

UNIVERSITE CHEIKH ANTA DIOP DE DAKAR
FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES
DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE VÉGÉTALE



**EFFETS DE L'APPORT DES BOIS RAMÉAUX FRAGMENTÉS (BRF) DE
PILIOSTIGMA RETICULATUM (DC) HOCHST SUR LE RENDEMENT DU
MIL (*PENNISETUM GLAUCUM* L.) ET DES HERBACÉES DANS LE
BASSIN ARACHIDIER.**

Mémoire présenté et soutenu publiquement le 10/03/2018 au Département de Biologie végétale pour l'obtention du diplôme de

MASTER EN AGROFORESTERIE, ECOLOGIE, ADAPTATION (AFECA)

par :

M. Mame Arona Thiaw

Devant le jury composé de :

Président	: M. Mame Samba MBAYE	Maître de conférences	UCAD/FST
Membres	: M. Sékouna DIATTA	Maître-assistant	UCAD/FST
	: M. Dioumacor FALL	Chargé de recherches	ISRA/CNRF
	: Mme. Marième Fall BA	Chargée de recherches	ISRA/CNRF
	: M. Daouda NGOM	Maître de conférences	UCAD/FST
	: M. Amsatou THIAM	Maître-assistant	UT/ISFAR
Co-encadreur	: M. Dioumacor FALL	Chargé de recherches	ISRA/CNRF
	: Mme. Marième Fall BA	Chargée de recherche	ISRA/CNRF
	: M. Sékouna DIATTA	Maître-assistant	UCAD/FST
Superviseur	: M. Daouda NGOM	Maître de conférences	UCAD/FST

DEDICACES

A ma grand mère Aïssatou DIENG

A mon père Monsieur Mame Khémesse THIAW

A ma maman Madame Seynabou DIENG THIAW

A tous mes frères et sœurs

A mes oncles Monsieur Babacar Mbagnane THIAW et Monsieur Narcisse Yoppe THIAW

A mes tantes Madame Seynabou DIOUF et Madame Jeannette BASSENE

Je vous dédie solennellement cet humble travail !!!

REMERCIEMENTS

« *Al hamdoulillah* », gloire à ALLAH, le Tout Puissant. ALLAH, dans sa miséricorde, soit loué. ALLAH, dans son omniscience, nous a mené à cette importante étape d'un long parcours. Un parcours riche de découverte, d'apprentissage et de sagesse. En hommage à Serigne Touba Khadim Rassoul : « *Travaillons comme si l'on ne devait jamais mourir et adorons ALLAH comme si l'on devait mourir demain* ».

Tout travail nécessite un appui et le mien a pu bénéficier du concours de plusieurs personnes. Ainsi nous remercions les autorités de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar (UCAD) à travers le corps professoral de la Faculté des Sciences et Techniques (FST), les autorités du département de Biologie Végétale (BV) et les Coordonnateurs du Master AFECA pour leur disponibilité durant toute notre formation.

Nous remercions également les autorités de l'Institut Sénégalaise de Recherches Agricoles (ISRA) à travers son Directeur Général Dr Alioune FALL pour avoir accepté mon stage et des responsables du Projet WAAPP/CNS/BRF pour avoir entièrement financé nos travaux.

Par des honneurs d'exceptions, je m'en vais solennellement remercier cordialement les membres du jury ; madame et messieurs les docteurs :

Mame Samba MBAYE (chef du département de Biologie végétal) pour avoir accepté de présider et de juger ce travail ;

Dioumacor FALL à qui je dirais simplement que ce fut un honneur, beaucoup de bonheur et point de regret d'avoir été sous l'ombre d'un grand monsieur tel que vous. Je vous remercie de la confiance que vous nous avez accordée depuis le travail de terrain ;

Sékouna DIATTA pour son acceptation d'encadrer ce travail ; les mots me manquent pour vous dire toute ma reconnaissance ;

Marième Fall BA, de l'accueil, de l'ouverture, du soutien, de la motivation et de l'encadrement irréprochable dont nous avons profité sous votre tutelle et avec une rigueur plus que scientifique ; Amsatou THIAM qui depuis l'encadrement jusqu'à la soutenance de ce mémoire nous a accordé une vision scientifique toute particulière ;

Daouda NGOM qui est superviseur de ce travail. Vos remarques et suggestions restent plus qu'à saluer dans l'aboutissement de ce travail.

Je tiens à réitéré mes remerciements les plus cordiales à toute les personnes qui ont contribués d'arrache pieds à la réalisation de ce travail et je veus bien citer :

Feu Pr Léonard Elie AKPO, que la terre de Saint Lazare lui soit légère. Il nous a permis, à travers le master AFECA, d'effectuer nos études de second cycle universitaire. Sa rigueur scientifique, son amour paternel et ses nombreux conseils font que je le porterai à jamais dans mon cœur,

le Pr Aliou GUISSSE dont le sens de l'écoute, l'assistance et les orientations éclairées nous ont fait aimer le monde de l'écologie ;

le Dr Tamsir MBAYE (responsable du projet WAAPP/BRF), La grandeur de vos suggestions mime la grandeur de l'esprit critique. Si l'autorisation met offerte alors j'ose dire en terme wolof *dieurendieuff*. Merci monsieur Mbaye. Par votre bienveillance nous remercions tous les membres du projet WAAPP/BRF ;

le Dr Seyni SANE pour avoir guider mon parcours universitaire depuis la licence 1. Ton appui, lors du traitement des données, les remarques et suggestions, ont été déterminants dans l'aboutissement de ce travail ;

le Dr Diaminatou SANOGO, Directrice du CNRF, de nous avoir accueillie au centre ;

le Dr Issa FAYE plus qu'un grand frère ; vous restez un ami. Votre soutien, vos orientations, vos conseils et votre disponibilité ont forgé en moi l'amour du monde de la recherche.

Merci au commandant Momar WADE, vous nous avez guidés dans la voie de la foresterie. Vos conseils, votre disponibilité et ouverture d'esprit reste à saluer. Mes respects commandant.

