±0,38 mm) (Tableau 4).

Tableau 4 : variation du diamètre au collet (mm) des plantes en fonction du système de gestion du sol selon la variété

Variétés	Système de gestion du sol		P
	PIL+	PIL-	
B21	^A 5,50±0,38 ^a	^B 4,41±0,32 ^a	0,019
KELLE	^A 4,69±0,13 ^a	^A 4,25±0,28 ^a	0,066
LEONA	^A 5,17±0,55 ^a	^A 4,75±1,40 ^a	0,654
LIZARD	^A 6,01±1,11 ^a	^A 4,55±0,47 ^a	0,104
THIEYE	^A 5,4±0,85 ^a	^B 4,33±0,58 ^a	0,008
MOURIDE	^A 5,57±0,36 ^a	^A 4,60±0,15 ^a	0,179
SAM	^A 5,21±0,31 ^a	^B 4,57±0,22 ^a	0,049
YACINE	^A 5,37±0,41 ^a	^A 4,43±0,74 ^a	0,128
Moyenne	^A5,36±0,61	^B4,69±0,56	0,0001

Pour chaque ligne, les valeurs suivies par la ou les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% selon le test t Student. Pour chaque colonne, les valeurs suivies par la ou les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% selon le test de Tukey **Pil+** : Avec *Piliostigma* ; **Pil-** : Sans *Piliostigma*

NB : Les lettres majuscules sont utilisées pour la comparaison des moyennes sur une même ligne et les lettres minuscules sur une même colonne.

III.1.3. Biomasse fraîche

Au regard des valeurs présentées dans le tableau 5, le système de gestion optimisé du sol (PIL+) a permis d'augmenter les rendements en biomasse fraîche de 89% comparé au système de gestion traditionnel. En effet, les rendements en biomasse fraîche diffèrent significativement entre les deux systèmes. Statistiquement, les variétés ne présentent pas de différences significatives en termes de rendement en biomasse fraîche quel que soit le système de gestion du sol. Toutefois, pour le système de gestion optimisé du sol, en valeur absolue, la meilleure performance variétale est obtenue avec la variété Leona (12259,73±3791,22 kg/ha). Et les plus faibles performances sont obtenues avec les variétés Kelle (6408±2018,11kg/ha) et B21 (4801,07±2467,58 kg/ha) (Tableau 5).

Tableau 5 : variation de la biomasse fraîche (kg/ha) en fonction du système de gestion du sol selon la variété

Variétés	Système de gestion du sol		P
	PIL+	PIL-	
B21	^A 4801,07±2467,58 ^a	^A 4125,87±1676,54 ^a	0,175
KELLE	^A 6408±2018,11 ^a	^A 5010,13±1813,37 ^a	0,423
LEONA	^A 12259,73±3791,22 ^a	^B 4834,13±1468,27 ^a	0,034
LIZARD	^A 8019,73±954,32 ^a	^A 5083,2±1571,22 ^a	0,05
THIEYE	^A 7379,73±4669,1 ^a	^A 4009,6±598,25 ^a	0,104
MOURIDE	^A 10207,47±926,32 ^a	^B 3697,6±1235,94 ^a	0,015
SAM	^A 10391,47±1800,71 ^a	^B 5355,2±2127,26 ^a	0,005
YACINE	^A 10450,67±2367,45 ^a	^B 4816±1003,27 ^a	0,019
Moyenne	^A 8740±3260,27	^B 4616±1377,76	0,0001

Pour chaque ligne, les valeurs suivies par la ou les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% selon le test t Student. Pour chaque colonne, les valeurs suivies par la ou les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% selon le test de Tukey **Pil+** : Avec *Piliostigma* ; **Pil-** : Sans *Piliostigma*

NB : Les lettres majuscules sont utilisées pour la comparaison des moyennes sur une même ligne et les lettres minuscules sur une même colonne.

III.1.4. Biomasse sèche

Le tableau 6 présente les effets du système de gestion du sol sur la production de la biomasse sèche. L'analyse de variance montre un effet très hautement significatif ($p < 0,001$) du système de gestion du sol sur la biomasse sèche produite. En effet, la biomasse sèche produite sur les parcelles incorporées avec la biomasse de *P. reticulatum* reste plus élevée (69,8%) comparé à celle produite sur les parcelles sans incorporation de biomasse de *P. reticulatum*. Quant à la variété, elle n'a induit aucun effet significatif sur la production de biomasse sèche quel que soit le système de gestion du sol. Toutefois, en valeur absolue, la meilleure performance variétale en termes de production de biomasse sèche dans le système de gestion optimisé (PIL+) est obtenue avec la variété Leona (2033,07±439,65 kg/ha) et les variétés les moins performantes sont Thieye et B21 avec respectivement 1357,87 kg/ha et 1504 kg/ha (Tableau 6).

Tableau 6 : variation de la biomasse sèche (kg/ha) en fonction du système de gestion selon la variété

Variétés	Système de gestion du sol		P
	PIL+	PIL-	
B21	^A 1504±233,6 ^a	^B 833,55±269,93 ^a	0,031
KELLE	^A 1568±529,36 ^a	^A 918,40±101,04 ^a	0,105
LEONA	^A 2033,07±439,65 ^a	^B 1014,4±255,28 ^a	0,026
LIZARD	^A 1659,73±262,43 ^a	^A 1198,93±168,15 ^a	0,063
THIEYE	^A 1357,87±387,68 ^a	^A 1072±60,07 ^a	0,175
MOURIDE	^A 1584±155,33 ^a	^B 830,93±402,05 ^a	0,029
SAM	^A 1905,07± 179,01 ^a	^B 1151,57± 242 ^a	0,039
YACINE	^A 1917,87±476,58 ^a	^B 947,20±103 ^a	0,026
Moyenne	^A 1691±374,49	^B 996±230,55	0,0001

Pour chaque ligne, les valeurs suivies par la ou les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% selon le test *t* Student et pour chaque colonne, les valeurs suivies par la ou les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% selon le test de Tukey **Pil+** : Avec *Piliostigma* ; **Pil-** : Sans *Piliostigma*

NB : Les lettres majuscules sont utilisées pour la comparaison des moyennes sur une même ligne et les lettres minuscules sur une même colonne.

III.2. Effet de l'interaction variétés×système de gestion du sol sur le rendement en graines et le poids de cent graines

III.2.1. Rendement en graines

La figure 4 illustre l'effet de l'interaction variétés×système de gestion du sol sur le rendement en graines avec ou sans l'incorporation de la biomasse de *P.reticulatum*. L'analyse de la variance a montré un effet très hautement significatif ($P < 0,0001$) de l'interaction variétés×système de gestion du sol sur le rendement en graines. La figure 4 a montré que d'une manière générale, le « système de gestion optimisé » a permis d'augmenter significativement le rendement en graines qui est passé de 97,27 kg/ha pour le système traditionnel à 2646 kg/ha pour le système optimisé soit une augmentation de 2620,95% comparé au traitement sans la biomasse « système traditionnel ». Il ressort aussi de cette figure que, dans le système optimisé, les meilleures performances ont été enregistrées avec les variétés Yacine (3411,73 kg/ha), Kelle (3 332,27 kg/ha) et Leona (3227,73 kg/ha). Et les variétés les moins performantes dans ce même système de gestion du sol sont B21 (1732,27 kg/ha), Sam (1820,80 kg/ha) Thieye (1961,6 kg/ha) (Figure 4).