Merci à Maître Papa SENE (avocat à la cour), nous ne cesserons de magnifier tes gestes et ta part dans l'aboutissement de ce travail.

Merci à Monsieur Mamadou BALDE, tout au long de ce stage nous avons vécu des moments et surmontés des épreuves ensemble. J'userais des merveilles de ma plume pour te dire cordialement merci.

Merci à Monsieur Modou GUEYE, Monsieur Mbaye DIENG, Monsieur Serigne Mbacké LO et toute la famille GUEYE de Keur Serigne Madieng qui nous a accueillis et appuyé lors de nos travaux sur le terrain. Je ne pourrais manquer de remercier Monsieur Ismaïlia SOW de l'ANCAR pour son appui logistique et sa disponibilité sur le terrain.

A vous mes colocataires, je porte en vous une réelle reconnaissance et de l'affection de par les moments de solidarité et de sociabilité vécus ensemble.

Je m'en vais simplement remercier tous mes amis de Ndongol à Dakar, mes promotionnaires du master AFECA et tous les étudiants stagiaires et allocataires de recherche du CNRF.

Mention spéciale à ma cousine Ndéye Maréme DIENG et à Messieurs Alla FAYE, Abdoul Karim DIENG, Samba DIONE, Djibril COULIBALY de même qu'à toutes les humbles connaissances qui de près où de loin ont apporté leurs prières et pierres à l'édification de ce mémoire.

TABLE DES MATIERES

DEDICACES.....	I
REMERCIEMENTS	II
TABLE DES MATIERES.....	IV
TABLE DES ILLUSTRATIONS.....	VI
LISTE DES ABREVIATIONS ET SIGLES	VI
LISTE DES FIGURES	VII
LISTE DES TABLEAUX.....	VIII
LISTE DES PHOTOS	IX
RESUME.....	X
ABSTRACT.....	XI
INTRODUCTION	1
Chapitre I: SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE.....	3
I.1 Généralités sur le sol	4
I.1.1 Composante inerte	4
I.1.2 Composante organique.....	5
I.2 Notion de fertilité du sol	6
I.2.1 Technologies d'amélioration de la fertilité du sol.....	6
I.3 Généralités sur les Bois Raméaux Fragmentés (BRF).....	8
I.3.1 Définition.....	8
I.3.2 Historique des BRF.....	8
I.3.3 Principe d'incorporation et de dégradation des BRF	8
I.3.4 Synthèse de quelques études menées sur les BRF	9
Chapitre II: MATERIEL ET METHODES	11
II.1 Présentation de la zone d'étude	12
II.2 Matière végétale et matériel technique.....	18
II.2.1 <i>Ptilostigma reticulatum</i> (DC) Hochst.....	18
II.2.2 <i>Pennisetum glaucum</i> L.	20
II.2.3 Matériel technique	22
II.3 Méthodes.....	23
II.3.1 Collecte, fragmentation et pré-compostage des rameaux de <i>P. reticulatum</i>	23
II.3.2 Dispositif expérimental.....	24
II.4 Evaluation des paramètres morphométriques et de rendement	27

II.5	Etude des herbacées	27
II.6	Traitement statistique des données	27
Chapitre III: RESULTATS ET DISCUSSION		28
III.1	PRESENTATION DES RESULTATS	29
III.1.1	Effet du pré-compostage sur les caractéristiques biochimiques des BRF de <i>P. reticulatum</i>	29
III.1.2	Effets des BRF sur les paramètres morphométriques et de rendement du mil	30
III.1.3	Corrélations entre les traitements et les paramètres morphométriques et de rendement	32
III.2	Effets des BRF sur les herbacées	33
III.2.1	Recouvrement total moyen et recouvrement spécifique des herbacées.....	34
III.2.2	Etude de la diversité des herbacées	35
III.2.3	Corrélations entre les traitements et les herbacées.....	36
IV	DISCUSSION.....	38
IV.1	Effet du pré-compostage sur les caractéristiques biochimiques des BRF de <i>P. reticulatum</i>	38
IV.2	Effet des BRF sur les paramètres morphométriques et de rendement du mil.....	38
IV.3	Effet des BRF sur les herbacées	39
CONCLUSION.....		41
REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE.....		42

TABLE DES ILLUSTRATIONS

LISTE DES ABREVIATIONS ET SIGLES

AFECA	:	Agroforesterie, Ecologie, Adaptation
AFES	:	Association Française de l'Etude des Sols
ANACIM	:	Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie
ANCAR	:	Agence Nationale de Conseil Agricole Rural
BA	:	Bassin Arachidier
BRF	:	Bois Raméaux Fragmentés
BV	:	Biologie Végétale
C	:	Carbone
CJPM	:	Comité Jean Pain Madagascar
CNRA	:	Centre National de Recherche Agronomique
CNRF	:	Centre National de Recherches Forestières
CSE	:	Centre de Suivi Ecologique
FAO	:	Organisation des Nations Unies pour l'Agriculture et l'Alimentation
FST	:	Faculté des Sciences et Techniques
IRD	:	Institut de Recherche pour le Développement
ISRA	:	Institut Sénégalais de Recherches Agricoles
ISRIC	:	International Soil and Information Centre
K	:	Potassium
LCM	:	Laboratoire Commun de Microbiologie IRD/ISRA/UCAD
LNERV	:	Laboratoire National d'Elevage et de Recherche Vétérinaire
N	:	Azote
NPK	:	Azote Phosphore Potassium
ONU	:	Organisation des Nations Unies
ORSTOM	:	Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre Mer
P	:	Phosphore
PAPSEN	:	Programme d'Appui au Programme National d'Investissement dans l'Agriculture au Sénégal
PNDL	:	Programme National de Développement Local
PNUE	:	Programme des Nations Unies pour l'Environnement
UCAD	:	Université Cheikh Anta Diop de Dakar

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : la zone écogéographique du Bassin Arachidier Sénégalais.....	12
Figure 2 : situation géographique du village de Keur Serigne MADIENG.....	13
Figure 3 : pluviométrie annuelle de la région de Kaolack de 1986 à 2016	14
Figure 4 : plan de masse du dispositif expérimental.....	255
Figure 5 : bloc expérimental du dispositif.....	266
Figure 6 : ACP montrant les corrélations entre les traitements et les paramètres agronomiques.	322
Figure 7 : recouvrement total en herbacées estimé dans les différents unités expérimentales....	344
Figure 8 : recouvrement spécifique des herbacées dans les unités expérimentales à la récolte du mil	355
Figure 9 : ACP montrant les corrélations entre les traitements et les herbacées.....	366

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : répartition de la pluviométrie de 2016 à Keur Serigne Madieng.....	14
Tableau 2 : caractéristiques physico-chimiques des sols avant application des BRFs.....	17
Tableau 3 : teneurs en éléments pariétaux et éléments chimiques des BRF frais et pré-compostés de <i>P. reticulatum</i>	292
Tableau 4 : diamètre au collet, longueur des entre-nœuds, hauteur des plants et nombre de talles des plants de mil.	309
Tableau 5 : nombre d'épis fertiles des talles, biomasse aérienne sèche, rendements avant et après battage et la masse de 1000 graines des plants de mil.	30
Tableau 6 : richesse spécifique, indices de Shannon et d'équitabilité dans les différents traitements	351
Tableau 7 : familles, noms scientifiques et noms vernaculaire des espèces herbacées.....	353

LISTE DES PHOTOS

Photo 1 : jeune pied de <i>P. reticulatum</i>	188
Photo 2 : feuilles, fleurs et gousse de <i>P. reticulatum</i>	199
Photo 3 : poquet de <i>P. glaucum</i> en montaison.....	20
Photo 4 : épis de mil.....	21
Photo 5 : collecte des rameaux	23
Photo 6 : étalage de la couche de BRF.....	24
Photo 7 : étalage de la couche de fumier.....	24
Photo 8 : arrosage du pré-compost	24
Photo 9 : retournement du pré-compost	244

RESUME

Au Sénégal, la dégradation des terres est l'un des principaux facteurs qui limite la production de l'arachide et du mil. Ce phénomène gagne beaucoup de surface dans le Bassin arachidier (BA) où il affecte près de 47,09% des terres dégradées du Sénégal (Diouf *et al.*, 2014). Ainsi l'amélioration de la fertilité des sols est devenue une priorité pour contribuer à la sécurité alimentaire. Il est alors une urgence de proposer aux paysans un amendement organique capable de suppléer les engrais chimiques pour augmenter la productivité agricole. La technologie des bois raméaux fragmentés (BRF), qui est à la fois naturelle et écologique, est proposée aux paysans. Cette étude a pour objectif d'évaluer l'effet des BRF de *P. reticulatum* à l'état frais et pré-compostés sur le rendement du mil (*Pennisetum glaucum* L. var *Souna 3*) et le recouvrement en herbacées des sols dans le BA. Un dispositif expérimental en bloc factoriel fractionnaire complètement aléatoire avec six traitements (BRF frais à 3 t/ha, BRF frais à 6 t/ha, BRF pré-compostés à 3 t/ha, BRF pré-compostés à 6 t/ha, « pratique paysanne » et « témoin ») a été mis en place à Keur Serigne Madieng (Com. de Ndiago, Dép. de Guinguinéo, Rég. de Kaolack). Plusieurs des paramètres agronomiques du mil ainsi que la flore herbacée ont été évalués après la récolte. Les résultats ont montré que seule la « pratique paysanne » augmente significativement le diamètre au collet, la hauteur des plants, la longueur des entre-nœuds, la biomasse aérienne sèche, le nombre d'épis fertiles et les rendements avant et après battage comparé au « témoin ». La « pratique paysanne » ne montre aucune différence avec les BRF sur la plupart des paramètres mesurés. Les traitements n'ont aucun effet significatif sur le nombre de talles et la masse de 1000 grains. L'étude a également montré que les familles des Poaceae et des Fabaceae sont les plus représentatives. Le recouvrement en herbacées est plus élevé dans les parcelles amendées avec les BRF pré-compostés à 6 t/ha et les BRF frais à 3 t/ha avec une richesse spécifique plus importante avec les BRF frais à 6 t/ha. L'indice de Shannon traduit un même niveau de diversité alors que l'équitabilité de Pielou traduit une équirépartition des individus dans les espèces entre les traitements. L'apport des BRF frais à 6 t/ha favorise le développement des herbacées tel qu'*Alisicarpus ovalifolius* et *Pennisetum pedicellatum* qui sont indicatrices de la fertilité du sol. Il ressort également que les espèces telles que *Mitracarpus villosus*, *Commelina forskalei*, *Cenchrus biflorus* et *Hibiscus sp* présentent les meilleurs recouvrements quelque soit le traitement. L'étude a montré que les BRF frais de *P. reticulatum* pourraient répondre à la réduction de l'utilisation des engrais chimiques azotés. Toutefois, il est nécessaire de poursuivre l'étude sur plusieurs années pour évaluer l'effet rémanent des BRF de *P. reticulatum* sur le rendement des cultures.