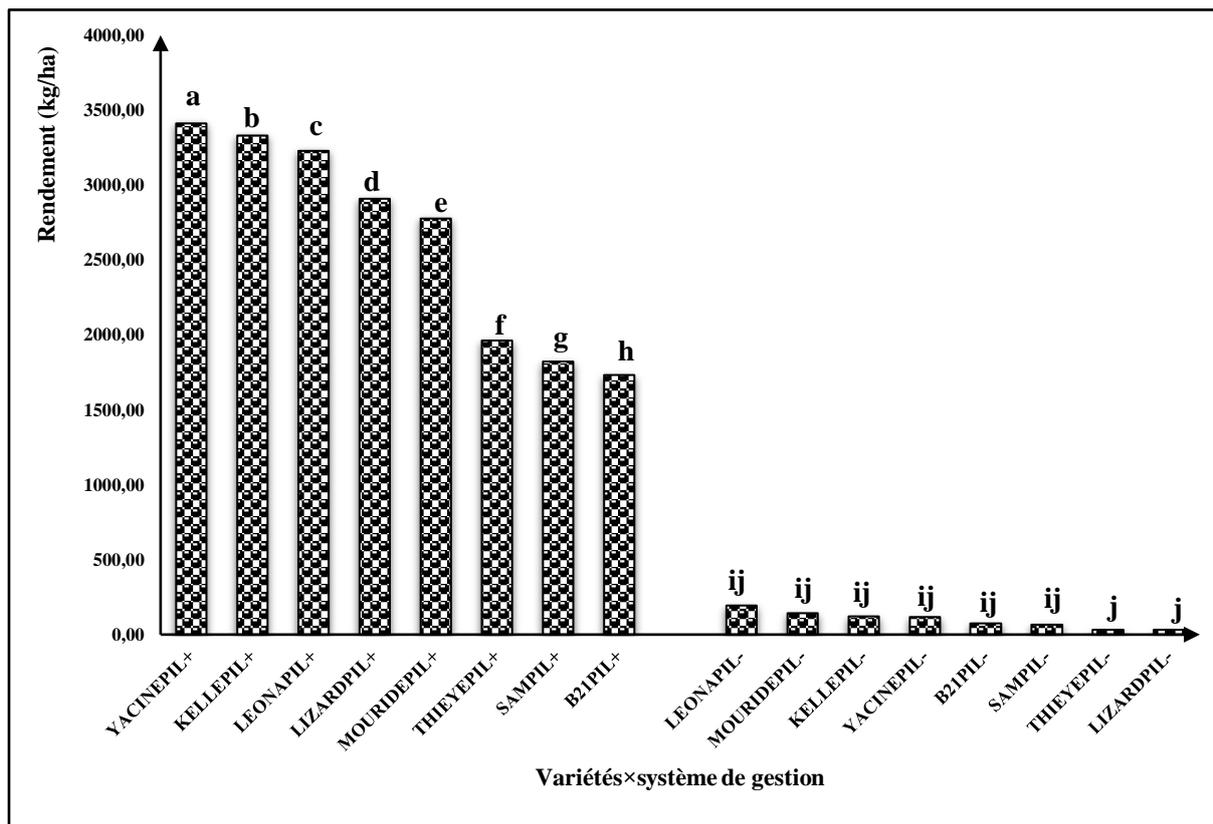


Figure 4 : variation du rendement en graines des variétés en fonction de l'interaction variétés×système de gestion

III.2.2. Poids cent graines

La figure 5 donne les résultats de la variation du poids de cent graines des plantes de niébé selon la variété avec ou sans l'incorporation de la biomasse de *Piliostigma reticulatum*. L'analyse de variance a montré un effet significatif de l'interaction variétés×système de gestion du sol ($p < 0,01$) sur le poids de cent graines. Il apparaît toutefois que seule la variété B21 sur le système traditionnel a donné un poids cent graines statistiquement moins important que celui des autres variétés quel que soit système de gestion du sol. Dans le système optimisé le poids cent grains n'est pas statistiquement différent entre les variétés. De manière générale, le poids de cent graines obtenu au niveau du système de gestion optimisé (PIL+) est plus élevé (98,53%) comparé au système traditionnel (PIL-). Dans le système optimisé, en valeur absolue c'est la variété B21 (31,73 g) qui a donné le meilleur résultat.

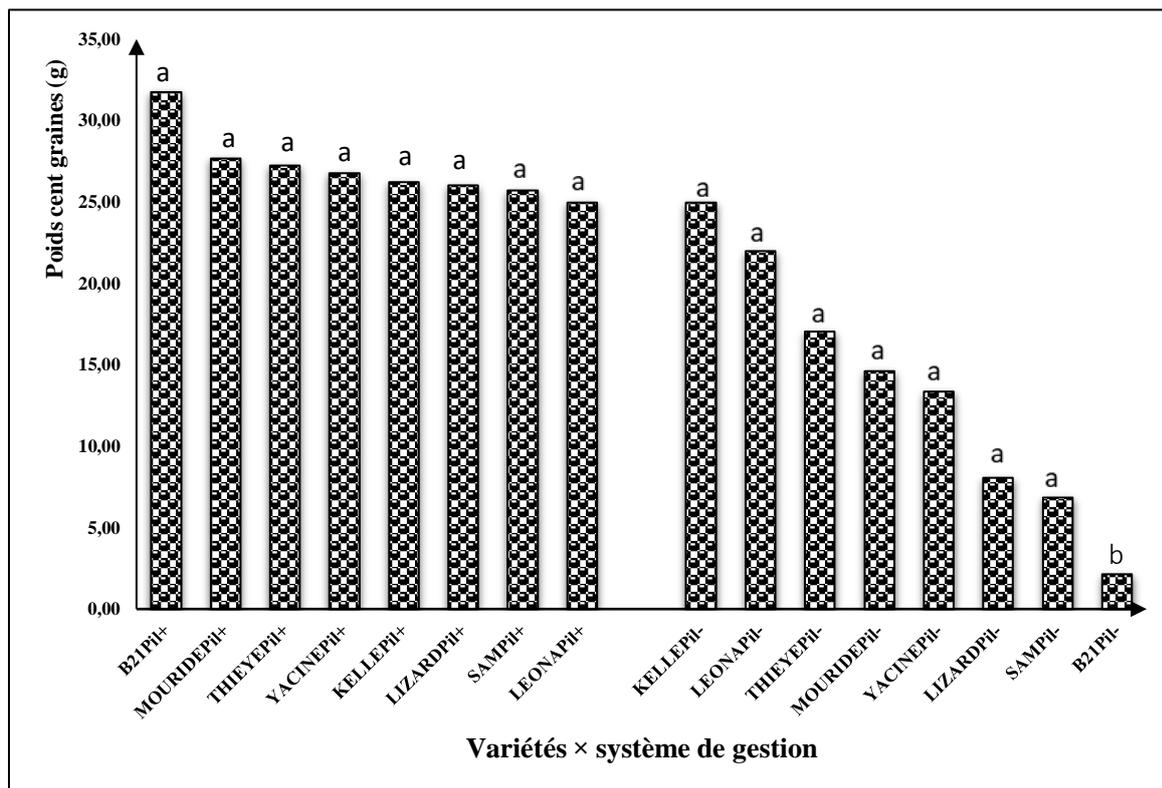


Figure 5 : variation du poids de cent graines des variétés en fonction de l'interaction variétés×système de gestion

III.3. Corrélation entre les variables quantitatives

Cette étude des corrélations a concerné les données combinées des deux systèmes de gestion (Pil+ et Pil-). Le test de corrélation est utilisé pour évaluer la dépendance entre les variables mesurées (hauteur plante (HPL), diamètre au collet (DC), biomasse fraîche (BioF), biomasse sèche (BioS), rendement en graine (Rdt) et poids cent graines (Pcg)). La matrice de corrélation met en évidence sur la diagonale la distribution de chaque variable (figure 6). En bas de la diagonale, les diagrammes de dispersion bi variés avec une ligne ajustée sont montrés alors qu'en haut de la diagonale sont affichés les coefficients de corrélation et les niveaux de significativité (étoiles) de chaque variables. Les résultats du test de Pearson montrent que le rendement en graines et le poids de cent graines sont significativement et positivement corrélés ($r=0,77$). Les variables biomasse fraîche et biomasse sèche sont positivement et fortement corrélés ($r= 0,96$). Cependant la hauteur des plantes est négativement et significativement corrélée à la biomasse fraîche ($r= -0,80$), au rendement en graines ($r= -0,73$) à la biomasse sèche ($r= -0,68$). Le diamètre au collet est très fortement et négativement corrélé au poids cent graines ($r= -0,95$) et négativement et significativement et fortement corrélé au rendement en graines ($r= -0,81$). Par contre, la hauteur des plantes et le diamètre au collet sont positivement corrélé ($r= 0,61$).