Mots clés : Bassin arachidier - Bois Raméaux Fragmentés – frais – herbacées – *Piliostigma reticulatum* - pré-compost – rendements

ABSTRACT

In Senegal, land degradation is one of the main factors limiting the production of groundnuts and millet. This phenomenon is gaining momentum in the peanut Basin where it affects nearly 47.09% of Senegal's degraded lands (Diouf *et al.*, 2014). Improving soil fertility has become a priority to contribute to food security. Thus, it is urgent to propose to farmers an organic amendment capable of supplying chemical fertilizers to increase agricultural productivity. The technology of fragmented ramified wood (BRF), which is both natural (uses stumps of sub-shrubs cut and burned on site during brushing) and ecological (without chemical inputs), is offered to farmers. The objective of this study is to evaluate the effect of fresh and pre-composted *P. reticulatum* BRF on millet yield (*Pennisetum glaucum* L. var Souna 3) and herbaceous soil cover in the peanut Basin. . The choice of millet is based on its socio-economic value and its ability to adapt in the study area. A completely random fractional factorial experimental unit with six treatments (fresh BRF at 3 t/ha, fresh BRF at 6 t/ha, pre-composted BRF at 3 t/ha, pre-composted BRF at 6 t/ha, "farmer practice" and "witness") was set up at Keur Serigne Madieng (Ndiago Commune, Guinguineo Department, Kaolack Region). Morphometric and yield parameters of millet as well as herbaceous flora were evaluated after harvest. The results showed that only "peasant practice" significantly increases neck diameter, plant height, internode length, and dry aerial biomass, number of fertile spikes, and before and after threshing yields compared to "Witness". The treatments have no significant effect on the number of tillers and the mass of 1000 seeds. No significant difference was noted between "farmer practice" and BRFs on most of the measured parameters. The study also showed that the families of Poaceae and Fabaceae are the most representative. Herbaceous cover is higher in plots amended with pre-composted BRF at 6 t/ha and fresh BRF at 3 t/ha. The contribution of fresh BRF at 6 t/ha favors the development of herbaceous plants such as *Alisicarpus ovalifolius* and *Pennisetum pedicellatum*, which are indicative soil fertility. It also appears that species such as *Mitracarpus villosus*, *Commelina forskalei*, *Cenchrus biflorus* and *Hibiscus sp* have the best recoveries whatever the treatment. The study showed that fresh BRFs of *P. reticulatum* could respond to reduced use of nitrogenous chemical fertilizers. However, it is necessary to continue the multi-year study to evaluate the residual effect of *P. reticulatum* BRFs on crop yield.

Key words: Peanut Basin - Fragmented Reams - fertility – fresh - herbaceous - *Piliostigma reticulatum* - pre-compost- yields

INTRODUCTION

La croissance de l'économie mondiale repose essentiellement sur la productivité du secteur primaire en particulier du secteur agricole. Le secteur agricole entre l'élevage, les cultures de base, les cultures non vivrières et la production de biocombustibles utilise près de 11% de la surface terrestre (FAO, 2011). L'agriculture comme source de subsistance doit nourrir environ 7 milliards d'humains aujourd'hui et 9,1 milliards d'ici 2050 (FAO, 2011). Ce défi d'assurer une alimentation suffisante reste plus que jamais difficile à relever. Selon l'ISRIC-UNEP (1991), seuls 30 millions de km² de terres arables sont disponibles pour satisfaire la demande (Brabant, 2010). Partant des modèles agricoles typiquement traditionnels aux modèles modernes, l'optimisation de la productivité des sols est accompagnée de pratiques agricoles non durables qui ont finis par dégrader les terres. Le projet évaluation globale de la dégradation du sol induite par l'homme (ISRIC/UNEP/FAO, 1990) a évalué la dégradation des terres au niveau mondial à environ 15%. En effet 1964 millions d'hectares des terres dégradées à travers le monde sont causés par l'homme (FAO-CSE, 2003). Cette dégradation d'origine humaine est estimée à 25,15% pour le continent africain soit 494 millions d'hectares (FAO-CSE, 2003). Au Sénégal, les terres arables occupent 19% du territoire soit 3,8 millions d'hectares au moment où la superficie des terres dégradées est évaluée à 2 442 000 ha (Diouf *et al.*, 2014). La zone écogéographique du Bassin arachidier couvre plus de terres dégradées au Sénégal avec près de 1 150 000 ha soit 47,09%.

La dégradation des terres arables est accentuée par des pratiques paysannes consistant à exporter toute la biomasse issue des résidus de culture et à défricher les peuplements d'arbustes (*Guiera senegalensis* J. F. Gmel, *Combretum micranthum* G. Don, *Combretum Glutinosum*. Perrot, *Piliostigma reticulatum* (DC) Hochst,...) rencontrés dans ces systèmes agroforestiers. En effet, à l'approche de l'hivernage lors de la préparation des champs, d'importants produits et sous-produits ligneux et non ligneux issus des défrichements sont mis en tas et brûlés (Fall et Lô, 2009). Cette pratique de la culture sur brulis appauvrit les sols en matière organique et les rendent ainsi plus vulnérables à l'érosion (hydrique et éolienne) avec la destruction du couvert végétal (FAO-CSE, 2003 ; Fall et Lô, 2009). La mise à profit des espèces ligneuses buissonnantes présentes dans ou à proximité des champs de cultures des systèmes agroforestiers, pour leur valorisation comme sources d'engrais verts de type BRF, peut permettre de rehausser le statut organique des sols de culture (Guay *et al.*, 1983, 1987), augmenter leur productivité (Iyamuremye *et al.*, 2000 ; Ba *et al.*, 2014) et ainsi assurer leur exploitation durable.

Ceci peut permettre d'éradiquer la pratique de la culture sur brûlis qui conduit à des feux de brousse et l'usage massive des engrais chimiques, au coût élevé et aux effets néfastes sur les sols, les réserves en eau et la santé humaine et animale. Des travaux récents ont montré que l'utilisation des BRF de *G. senegalensis* et de *P. reticulatum* comme amendements organiques présentent de fortes teneurs en composés pariétaux (lignine, cellulose,...) entraînant une lente décomposition (Ba *et al.*, 2014). Ainsi, il s'avère nécessaire de recourir à cette technologie des bois raméaux fragmentés (BRF) tout en les pré-compostant afin de faciliter et de réduire leur durée de décomposition. Ce pré-compostage permettra à la fois d'assurer la restitution des éléments minéraux plus facilement, de lever la faim d'azote (immobilisation de l'azote) et d'éviter l'inhibition entraînée par les BRF frais. Notre étude rentre dans le cadre d'un projet qui a pour objectif global de contribuer à la réduction de la pauvreté et à l'atteinte de la sécurité alimentaire par l'amélioration de la fertilité des sols et des rendements des cultures céréalières. Il a pour objectif spécifique d'évaluer l'effet des BRF de *P. reticulatum* à l'état frais et pré-compostés sur (i) le rendement du mil (*Pennisetum glaucum L.*) et (ii) le recouvrement en herbacées des sols dans le Bassin arachidier.

Ce mémoire est organisé en trois chapitres. Dans le premier chapitre nous avons effectué d'abord, une synthèse bibliographique qui porte sur le sol et sa fertilité, les technologies d'amélioration de ces derniers et les amendements organiques. Ensuite nous avons parlé des travaux menés sur les BRF au Sénégal. Dans le deuxième chapitre, le matériel et les méthodes utilisés dans cette étude seront présentés. Dans le troisième chapitre, les résultats obtenus seront présentés et discutés. Suite à la conclusion, des perspectives en termes de pistes de recherche seront dégagées.

Chapitre I: **SYNTHÈSE** **BIBLIOGRAPHIQUE**

I.1 Généralités sur le sol

Le sol est défini comme étant la formation naturelle de la croûte terrestre à structure meuble et d'épaisseur variable à l'interface entre la lithosphère, la biosphère et l'atmosphère (AFES, 1984). Il résulte de la transformation de la roche mère suite à un long processus biogéochimique impliquant de nombreux facteurs biotiques et abiotiques (AFES, 1984). Il renferme une grande diversité d'organismes et supporte la majorité des activités humaines (Diallo, 2012). Le sol comprend une composante inerte et une composante organique.

I.1.1 Composante inerte

Elle représente 93 à 95% du poids du sol et est subdivisée en fraction solide, liquide et gazeuse. L'analyse granulométrique d'un sol permet de classer la fraction solide en divers éléments minéraux selon leurs diamètres (Davet, 1996). La convention internationale retient deux groupes représentatifs à savoir les éléments fins et les éléments grossiers. Les éléments fins vont des particules ayant un diamètre inférieur à 2 μm aux particules ayant un diamètre égal à 2 mm. Ils regroupent : les argiles (moins de 2 μm) ; les limons fins (2 μm à 20 μm) ; les limons grossiers (20 μm à 50 μm) ; les sables fins (50 μm à 200 μm) et les sables grossiers (200 μm à 2 mm) (Davet, 1996). Les éléments fins du sol participent à l'aération à la rétention d'eau et à l'échange de températures par l'action des sables grossiers. Les limons et les sables fins rendent le sol battant avec la formation d'une croûte de battance. Les argiles sont mobilisées dans l'agrégation du sol sous l'action de leurs colloïdes organo-minéraux qui jouent un rôle de liant. Les éléments grossiers du sol sont constitués de graviers (2 mm à 20 mm), de cailloux (2 cm à 7,5 cm), de pierres (7,5 cm à 20 cm) et de blocs (>20 cm) (Davet, 1996). Ces éléments forment l'ossature du sol et la réserve minérale. Ils permettent également la perméabilité d'un sol, l'augmentation de la rétention d'eau et du volume de sol prospectable par les plantes.

La fraction liquide ou eau du sol est considérée comme une solution dont la composition varie dans le temps et dans l'espace (Musy et Soutter, 1991). L'apport d'eau au sol se fait sous forme de pluie, neige, rosée ou brouillard. Dans le sol, l'eau ruisselle, s'infiltrer, se ré-humecte et seule une infime partie atteint la nappe. L'autre partie est évaporée, soit directement soit indirectement par les arbres et constituent les pertes par évapotranspiration (Compère *et al.*, 2013). La solution aqueuse que constitue la phase liquide du sol est essentiellement constituée de molécule d'eau occupant généralement les crevasses, les fissures et les lacunes (Compère *et al.*, 2013). Les teneurs en eau dépendent de la nature de la texture et de la structure du sol qui déterminent la capacité au champ ou capacité de rétention maintenue par les forces capillaires et en fonction de la granulométrie.

La succion du sol dépend de sa texture et de la taille des pores mais également de la capacité au champ. Le rôle de cette fraction liquide se résume à sa capacité de transport des substances entre la fraction solide et les racines des plantes, la lixiviation des cations lors de la pédogenèse et les nombreux processus de solubilisation (Gobat *et al.*, 2010).

L'air dans le sol ou fraction gazeuse est moins bien connue comparée aux autres fractions. Les difficultés liées aux techniques d'études font variés les teneurs de ces composantes au moindre contact avec l'environnement externe. Dans le sol, l'air occupe tous les espaces non remplis par la fraction liquide. En situation normale pour un sol bien aéré, l'oxygène est évalué entre 18 et 20,5%, l'azote entre 78,5 et 80% et le gaz carbonique entre 0,2 et 3,5% (Gobat *et al.*, 2010). L'air dans le sol assure le maintien de l'activité biologique avec la respiration des plantes, la fixation et la dénitrification de l'azote par les légumineuses dans leur relation symbiotique et le métabolisme de la faune du sol. Ces diverses interactions font que la fluctuation saisonnière est très instable.

I.1.2 Composante organique

Elle comprend l'ensemble de la matière organique d'origine animale ou végétale retrouvée dans le sol (Badiane, 2008). Cette matière complexe est le plus souvent classée en une composante organique inerte et une composante organique vivante.

La composante organique inerte définit les différents stades de la décomposition de la matière organique du sol (MOS). Cette matière est assimilée à la litière et étalée en une importante couche. A son tour, la litière est soumise à l'action des organismes vivants qui la dégradent en une matière partiellement dégradée dite matière organique fraîche. Cette dernière, suite à la série de dégradations, donne de la matière humique encore appelée humus. Ces deux entités constituent l'humus au sens large produit lors du phénomène d'humification (Badiane, 2008).

La composante organique vivante évoque la vie du sol qui est plus connue sous l'appellation biomasse du sol. Tout comme la composante organique inerte du sol, elle est également d'origine animale ou végétale. La composante organique vivante regroupe la biomasse microbienne, la biomasse végétale et la biomasse animale.