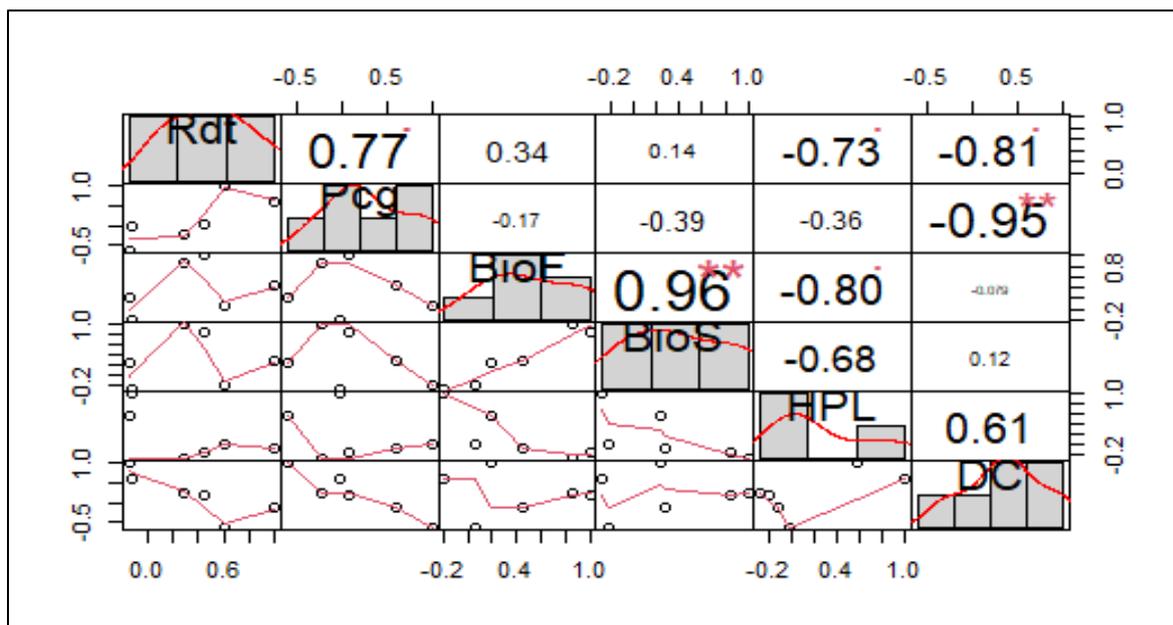


Figure 6 : matrice de corrélation entre les variables quantitatives pour les deux systèmes de gestion

La corrélation est significative au niveau 0,01 (bilatéral). **Rdt** : Rendement ; **BioF** : Biomasse fraîche ; **BioS** : Biomasse sèche ; **Pcg** : Poids cent graines ; **HPL** : Hauteur ; **DC** : Diamètre au collet.

III.4. Classification hiérarchique des variétés en fonction des variables quantitatives

Une classification hiérarchique des variétés a permis de mettre en évidence trois (03) groupes agro morphologiques en fonction des six (06) variables (figure 7).

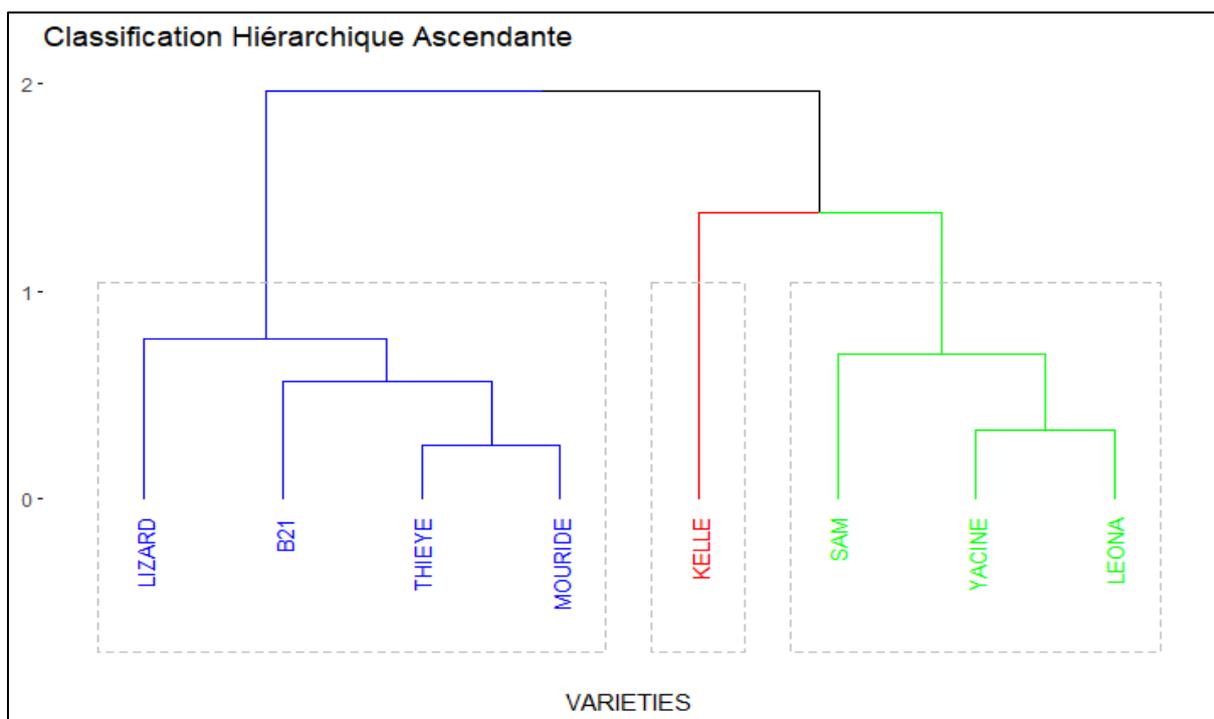


Figure 7: classification des variétés en fonction des variables étudiées

Le premier groupe (G1) est constitué de quatre variétés (B21, Mouride, Lizard et Thieye) qui sont caractérisées par une hauteur des plantes et un diamètre au collet élevés. Le deuxième (G2) est constitué d'une seule variété (Kelle) dont les caractères les plus discriminants sont le rendement en graines (1726,93 kg/ha) qui est largement supérieur à la moyenne (1371,97 kg/ha) et un poids de cent graines élevé. En effet il est aussi caractérisé par un rendement en biomasse fraîche moyen et un diamètre au collet faible. Le troisième groupe (G3) est constitué de trois variétés (Yacine, Leona et Sam) avec des valeurs élevées de la biomasse fraîche (8017,87 kg/ha), de la biomasse sèche (1494,86 kg/ha) et un rendement moyen de 1472,8 kg/ha qui est supérieur à la moyenne globale (Tableau 7).

Tableau 7 : performances des variétés en fonction des variables

Groupe	Rdt	Pcg	BioF	BioS	HPL	DC
G1	1207,6	19,31	5915,53	1255,13	37,03	5,04
G2	1726,93	25,58	5709,07	1243,2	28,3	4,47
G3	1472,8	19,93	8017,87	1494,86	25,89	4,92
Moyenne Globale	1371,97	20,33	6678,1	1343,54	31,76	4,93

Rdt : Rendement ; *BioF* : Biomasse fraîche ; *BioS* : Biomasse sèche ; *Pcg* : Poids cent graines ; *HPL* : Hauteur ; *DC* : Diamètre au collet ; *G* : Groupe.

III.6. Représentation graphique des groupes définis

L'Analyse en Composantes Principales (ACP) a permis de déterminer la dispersion des variétés en fonction des différentes variables quantitatives mesurées (Figure 8). Le tableau 8 représente, les valeurs propres, la variabilité en pourcentage et le pourcentage cumulé exprimé par les différents axes factoriels ou dimensions. De ce tableau on observe que les trois axes factoriels expliquent 91,27% de la variabilité des variables qui sont observés dans le système de gestion.

Tableau 8 : distribution des valeurs propres et de la variabilité suivant les trois axes factoriels de l'ACP

Dimensions	Dim 1	Dim 2	Dim 3
Rdt	24,39	2,86	19,06
Pcg	7,04	28,99	15,97
BioF	31,47	10,11	0,43
BioS	24,61	17,01	2,64
HPL	10,08	3,78	51,67
DC	2,42	37,24	10,23
Valeurs propres	2,23	2,03	1,22
Variabilité (%)	37,13	33,83	20,31
% cumulé	37,13	70,96	91,27

Rdt : Rendement ; *BioF* : Biomasse fraîche ; *BioS* : Biomasse sèche ; *Pcg* : Poids cent graines ; *H* : Hauteur ; *DC* : Diamètre au collet ; *Dim* : Dimension ; % : Pourcentage

La première dimension qui explique 37,13% de la variabilité total est formée par les variables rendements (Rdt), biomasse fraîche (BioF) et biomasse sèche (BioS). La dimension deux qui représente 33,83% de la variabilité est concerné par les variables poids cent graines (Pcg) et diamètre au collet (DC) qui contribuent à sa formation. La dimension trois qui explique 20,31% de la variabilité est formé par la hauteur des plantes (HPL) (Tableau 8 et figure 8).

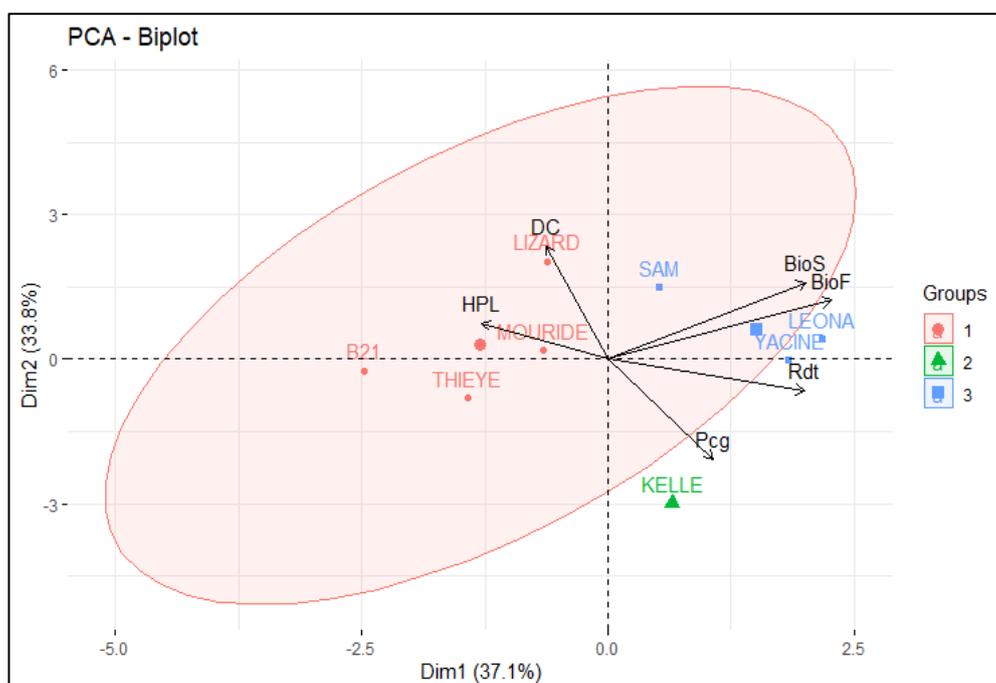


Figure 8 : groupes projetés sur les trois dimensions de l'ACP

IV. DISCUSSION

IV.1. Effet du système de gestion sur la croissance en hauteur et le diamètre au collet

Nos résultats ont montré un effet très hautement significatif du système de gestion du sol sur la hauteur et le diamètre au collet des plantes. En effet, les meilleures performances ont été obtenues avec le système de gestion optimisé (PIL+) en comparaison avec le système de gestion traditionnel (PIL-). Ces résultats sont en phases avec ceux de Ba et *al.*, (2014) qui ont constaté un effet positif de l'incorporation de 4t/ha de BRF de *Piliostigma reticulatum* sur le diamètre collet, la hauteur, le nombre de feuilles chez le mil. L'effet stimulant de la biomasse de *P. reticulatum* sur la hauteur et le diamètre au collet serait lié à la fertilité des sols, à la disponibilité et à l'accessibilité des éléments minéraux dus à la décomposition et à la minéralisation de la biomasse. Cela laisse supposer que sous l'effet des microorganismes décomposeurs, la biomasse de *P. reticulatum* a subi une décomposition ayant permis la libération d'éléments nutritifs essentiels à la croissance végétale. Nos résultats corroborent aussi ceux de Thiaw, (2018) qui a montré un effet positif des BRF sur la croissance du mil. Et selon cet auteur, cet effet positif serait lié à l'amélioration de la structure et de la fertilité des sols grâce à un apport en éléments nutritifs suite à la minéralisation. Cette croissance peut aussi s'expliquer par l'augmentation de la teneur en phosphore dans le sol qui est un facteur de croissance de la plante. En effet, les résultats de Beye, (2020) ont montré une faible corrélation positive entre la longueur des tiges de mil et le phosphore assimilable. Ciss et *al.*, (2017) ont rapporté que les litières offrent un taux important de phosphore assimilable qui est indispensable à la croissance des plantes. Ces résultats peuvent se comprendre dans la mesure où Yelemou et *al.*, (2014) précisent que l'amendement du sol avec la biomasse de *Piliostigma reticulatum* augmente la teneur en phosphore dans le sol. Ces arguments, expliqueraient en partie l'effet positif de la biomasse de *P. reticulatum* sur la croissance du niébé. Les variétés Lizard et Mouride sont des variétés à cycle court et à port érigé et pourrait avoir des besoins en éléments minéraux élevés étant donné que la hauteur des plantes et le diamètre au collet sont positivement corrélé. En effet, une meilleure nutrition minérale augmenterait la hauteur des plantes et par conséquent le diamètre au collet des plantes. D'autres travaux ont montré que l'application de bois raméaux fragmentés (BRF) de *C. equisetifolia* a affecté négativement la croissance de la tomate au cours de la première année qui a suivi son application (Soumaré, 2002). Ces résultats différents aux nôtres pourraient s'expliquer par le fait que l'étude a été réalisée sur des parcelles à long terme et que les biomasses diffèrent.

IV.2. Effet du système de gestion sur le rendement en graines et sur le poids cent graines

Nos résultats ont montré que le système de gestion optimisé (PIL+) a significativement augmenté le rendement en graines du niébé avec un taux d'augmentation de 2620,95% comparé au système de gestion traditionnel. Quelle que soit la variété, le rendement reste plus élevé sous parcelle incorporé avec la biomasse *P.reticulatum*. Les rendements ont varié de 1732,27 kg/ha à 3411 kg/ha. En effet, les travaux de Dossa et *al.*, (2013) et de Gueye (2020) ont révélé un effet positif de l'incorporation de la biomasse de *Piliostigma reticulatum* sur le rendement des cultures. Selon ces auteurs, l'incorporation de la biomasse de *Piliostigma reticulatum* a entraîné une augmentation de la biomasse des gousses d'arachide comparativement aux parcelles sans apport de biomasse de *Piliostigma reticulatum*. De même Wezel et *al.*, (1999) rapportent qu'une faible dose d'apport de BRF (1 t MS/ha/an) a augmenté le rendement en mil de 70%. Les facteurs qui concourent à cette augmentation pourraient être l'amélioration de la fertilité des sols suite à la forte décomposition de la biomasse de *P. reticulatum*, la disponibilité des nutriments et la rétention d'eau. Ces effets sont conformes avec ceux d'autres études montrant que l'amélioration de la qualité des sols augmente les rendements des cultures (Sanou et *al.*, 2010 et Bayala et *al.*, 2015). Dembélé (2014) affirme que l'incorporation de 6t/ha de BRF de *P. reticulatum* a significativement influencé les teneurs en carbone organique, azote total, phosphore assimilable, Ph et la population microbienne comparée au témoin. Par ailleurs, Soumaré et *al.* (2002) ont observé une augmentation du rendement en tomates pour des apports de BRF de *Casuarina equisetifolia* de 4 à 16 t/ha/an soit une augmentation de 10 à 25 %. En effet, selon Diedhiou et *al.*, (2009) la présence des arbustes et l'incorporation de leurs résidus améliorent la qualité des sols en stimulant les champignons qui sont un facteur critique dans l'amélioration de la qualité des sols en formant des macro-agrégats pour l'aération, la pénétration des racines et la rétention d'eau. Nos résultats corroborent ceux de Trail et *al.*, (2016) qui soutiennent que le retour de la biomasse arbustive à la surface du sol pourrait réduire l'évaporation, conserver l'eau et améliorer le rendement. Ils sont aussi conformes à ceux de Bright et *al.* (2017) selon qui les nutriments provenant de la minéralisation de la matière organique contribuent à l'amélioration de la qualité du sol et à l'augmentation des rendements de culture sur les systèmes de culture intercalaire à long terme de *Piliostigma reticulatum* au Sahel. Pour ce qui est de l'absence de compétition pour l'eau et les nutriments, Bright et *al.* (2017) suggèrent que l'amélioration de la qualité du sol et la disponibilité des nutriments pourrait compenser ou surmonter toute compétition pour l'eau et les nutriments entre la culture et l'arbuste

L'effet variétal est aussi significatif sur le rendement en graines. La variété Yacine a donné un rendement significativement plus important dans le système optimisé comparé aux autres variétés. En effet, cette variété à cycle court et à petites graines est adaptée à l'humidité de la zone avec un rendement potentiel de 2,5t/ha. Les rendements ont varié significativement d'une variété à l'autre et ces différences de rendement s'expliqueraient par le fait que les variétés n'ont pas les mêmes potentialités de rendements.

Il ressort de nos résultats que le système de gestion optimisé et les variétés ont un effet positif sur le poids de cent graines. Ce qui est en contradiction avec les résultats de Thiaw (2018) qui a montré l'absence d'effet significatif des BRF de *P. reticulatum* sur le poids de 1000 graines du mil. Nos résultats ont aussi montré une corrélation positive entre le rendement en graines et le poids de cent graines. Cette corrélation s'expliquerait par le fait que les variétés Kelle, Leona, Sam, Thieye et Lizard récemment homologuées sont des variétés à grosses graines avec des poids de cent graines compris entre 23,93 et 27, 45g.