Dans les horizons riches en matière organique, la quantité d'unités bactériennes par gramme de sol est comprise entre 10^7 et 10^{10} (Davet, 1996). Ainsi, la quantité de biomasse fraîche est estimée entre 2,5 t à 10 t/ha de sol (Davet, 1996). Les bactéries jouent un rôle important dans la solubilisation et la précipitation des minéraux. Les champignons, jadis classés dans le règne végétal, forment aujourd'hui un règne nouveau très diversifiés.

Ils sont des hétérotrophes à hyphes ramifiés avec une biomasse plus importante que celle des bactéries allant de 1 t à 10 t/ha de sol (Davet, 1996). Dans le sol, la longueur des hyphes occupe une proportion importante comprise entre 100 et 1000 m/g de sol (Davet, 1996). Les champignons participent dans le transport de l'eau. Les basidiomycètes fabriquent les composés humiques qui sont incorporés dans la matière organique. Les mycorhizes collectent les minéraux qu'ils retransmettent à la plante via leurs relations symbiotiques.

I.2 Notion de fertilité du sol

Le mot fertilité d'usage quotidien évoque la fécondité ou encore la richesse (Sébilotte, 1993). Elle est une composante essentielle dans la productivité biologique du sol selon sa réserve en élément nutritif et sa capacité à les restituer aux cultures¹. L'évaluation de la fertilité biologique d'un sol est toujours utile. L'usage des engrais chimiques permet de pallier son déficit suite à la surexploitation des terres.² La fertilisation est ainsi définie comme toutes pratiques agricoles visant à améliorer la capacité de production d'un sol (Liénard, 2012). Sébilotte (1993), associant une démarche agronomique à celle des sciences sociales, montre les multiples perceptions conceptuelles autour de la notion de fertilité du sol. Coulibaly (1993) ; Delville *et al.* (1998) indiquent une définition évolutive de la notion de fertilité avec le temps et renvoie à des perceptions différentes.

I.2.1 Technologies d'amélioration de la fertilité du sol

En Afrique subsaharienne, plusieurs technologies sont mises en œuvre pour améliorer la fertilité des sols dans le but d'augmenter les rendements des cultures (CILSS, 2012). Parmi ces technologies, on peut citer les amendements (fumier, compost,...), la fertilisation minérale (engrais minéraux, phosphatage de fond,...), les technologies agroforestières (RNA, cultures en couloirs, jachères,...).

I.2.1.1 Les amendements organiques

Les amendements sont définis comme des apports de substances appliquées au sol pour pallier une importante pénurie en nutriments (FAO, 1999). Ces nutriments qualifiés d'origine organique sont issus de la matière organique animale ou végétale. En ce sens, le fumier, le compost, les farines d'os de poisson, les eaux de vidange, le lisier et les copeaux de bois sont des sources d'amendements organiques. Les amendements organiques augmentent l'activité biologique et contribuent à maintenir l'humus du sol.

¹ <https://www.aquaportail.com/definition-5413-fertilite-du-sol.html>

² <https://www.aquaportail.com/definition-5413-fertilite-du-sol.html>

Le compostage est un processus de dégradation ou de décomposition naturel de la matière organique dans des conditions bien définies par les micro-organismes. Le produit dérivé de la dégradation et ou décomposition de cette matière première organique (résidus de culture, déchets animaux, restes alimentaires,...) est généralement appelé compost (FAO, 2005). Le compost est une source importante de matière organique. Il peut être appliqué au sol en tant que fertilisant. Il joue un rôle important dans la fertilité et la durabilité des productions agricoles. En plus d'être une source d'éléments nutritifs pour les cultures, il améliore les propriétés biologiques et physico-chimiques du sol (FAO, 2005). Le compost en anaérobie présente généralement des odeurs et de la phytotoxicité. Ces derniers résultent des substances telles que le méthane, les acides organiques et les sulfures d'hydrogène (FAO, 2005). Le compost en aérobie donne du dioxyde de carbone, de l'eau, de l'ammoniac et de l'humus. La matière brute est réunie en un tas pour porter les températures internes entre 70 et 80°C lors des premiers jours. Cette chaleur tue les agents pathogènes et les graines d'adventices et améliore la qualité du compost (FAO, 2005). A cette période dite active, suit la période dite de maturation qui s'annonce avec la diminution de la température du compost (FAO, 2005). Au Sénégal, tout récemment une nouvelle technique dite compostage JACADUR, dont la matière organique est directement dégradée et décomposée sur les planches maraichères afin de minimiser les pertes d'éléments nutritifs, d'amoindrir les coûts et la pénibilité du travail mais aussi l'instauration d'un microclimat optimal, est expérimentée par l'Institut Sénégalais de Recherches Agricoles au Centre National de Recherches Forestières (Diakhaté, 2017).

I.2.1.2 Les technologies agroforestières

L'agroforesterie, dans son implication dans la conservation du sol par une gestion rationnelle, développe depuis plusieurs décennies des technologies dites agroforestières. Une panoplie de technologies qui entre dans la restauration de la fertilité des sols avec le maintien de l'arbre dans les systèmes de production tout en optimisant les productions (ligneux et cultures). Parmi elles, nous pouvons citer d'abord la régénération naturelle assistée (RNA) qui consiste à repérer, protéger et aider les jeunes pousses à se développer (semis, rejets de souches, drageons, etc.) (CILSS, 2012). Ensuite, les cultures intercalaires avec les ligneux ou cultures en couloir qui consistent à mettre des cultures dans les couloirs ou allées, formés par deux bandes ou rangées ligneuses (CILSS, 2012). Enfin, l'agriculture de conservation, qui est un paquet technologique, combine les effets positifs de la couverture végétale du sol, les rotations, les associations culturales et le travail minimum du sol (CILSS, 2012).