IV.3. Effet du système de gestion sur la biomasse fraîche et sèche

Les résultats ont également montré une production importante de biomasse fraîche et sèche dans le système gestion optimisé (PIL+) comparé au système de gestion traditionnel (PIL-). Sous parcelle incorporée avec la biomasse de *Piliostigma reticulatum*, la biomasse fraîche a varié de 4801 kg/ha à 12260 kg/ha et de 1358 kg/ha à 2033 kg/ha pour la biomasse sèche. Des résultats similaires ont été obtenus par Samba (2001) qui avait constaté que sous l'effet de la litière de *Cordyla pinnata*, la biomasse produite par le mil était plus élevée que pour le témoin quelle que soit la dose appliquée. Les résultats de Beye (2020) ont également montré qu'une quantité importante de matière sèche sur le mil a été obtenue avec le traitement BRF de *Guiera senegalensis* en première année. Ces résultats s'expliqueraient par une décomposition rapide de la biomasse arbustive avec la présence et l'accessibilité de l'azote (N). Il est montré en effet, que le niébé est une légumineuse fixatrice d'azote. Etant donné que la biomasse de *P. reticulatum* se décompose rapidement (Diack et al., 2000), l'azote obtenu avec le niébé combiné à l'azote obtenu suite à la décomposition et à la minéralisation des résidus de *P. reticulatum* pourraient avoir des effets positifs sur la biomasse aérienne des plantes. Nos résultats corroborent ceux de Hien, (2018) qui a montré que les apports de BRF de *Piliostigma reticulatum* couplé à la plante fixatrice d'azote du niébé ont un effet positif sur la capacité de nodulation et sur le développement de la biomasse racinaire et aérienne. L'azote (N) constituant un facteur déterminant du rendement par son influence favorable sur la croissance de l'appareil végétatif son absence entraîne la chute de celui-ci (Voisin, 1964 cité par Dieye, 2019).

CONCLUSION ET ESPÉRANCES

Cette étude avait pour objectif de contribuer à une production durable du niébé dans les systèmes de culture par la valorisation de la biomasse de *Piliostigma reticulatum*. Il est ressorti de cette étude que le système de gestion du sol a un effet très hautement significatif sur toutes les variables agro morphologiques mesurées. Il est apparu aussi que la variété a un effet très hautement significatif sur la hauteur des plantes et sur le rendement en graines. Le rendement en graines et le poids cent graines ont été significativement influencés par l'interaction des facteurs système de gestion du sol et variété. En effet, les paramètres agromorphologiques du niébé tels que la hauteur, le diamètre au collet, le rendement en graines, le poids de cent graines, la biomasse fraîche et la biomasse sèche ont été améliorés grâce à l'incorporation de la biomasse de *P. reticulatum*. Les variétés les plus performantes en termes de rendement en graines dans le système de gestion optimisé sont Yacine, Kelle et Leona.

Au vu des résultats de cette étude, il apparaît opportun :

- ✓ de valoriser la biomasse *P. reticulatum* comme amendement organique afin d'améliorer les propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol et d'accroître les rendements des cultures ;
- ✓ de reprendre l'étude pour confirmer ou infirmer les résultats obtenus ;
- ✓ de procéder à une analyse du sol avant et après l'expérimentation pour connaître ses caractéristiques physico-chimiques à la suite de l'incorporation de la biomasse de *P. reticulatum* ;
- ✓ et enfin de déterminer la dose optimale de biomasse à incorporer pour chaque variété.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abasse, T., Yayé, A., Zakari A.H., Adamou, A.I., Adam, T. (2013).** Influence des Parcs agroforestiers à *Piliostigma reticulatum* sur l'infestation des plants de mil par les insectes floricoles et *Coniesta ignefusalis* (Hmps) (Lépidoptère : Pyralidae) dans la zone d'Aguié au Niger *Journal of Applied Biosciences* 66:5140– 5146p. <https://dx.doi.org/10.4314/jab.v66i0.95011>
- Alene, A.D., Coulibaly, O. et Abdoulaye T. (2012).** The world cowpea and soybean economies: Facts, trends, and outlook. Lilongwe, Malawi: Institut International d'agriculture tropicale. 44p.
- Ali, A. (2005).** Performances agronomiques de huit variétés de niébé à double usage, leur qualité fourragère et leur tolérance vis-à-vis de principaux ennemis. Université Abdou Moumouni de Niamey - Ingénieur des techniques agricoles d'Agriculture Tropicale (IITA), Ibadan, Nigeria. 26 p.
- ANSD. (2020).** Situation économique et sociale du Sénégal. 411p
http://www.ansd.sn/ressources/ses/SES_2017-2018.pdf
- ARBONNIER, M. (2009).** Arbres, arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'Ouest, 3ème édition revue et augmentée. MNHN-QUAE, FRANCE, 576 p.
- Ba, M.F., Samba, A.N.S et Bassène E. (2014).** Influence des bois rameaux fragmentés (BRF) de *Guiera senegalensis* J.F. Gmel et de *Piliostigma reticulatum* (Dc) Hochst sur la productivité du mil, *Pennisetum glaucum* (L.). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, pp. 1039-1048p.
- Badiane, A.N., Khouma, M., Sene, M. (2000).** Région de Diourbel : Gestion des sols. Drylands Research Working Paper 15, Drylands Research, Somerset, Angleterre, 25p.
- Bado, V.B. (2002).** Rôle des légumineuses sur la fertilité des sols ferrugineux tropicaux des zones guinéenne et soudanienne du Burkina Faso. Thèse de doctorat. Département des sols et de génie agroalimentaire, Faculté des Sciences de l'Agriculture et de l'Alimentation, Université Laval, Québec, Canada. 184p
- Baudoin, J.P. (2001).** Contribution des ressources phytogénétiques à la sélection variétale de légumineuses alimentaires tropicales. Unité de Phytotechnie tropicale et d'Horticulture. Faculté universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux. Passage des Déportés, 2. B-5030 Gembloux (Belgique). *Biot echnol. Agron. Soc. Environ.* 2001 5 (4), 221–230p.
- Bayala, J., Sanou, J., Teklehaimanot, Z., Ouédraogo, S.J., Kalinganire, A., Coe, R., van Noordwijk, M. (2015).** Progrès dans la connaissance des processus d'interactions sol-arbre-culture dans les systèmes de parcs du Sahel ouest-africain: une revue. *Agric. Ecosyst. Environ.* 205, 25p
<http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2015.02.018>.

Beye, A. (2020). Effets de technologies agroforestières (TAF) et de bonnes pratiques agricoles (BPA) sur la fertilité des sols et les paramètres agromorphologiques du mil (*Pennisetum glaucum* (L.) R.Br.) dans le terroir de NGUICK, Bassin arachidier. 54p

Botonie, E., Larwanou M., Reij C. (2010). « La Régénération Naturelle Assistée (RNA) : une opportunité pour reverdir le Sahel et réduire la vulnérabilité des populations rurales », in P. Dia et R. Duponnois (éd.), Le projet majeur africain de la grande muraille verte : concept et mise en œuvre, Institut de Recherche pour le Développement (IRD). 151-16p.

Boukar, O., Belko, N., Chamarthi, S., Togola, A., Bationo, J., Owusu, E., Haruna, M., Diallo, S., Umar, M. L., Olufajo, O., Fatokun, C. (2018). Cowpea (*Vigna unguiculata*): Genetics, genomics and breeding. *Plant breeding*.415-424p <https://doi.org/10.1111/pbr.12589>

Bright, M. B., Diedhiou, I., Bayala, R., Assigbetse, K., Chapuis-Lardy, L., Ndour, Y., & Dick, R. P. (2017). Culture intercalaire à long terme de *Piliostigma reticulatum* au Sahel : productivité des cultures, séquestration du carbone, cycle des nutriments et qualité des sols. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 242, 9-22p. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.03.007>

Bruneau A., F., Forest P. S., Herendeen B. B., Lewis G. P. (2001). Phylogenetic relationships in the *Caesalpinioideae* (*Leguminosae*) as inferred from chloroplast *trnL* intron sequences. *Systematic Botany* 26: 487-514p.

Camara. B.A., Drame M., Sanogo. D., Ngom, D. (2017). La régénération naturelle assistée : perception paysannes et effets agro écologiques sur le rendement du mil (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br) dans le bassin arachidier au Sénégal. *Journal of Applied Biosciences*, 11025-11034p.

Chapuis-Lardy., Badiane. L., Ndour, N.Y., Assigbetse. K., Diedhiou. I., Balaya. R., Cournac. L., Founoune-Mboup H.M.S.G.B., Ghezzehei. T., Jourdan. C., Bright. M. B., Bogie. N.D.S., Delay. C., Diakhaté S.S.D.M. et D.R.P. (2019). Les cultures vivrières associées aux arbustes natifs : un modèle adapté au climat Sahélien. In : Agroforesterie et services écosystémiques en zone tropicales (eds Seghier J, Harmand J-M). 1-254p.

Charrier, A., Jacquot, M., Harmon, S. et Nicolas, D. (1997). L'amélioration des plantes tropicales, CIRAD/ORSTOM.483-508p

CILSS. (2009). La transformation silencieuse de l'environnement et des systèmes de production au Sahel : Impacts des investissements publics et privés dans la gestion des ressources naturelles, 63p.

CILSS. (2012). Bonnes pratiques agro-sylvopastorales d'amélioration durable de la fertilité des sols au Burkina Faso., 194p.

- Ciss, P.N., Diallo, M.D., Assigbetse, K.B., Goalbaye, T., Diop, A., et Guisse, A. (2017).** Effets des litières de quelques espèces végétales de la Grande Muraille Verte du Ferlo (Sénégal) sur la croissance de l'oignon (*Allium cepa* L.) en conditions semi-contrôlées. 30-35p
- Cissé, N., et Hall, E.A. (2003).** La culture traditionnelle de niébé au Sénégal ; Etude de cas. 27p. http://www.fao.org/ag/AGP/agpc/doc/publicat/cowpea_cisse/cowpea_cisse_f.htm.
- Cissé, N. (2015).** Variétés de niébé « Lizard, Thieye, Leona, Kelle et Sam » 6p.
- Cissé N., Thiaw S., Ndiaye M., Hall E. A. (1996).** Guide de production de niébé. Fiches techniques, Institut Sénégalais de Recherches Agricoles, ISSN 0850- 9980, Vol. 4, N° 1.12 p
- Cronquist, A. (1988).** The evolution and classification of flowering plants. (2nd éd.). The New York Botanical Garden, New York. 555 p
- Dao, M. C. E. (2012).** Biologie et écologie de la reproduction sexuée d'une *Caesalpinioideae* (Leguminosae): *Piliostigma reticulatum* (D.C.) Hochst. Thèse de doctorat, Institut du Développement Rural, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso/Burkina Faso, 127p
- DAPSA. (2009).** rapport de l'étude sur l'évolution du secteur agricole, des conditions de vie des ménages et de la vie chère au Sénégal. 116p
- Delville, P.J. (1996).** Gérer la fertilité des terres dans les pays du Sahel. Groupe de recherche et d'échange Technologiques (GRET). 131p.
- Dembele, A. (2014).** Réponse du maïs (*Zea mays* L.) au composte ou au fumier sur des sols amendés avec les raméaux fragmentés de *Piliostigma reticulatum* (DC.) Hochst. 49p
- Diack, M. (1998).** *Piliostigma reticulatum* dans un parc à *Cordyla pinnata* : effet sur la régénération des sols dégradés au Sénégal. Mémoire de titularisation, Institut Sénégalais de Recherches Agricoles, Sénégal, 53p.
- Diack, M., Sene, M., Badiane, A. N., Diatta, M., Dick, R. P. (2000).** Decomposition of a native shrub, *Piliostigma reticulatum*, litter on soils of semiarid Senegal. *Arid soil research and rehabilitation*, 205-218p.
- Diack, M., Diom, F., Sow, K et Sène, M. (2017).** Soil Characterization and Classification of the Koutango Watershed in the SemiArid Southern Peanut Basin of Senegal. *International Journal of Plant & Soil Science*, 20(4) : 1-13p.
- Diakhate, S. (2014).** Influence de l'arbuste *Piliostigma reticulatum* (D.C.) Hochst (Caesalpinioideae) sur les communautés de microorganismes et de nématodes d'un sol cultivé en mil au Sénégal (Nioro). Thèse de doctorat, Spécialité: Génétique des Populations, Université Cheikh Anta DIOP. Dakar, Sénégal, 87p.

Diakhate, S., Gueye, M., Chevallier, T., Diallo, N.H., Assigbetse, K., Abadie, J., Diouf, M., Masse, D., Sembene, P.M., Badiane-Ndour, N.Y., Dick, R.P. and Chapuis-Lardy, L. (2016). Soil Microbial Functional Capacity and Diversity in a Millet- Shrub Intercropping System of Semi-Arid Senegal. *Journal of Arid Environment*, 129, 71-79p. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2016.01.010>

Diakhaté, K. (2017). Technique de compostage JACADUR : effet du compost sur la fertilité chimique du sol et sa performance agronomique sur *Raphanus sativus*. Master en agroforesterie, Ecologie, Adaptation. Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Faculté des sciences et techniques Département de Biologie végétal 41p.

Diallo, B. O. (2001). Biologie de la reproduction et évaluation de la diversité génétique chez une légumineuse: *Tamarindus indica* L. (Caesalpinioideae), thèse de Doctorat, Université Montpellier II, Sciences et Technique du Languedoc, 119 p.

Diallo, M.D., Diaité, B., Diedhiou, P.M., Diedhiou, S., Goalbaye, G., Doelsch, E., Diop, A et Guissé, A. (2019). Effets de l'application de différents fertilisants sur la fertilité des sols, la croissance et le rendement du mil (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br. dans la Commune de Gandon au Sénégal. *Revue Africaine d'Environnement et d'Agriculture*, 2(2) : 7-15p.

Diedhiou-Sall, S., Dossa, E. L., Diedhiou, I., Badiane, A. N., Assigbetsé, K. B., Ndiaye Samba, S. A., & Dick, R. P. (2013). Microbiologie et activité macro faunique dans le sol sous les couverts arbustifs pendant la décomposition des résidus dans les agroécosystèmes du Sahel. *Soil Science Society of America Journal*, 77(2), 501-511p. <https://doi.org/10.2136/sssaj2012.0284>

Diedhou, S., Dossa, E. L., Badiane, A. N., Diedhou, I., Sene, M., Dick, R. P. (2009). Decomposition and spatial microbial heterogeneity associated with native shrubs in soils of agroecosystems in semiarid Senegal. *Pedobiologia*, 52: 273-286p.

Dieye, A. (2019). Etude de l'interaction de dose de fertilisation minérale NPK densité de semis sur le rendement de deux variétés de mil *Pennisetum glaucum* (souana III et thialack II). Mémoire de Master spécialité : Agroforesterie, écologie et adaptation 50p.

Dossa, E. L., Khouma, M., Diedhou, I., Séné, M., Kizito, F., Badiane, A. N., Dick, R. P. (2009). Potentiel de minéralisation du carbone, de l'azote et du phosphore des sols sahéliens semi-arides amendés avec des résidus d'arbustes indigènes. *Geoderma*, 148, 251-260p. <http://dx.doi.org/10.1590/51415-43662013000900014>

Dossa, E.L., Ibrahima Diedhiou, Mamadou Khouma, Modou Sene, Aminata N. Badiane, Samba, A. Ndiaye Samba, Komi B. Assigbetse, Saidou Sall, Abel Lufafa, Fred Kizito, Richard P. Dick, et Jyotisna Saxena. (2013). Crop productivity and nutrient dynamics in a shrub-based farming system of the Sahel. *Soil Fertility & Crop Nutrition. Agronomy journal*. 105 : 1 237-1 246.