I.3 Généralités sur les Bois Raméaux Fragmentés (BRF)

I.3.1 Définition

Le BRF désigne les rameaux, petites branches et feuilles vivantes dont le diamètre ne dépasse pas 7 cm, obtenus par fragmentation (Lemieux, 1986). Il est aussi défini comme étant un amendement à base de branches broyées à l'état frais à caractère raméal souvent matérialisé par un diamètre inférieur à 7 cm en-dessous duquel les concentrations en éléments nutritifs sont relativement importants comparé au bois caulinaire (Noël *et al.*, 2008). Ce caractère juvénile lui confère une teneur élevée en nutriment, faible en produits phénoliques et riche en lignine (Larochelle, 1994).

I.3.2 Historique des BRF

Dans les années 1970 au Canada, les travaux d'entretien des lignes électriques d'Hydro-Québec occasionnent la taille des arbres d'alignement produisant ainsi plusieurs tonnes d'émondes (Lemieux, 1990). Une importante quantité considérée comme un déchet, une nuisance qui suscite des interrogations sur sa réutilisation (Lemieux, 1990). A cette époque, la régénération des sols restait une priorité afin de répondre aux questions sur la productivité des exploitations agricoles, Guay *et al.* (1987) imaginent une stratégie d'utilisation de cette masse de matière organique basée sur leur fragmentation (Lemieux et Lapointe, 1990). Au fil du temps, ce concept né au Canada s'ouvre au reste du monde. En Europe, la région Wallone fait des BRF une priorité capitale et y développe une expertise à partir de 2002. En Ukraine, Chervonyj (1999) s'interroge sur l'activité biologique des sols amendés avec les BRF de diverses essences : *Tilia cordata*, *Tilia europaea*, *Tilia platyphyllos*, *Robinia pseudoacacia*, *Populus tremula*, *Betula verrucosa*, *Quercus robur*, *Acer platanoides*, *Acer negundo*, *Acer saccharinum*, *Aesculus hippocastanum*, *Pinus silvestris*. A Madagascar, le Comité Jean Pain Madagascar (CJPM) développe un concept³ global basé sur les BRF de branchages de broussailles, de résidus de la foresterie ou d'aménagement planté dans la région de Fianarantsoa.

I.3.3 Principe d'incorporation et de dégradation des BRF

L'épandage direct par incorporation reste la technique qui présente le plus d'avantage dans l'apport de carbone dans le sol et l'activation de la vie du sol (Noël *et al.*, 2008). Après la collecte, il est recommandé d'incorporer directement les BRF frais ou pré-compostés dans les 10 premiers cm du sol en évitant de les tasser en un lieu. Il est important de respecter l'épandage en une petite couche. Le labour des sols déjà amendés doit être arrêté afin d'éviter les pertes d'éléments nutritifs par retournement en profondeur ou remonté en surface.

³ La fabrication locale de broyeurs, création d'entreprises de broyage produisant du BRF (banque de biomasse)

Les champignons colonisent les BRF en premier et initient immédiatement la dégradation des parties fragiles (Noël, 2005). Cette bio-stimulation s'élargit au cercle des actinomycètes et des bactéries. Elle persiste ensuite durant les années qui suivent l'incorporation avec des proportions de 538% pour les champignons, 219% pour les actinomycètes et 173% pour la flore bactérienne (Noël *et al.*, 2008). Ensuite, la pédofaune assure le reste du travail. Chervonyj (1999) et Larochelle (1994) constatent l'augmentation des micromycètes et des macromycètes, de la mésofaune et d'autres microorganismes dans les parcelles traitées. Ils montrent des différences significatives sur la stimulation de la pédofaune dès la première année d'application. Une différence entre les sols traités et leur témoin en fonction de l'essence et de la taille des fragments. En dehors de la matière organique et de l'activité biologique du sol, les éléments essentiels à la nutrition des plantes sont étudiés.

I.3.4 Synthèse de quelques études menées sur les BRF

L'application des BRF, en zone tempérée et pour la première année sur des sols à textures légères, provoque l'immobilisation de l'azote et du phosphore par la microflore (Beauchemin *et al.*, 1992); (Larochelle, 1994); (Mutonkole, 2013). Sous sols sableux, l'utilisation des BRF se traduit par des effets positifs sur le rendement des cultures (Ndayegamiye et Dubé, 1986). Après neuf années et des traitements appliqués toutes les deux années, Ndayegamiye et Anger (1993) montrent que les BRF, de résidus de bois dur (85%) et d'émondes de conifères (15%), apportent du carbone au sol. Une augmentation estimée à 37% par rapport au témoin dont la teneur n'était que de 4,5%. L'application des BRF en Wallonie est suivie dès les premiers mois d'une forte immobilisation de l'azote (Noël, 2005). Cette immobilisation de l'azote est confirmée par Ndayegamiye et Dubé (1986). En zone tropicale, l'application des BRF en mulch sur sols moins sableux ou sableux aboutit à des effets positifs sur les rendements (Mutonkole, 2013). Ces rendements sont évalués à des hausses de 1000% sur la tomate au Sénégal et 400% sur le maïs en Côte d'Ivoire (Stevanovic, 2006). Les BRF ont peu d'effet sur l'azote et le phosphore assimilable à l'opposé du pH et de la CEC qui tendent à être plus élevés après apport ligneux de même qu'après apport herbacée (Soumaré *et al.*, 2002). Seck et Lô (1997) ont montré l'augmentation des rendements de la tomate et de l'aubergine suite à l'enfouissement de BRF de *Casuarina equisetifolia*.

Au Sénégal les études menées sur les BRF ont été principalement effectuées sous serre et en station. Elles ont été axées sur la fertilité des sols et la productivité des cultures. Ba *et al.* (2014), sous serre, ont étudié les caractéristiques des bois raméaux fragmentés (BRF) de *G. senegalensis* et de *P. reticulatum* sur les propriétés chimiques et biologiques des sols ferrugineux tropicaux du Bassin arachidier.