- Dossa, E.L., S. Diedhiou, J.E. Compton, K.B. Assigbetse, and R.P. Dick. (2010).** Spatial patterns of P fractions and chemical properties in soils of two native shrub communities in Senegal. *Plant Soil* 327:185–198p. Doi : 10.1007/s11104-009-0044-8
- Dubé, M.P. et Olivier A. (2001).** Le *Striga gesneroides* et son hôte, le niébé : interaction et méthodes de lutte. *Canadian Journal of Botany*. 79(10) : 1225-1240p
- Dugjé, Y.I., Omoigui O.L., Ekelem F., Kamara Y.A., Ajeigbe H. (2009).** Production du niébé en Afrique de l'Ouest: guide du paysan. Institut International. 20p.
- Ehlers, J.D., & Hall, A. E. (1997).** Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.). *Field crops reasarch*, 53 (1), 187-204p.
- Fall, A., Hasna, F., Diatta, S., Diakhate, S., Noye, I. (2020).** Influence of *Piliostigma reticulatum* on the diversity of indigenous vesicular-arbuscular mycorrhizal in Senegal. *Biology and life sciences forum*. 12p. <https://doi.org/10.3390/IECD2022-12351>
- FAO. (2003).** Gestion de la fertilité des sols pour la sécurité alimentaire en Afrique subsaharienne, 55p.
- FAOSTAT. (2013).** Données de l'alimentation et de l'agriculture. En ligne sur: <http://www.fao.org/faostat/fr/#horne>
- FAOSTAT. (2016).** Données de l'alimentation et de l'agriculture. En ligne sur: <http://www.fao.org/faostat/fr/#horne>
- Faye, D.M. (1996).** Rapport annuels d'activités ISRA/CNRA. 16p
- Faye, E.H. (2010).** Diagnostic partiel de la flore et de la végétation des Niayes et du Bassin arachidier au Sénégal. Application de méthodes floristique, phytosociologique, ethnobotanique et cartographique (Unpublished doctoral dissertation). Université libre de Bruxelles. 187p+annexes
- Greenland. D.J., Nabhan, H., Brinkman, R., Koohafkan, P., Dudal, R., and Pretty, J. (2003).** Gestion de la fertilité des sols pour la sécurité alimentaire en Afriue subsaharienne (Food and agriculture Org).1-3p.
- Guebre, D., Tockville, M.B., Traore, S et Hien, E. (2020).** Conservation des sols en zone soudano-sahélienne : quelle est l'efficience des amendements ligneux ? Soil conservation in the Soudano-Sahelian zone: What's the efficiency of woody <https://www.researchgate.net/publication/350213795>
- Gueye, N.F. (2020).** Effet de l'incorporation de la biomasse de *Piliostigma reticulatum* (DC.) Hochst dans le sol et de doses d'engrais NPK sur la nodulation, le rendement et ses composantes et la teneur en aflatoxines de cinq variétés d'arachide (*Arachis hypogaea* L.) 30p.

Guignard, J.I. (2001). Botanique : Systématique moléculaire (Préface de J.M. Pelt), 12ième édition. Masson. 290p.

Hall, A. E., Cissé N., Thiaw S., Elawad H O.A., Ehlers J. D., Ismail A.M., Fery R.L., Roberts P. A., Kitch L. W., Murdock L.L., Boukar O., Phillips R.D., McWatters K.H. (2003). Development of cowpea cultivars and germplasm by the Bean/Cowpea CRSP. *Field crop research*, 82, 2-3 :103-134p

Hien, E. (2018). Impact du paillage agroforestier à base de *Piliostigma reticulatum* (D.C.) Hochst sur les fonctions et services des sols en zone soudano-sahélienne du Burkina Faso. 13p.

Houérou, H. N. (1980). The role of browse in the sahelian and sudanian zones. Ed. Le Houerou. 55-82p.

IIFA, (2014). La fertilisation et les sols : les experts en parlent. International Fertilizer Industry Association, 28 rue Marbeuf, 75008, Paris, France. 8p.

ISRA, ITA, CIRAD. (2005). Bilan de la recherche agricole et agroalimentaire au Sénégal. Dakar, Sénégal. 520p.

Issoufou, O.H., Boubacar, S., Adam, T., Boubacar, Y. (2017). Identification des insectes, parasites et évaluation économique de leurs pertes en graines sur les variétés améliorées et locale de niébé en milieu paysan à Karma (Niger). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 11(2): 694-706p. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v11i2.13>

Kabore, K.H. (2013). Effet de microdosage de la fumure organo-minérale sur la dynamique de *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid., agent causal de la pourriture charbonneuse du niébé. Mémoire d'Ingénieur du Développement Rural, Option : Système de Production Végétale 47p.

Kizito, F., Dragila, M., Sène, M., Lufafa, A., Diedhiou, I., Dick, R.P., Selker, J.S., Dossa, E., Khouma, M., Badiane, A., Ndiaye, S., (2006). Seasonal soil water variation and root patterns between two semi-arid shrubs co-existing with Pearl millet in Senegal, West Africa. *J. Arid Environ.* 67, 436-455p. Doi : <http://dx.doi.org/10.1016/j.jaridenv.2006.02.021>.

Kizito, F., Sène, M., Dragila, M.I., Lufafa, A., Diedhiou, I., Dossa, E., Cuenca, R., Selker, J., Dick, R.P. (2007). Le bilan hydrique du sol des systèmes culture annuelle-arbuste indigène dans le bassin arachidier du Sénégal : Le chaînon manquant. *Agric. Water Manage.* 90, 137-148p. Doi : <http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2007.02.015>.

Kizito, F., Dragila, M.I., Sène, M., Brooks, J.R., Meinzer, F.C., Diedhiou, I., Diouf, M., Lufafa, A., Dick, R.P., Selker, J., Cuenca, R. (2012). La redistribution hydraulique par deux espèces arbustives semi-arides: Implications pour les agroécosystèmes sahéliens. *J. Arid Environ.* 83, 69-77p. Doi. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jaridenv.2012.03.010>.

- Krasova, T. (2003)** Etudes de la diversité des rhizobiums nodulant le niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) au Sénégal ». Thèse de Doctorat, Université Cheikh Anta Diop, Dakar. 112p.
- Langyintuoa A. S, J. Lowenberg-DeBoer, M. Faye, D. Lambert, G. Ibro, B. Moussa, A. Kergna, S. Kushwaha, S. Musa, G. Ntoukam. (2003).** Cowpea supply and demand in West and Central Africa. *Field Crops Research*. 82: 215-231p.
- Lufafa, A., Bolte, J., Wright, D., Khouma, M., Diedhiou, I., Dick, R.P., Kizito, F., Dossa, E., Noller, J.S., (2008).** Regional carbon stocks and dynamics in native Woody shrub communities of Senegal's Peanut Basin. *Agric. Ecosyst. Environ.* 128:1–11p.
- Lufafa, A., Diedhiou, I., Ndiaye, N.A.S., Sene, M., Kizito, F., Dick, R.P., Noller, J.S., (2009).** Allometric relationships and peak season community biomass stocks of native shrubs in Senegal's Peanut Basin. *J. Arid Environ.* 73, 260–266p.
- Madamba, R., Grubben G.J.H., Asante, I.K., Akromah R. (2006).** *Vigna unguiculata* (L.) Walp. *Plant Resources of Tropical Africa*, 1: 221-229p.
- Maina, U.M., Sastawa, B.M., Biu, B.M. (2014).** Evaluation of cultivars and insecticides on insect pests and grain loss of rainfed cowpea *Vigna unguiculata* (L.) Walp.) At Baga, Lake Chad shore area of Nigeria. *Journal of Entomology and Nematology*, 6(11):161-168p. DOI: <https://doi.org/10.5897/JEN2014.0109>
- Marechal, R., Mascherpa, J. M., and Stainier, F. (1978).** Etude taxonomique d'un groupe d'espèces des genres *Phaseolus* et *Vigna* (Papilionaceae) sur la base de données morphologiques et polliniques, traitées pour l'analyse informatique, *Boissiera*, 28,361 – 383p.
- Maydell, H., Von, J. (1983).** Arbres et arbustes du sahel, leurs caractéristiques et leurs utilisations, GTI, 532p.
- Mbow M. (2017).** Les défis de l'agriculture sénégalaise dans une perspective de changement climatique. Maîtrise en environnement. Université de Sherbrooke, 79p.
- Mbow, A. (2020).** Effets des apports de coques d'arachide et de phosphore sur la fertilité du sol et les paramètres morpho-métriques du riz pluvial dans les sols salés du terroir villageois de Fayil, Région de Fatick. 52p.
- Mone, R. (2008).** Distribution et abondance des populations *Demaruca vitrata*fab. (Lépidoptère : pyralidae), foreuse des gousses du niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) En relation avec les plantes hotes en zone sud soudanienne du Burkina Faso. Mémoire d'Ingénieur du Développement Rural, Option : Agronomie, Université d'Ouagadougou, Burkina Faso 76p.

Ndiaye, M. (2007). Ecology and Management of Charcoal Rot (*Macrophomina phaseolina*) on Cowpea in the Sahel. PhD Thesis Wageningen University, the Netherlands. 114p.

Ndiaye, A. (2019). Diagnostic des effets des pratiques paysannes sur la fertilité des sols dans le Bassin Arachidier. Mémoire de fin d'étude : Agroforesterie, Ecologie et Adaptation, Université Cheikh Anta Diop de Dakar. 48p.

Neya, J.B. (2001). Sérologie, pathogénie, épidémiologie et contrôle de la mosaïque *Cowpea aphid-borne mosaic virus* (CABMV) du niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) Transmise par des pucerons (*Aphis craccivora*, *A.gossypii*) au Burkina Faso. Thèse de Doctorat, Spécialité: Sciences Biologiques Appliquées, Université d'Ouagadougou, Burkina Faso. 218p.

Niang, I. (2004). Cowpea productivity improvement In the African Agricultural Technology Foundation (AATF). 112p.

Ouédraogo, S. (2006). Potentialités fourragères et essais d'amélioration de la valeur nutritive de trois ligneux fourragers : *Piliostigma thonningii* Schumach Mile-Redh, *Piliostigma reticulatum* (D. C.) Hochst et *Khaya senegalensis* (Desr.) A. Juss. ; Mémoire d'ingénieur du développement rural, Université Polytechnique de Bobo Dioulasso/Burkina Faso, 67p.

Ouedraogo, Z.M. (2014). Effets de ta couverture du sol à base de *Piliostigma reticulatum* (DC) Hoscht sur [l'association sorgho-niébé dans le village de Yilou, Province du Barn (BURKINA FASO), Mémoire de Master en Production Végétale, Institut du Développement Rural de l'Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, 38p.

Pasquet, R.S., Baudoin, J.P. (1997). Le niébé, *Vigna unguiculata*. In Charrier A., Jacquot M., Hamon S., Nicolas D. (éd). L'amélioration des plantes tropicales. Montpellier, France : CIRAD-ORSTOM, 483–505p.

RGPHAE. (2013). Recensement générale de la population et de l'habitat, de l'agriculture et de l'élevage : rapport définitive https://www.ansd.sn/ressources/rapports/Rapport-definitif_RGPHAE2013.pdf

Romuald, M.M. (2000). Evaluation de génotype de niébé (*Vigna unguiculata* (L) Walp) pour la résistance aux thrips (*Megalurothrips sjostedti*). Mémoire de fin d'études ENCR Bambey. 49p.

Samba, A. N. S. (2001). Effets de la litière de *Cordyla pinnata* sur les cultures: approche expérimentale en agroforesterie. *Annals of Forest Science, Springer Verlag*, 58: 99-107p.

Sanogo, D., Camara, B.A., Diatta, Y., Coly, L., Diop, M., Badji, M., Binam, J.N. (2019). La Régénération Naturelle Assistée (RNA) dans le bassin arachidier du Sénégal, une alternative pour réduire la pauvreté en milieu rural. In: Seghieri J. & Harmand J-M. (eds.). Agroforesterie et services

écosystémiques en zone tropicale. Chapter 11. Collection Update Sciences & Technologies, Quae editions, Paris, ISBN 978-2-7592-3060-0. 254p. www.quaeopen.com

Sanou, S. (2005). *Piliostigma reticulatum* (O.C) Hoscht : Potentialités fourragères et essai d'amélioration la valeur nutritive des gousses. Mémoire de fin d'études IOR/UPB (Burkina Faso) 57p.

Sanou, S., Sawadogo, L et Zoungrana C.Y.K. (2010). Amélioration de la valeur nutritionnelle des gousses de *Piliostigma reticulatum* (D. C.) Hochst dans l'alimentation du bétail en période de soudure. *International journal of biological and chemical services* 1519-1528p. <http://ajol.info/index.php/ijbcs>

Sawadogo, I. (2000). Phénologie. Composition chimique et digestibilité de quatre ligneux fourragers. *Acacacia raddiana* sa\l. *acacia seya!* Del. *Balljinia ru (escells lam. Piliostigma reticulatum* (oc) Hochst. Mémoire de fin d'étude. ior/upb (Burkina Faso) 70p.

Sene, D. (1966). Inventaire des principales variétés de niébé (*Vigna unguiculata* Walpers) cultivées au Sénégal. *L'agronomie tropicale*. 8 :927-933p.

Souilah, F.B. (2015). Caractérisation du comportement des micronutriments d'intérêt et des composés antinutritionnels des pois chiches et du niébé au cours des procédés de transformation. Mémoire d'ingénieur, université de Montpellier. 39-47p.

Soumaré, M.D., Makeni, P.N.S., Khouma, M. (2002). Effects of *Casuarina equisetifolia* composted litter and ramial-wood chips on tomato growth and soil properties in Niayes, Senegal. *Biol Agric Hortic* 20 : 111-123p.

Sy, O. (2001). Synthèse des travaux sur la gestion intégrée des légumineuses et autres cultures industrielles. Rapport de stage de technicien supérieur. Centre National de la Recherche Agronomique, Institut Sénégalais de Recherches Agricoles, Sénégal. 33p

Thiaw, M.M.A. (2018). Effet des Bois Raméaux Fragmentés (BRF) de *Piliostigma reticulatum* ((DC) Hochet) sur le rendement du mil (*Pennisetum glaucum* (L.) R.BR.) et les herbacées dans le Bassin arachidier. 49p.

Toutain, B. (1980). Le rôle des ligneux pour l'élevage dans les régions soudaniennes de l'Afrique de l'Ouest. In LE HOUEROU H. N. éd. Les fourrages ligneux en Afrique, état actuel des connaissances. Addis Abeba. Ethiopie. 8-12 avril. CIPEA. 105-110p

Trail, P., Abaye, O., Thomason, W.E., Thompson, T.L., Gueye, F., Diedhiou, I., Diatta, M.B., Faye, A., (2016). Évaluation des pratiques de cultures intercalaires (couverture vivante) et de 930 paillages (couverture desséchée) pour l'augmentation des rendements de mil au Sénégal. *Agron. J.* 108, 1742p. Doi <http://dx.doi.org/10.2134/agronj2015.0422>.

Traore, M. (2000). Etude de la phénologie, de la régénération naturelle et des usages de *Piliostigma reticulatum* (DC) Hochst en zone Nord soudanienne du Burkina Faso. Mémoire de fin de cycle, Institut du Développement Rural Université Polytechnique de Bobo Dioulasso, Burkina Faso, 68p.

Vodouhe, F., N'danikou, S.t., Achigan, D.E.G., (2012). *Piliostigma reticulatum* (De.) Hochst, *In* : Brink, M. Achigan-Dako, *Plant Resources of Tropical Africa* 16, Fibres, PROTA Foundation Wageningen, Netherlands CTA, Wageningen., Netherlands, 371-375p.

Wezel, A, Bo (1999). Cker R. Mulching with branches of an indigenous shrub (*Guiera senegalensis*) and yield of millet in semi-arid Niger. *Soil Till Res*; 50 : 341- 344p.

Yelemou, B., Bationo, B. A., Yameogo, G., millogo-rasolodimby, J., (2007). Gestion traditionnelle et usage de *Piliostigma reticulatum* (D.C.) Hochst., dans le plateau central du Burkina Faso. *Bois et Forêt des Tropiques*, 291(1), 55-65p.

Yelemou, B., Yameogo, G., Bationo, B. A., Millogo J., Hien, V. (2008). Biologie florale et mode de reproduction sexuée de *Piliostigma reticulatum* (D.C) Hochst. *In* : Ajol, *International journal of Biological and Chemical*, 2(3): 281-291p. [En ligne] URL: <http://www.ajol.info/index.php/ijbcs/article/viewFile/39756/31924>

Yelemou, B., Yameogo, G., Barro, A., Taonda, S. J., Hien, V., (2013). La production de sorgho dans un parc à *Piliostigma reticulatum* en zone nord-soudanienne du Burkina Faso. *TROPICULTURA*, 2013, 31, 3, 154-162p.

Yelemou, B., Yameogo, G., Koala, J., Bationo, B. A., Hien, V. (2014). Influence of the leaf biomass of *Piliostigma reticulatum* on Sorghum production in North Sudanian Region of Burkina Faso. *Journal of Plant Studies*; Vol. 3, No. 1; 80-89pp. [En ligne] URL: <http://dx.doi.org/10.5539/lips.v3nlp80>

Zerbo, D. (2011). Gestion paysanne, densités et production de biomasse aérienne de *Piliostigma reticulatum* (D.C.) Hoscht dans les agrosystèmes du Centre Nord: cas des villages de Yilou et de Barsa dans la province du Barn. Mémoire de fin de cycle, Institut du Développement Rural Université Polytechnique de Bobo- Dioulasso, Burkina Faso, 62p.

Zomboudré, G., Zombré, G., Ouédraogo, M. B., Guinko, S., & Macauley, H. R. (2005). Réponse physiologique et productivité des cultures dans un système agroforestier traditionnel : cas du maïs (*Zea mays L.*) associé au karité (*Vitallaria paradoxa Gaertn*) dans la zone Est du Burkina Faso. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 9 (1) : 75-85p.

Zoundi, S. J., Lalba, A., Tiendrébéogo, J-P., Bambara, O. (2007). Systèmes de cultures améliorés à base de niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) pour une meilleure gestion de la sécurité alimentaire et des ressources naturelles en zone semi-aride du Burkina Faso. *Tropicultura*, 25, 2. 87-96p.

Webographie

¹ : [https://wikiagri.fr/articles/les-amendements-organiques-\(amb\)-definition-et-utilisation/19497](https://wikiagri.fr/articles/les-amendements-organiques-(amb)-definition-et-utilisation/19497)