Les traitements issus de la combinaison type de BRF (*G. senegalensis* et *P. reticulatum*), appliqués à deux doses (0,7 g /70 g de sol et 1,4 g /70 g de sol) incubés à 28°C pendant 9 semaines, sont une bonne source de matière organique. L'étude montre un pH neutre avec une hausse du carbone (total, soluble et microbien) et l'immobilisation de l'azote avec les BRF de *P. reticulatum*. En station, Ba *et al.* (2014) ont montré également l'influence des BRF de *G. senegalensis* et de *P. reticulatum*, appliqués aux doses de 4 et 6 t/ha combiné ou non à de l'urée (75 kg/ha) sur la productivité du mil (*P. glaucum*). L'étude montre que, utilisés seul à doses croissantes, les BRF de *G. senegalensis* ont un effet stimulant contrairement au BRF de *P. reticulatum* qui sont dépressifs. Le diamètre au collet, la hauteur, le nombre de feuilles et d'épis des plants de mil n'ont montré aucune différence significative par rapport au témoin contrairement au nombre de talles et la biomasse aérienne et racinaire. Dans la zone des Niayes, Soumaré *et al.* (2002) ont mené des études sur la tomate et la fertilité du sol par apport de bois raméaux fragmentés et de litières compostées de *C. equisetifolia* appliqué à 10, 20 et 40 t/ha. A la première année d'application, il note un effet dépressif des BRF sur la croissance et le rendement de la tomate avec l'immobilisation de l'azote. Les résultats montrent une meilleure croissance et de meilleurs rendements en deuxième année suite à l'application des BRF. Le compostage de la litière améliore la croissance et le rendement de la tomate en augmentant les niveaux des teneurs en azote, phosphore et potassium dans le sol.

Chapitre II: MATERIEL ET METHODES

II.1 Présentation de la zone d'étude

Le Bassin arachidier (Fig.1), une des six (6) zones écogéographiques du Sénégal, est situé entre 13°60'/16°15' de latitude Nord et 14°15'/17°15' de longitude Ouest. Il englobe les régions de Kaolack, Fatick, Kaffrine, Diourbel et est à cheval entre les régions de Thiès et de Louga (Faye, 2010). Il couvre près de 30 000 km² soit près de 15,25% de la superficie nationale et est majoritairement rurale (Robbiati *et al.*, 2013).

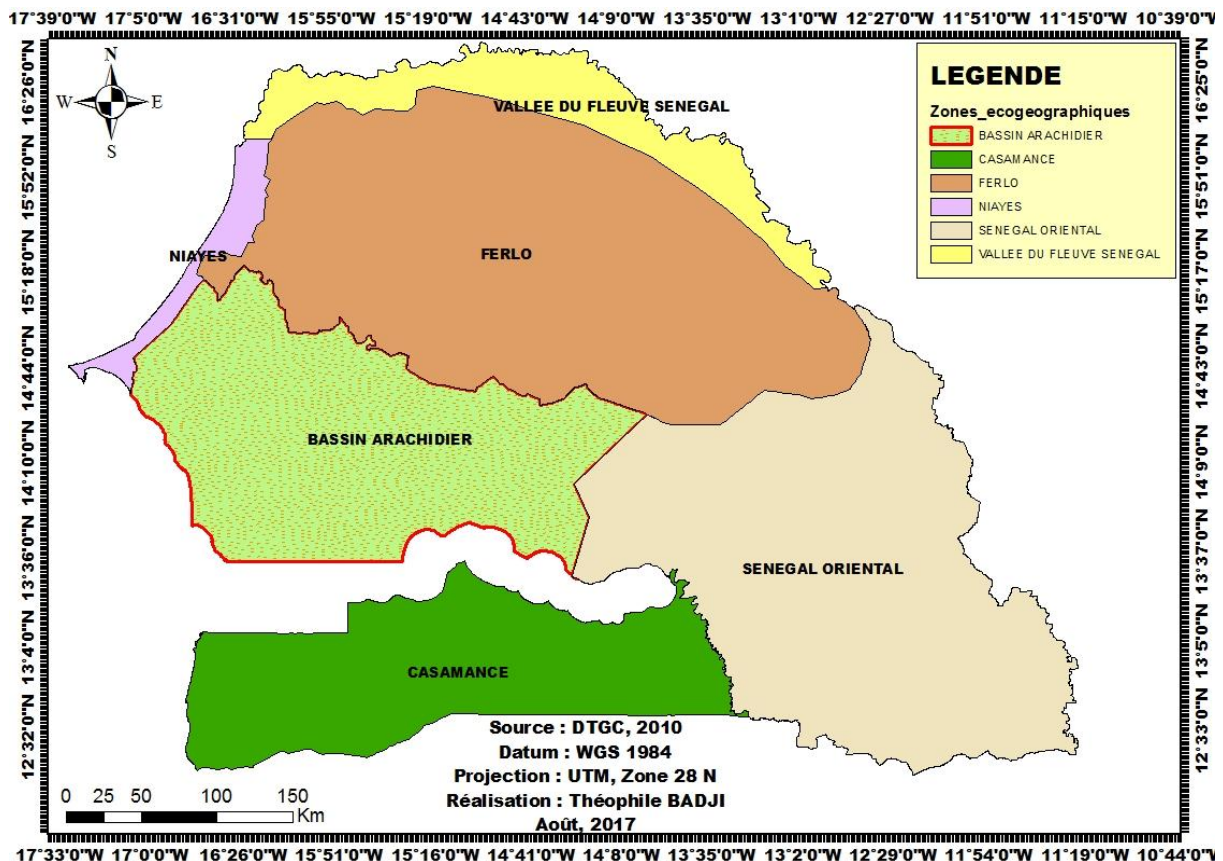


Figure 1 : la zone écogéographique du Bassin arachidier Sénégalais

En 2013 le Sénégal comptait 13 508 715 habitants et la population de la zone écogéographique du Bassin arachidier avoisinait 6 214 008 habitants du total national soit 2 917 917 habitants au Nord contre 3 242 091 habitants au Sud (ANSD, 2016). L'agriculture pluviale, avec 70% des superficies emblavées, est la principale activité de la communauté Sénégalaise avec près de 755 532 ménages concernés (Fall, 2014). Elle reste dominée par les cultures céréalières (mil, maïs, sorgho) et de rente (arachide) dans le Bassin arachidier.

Cette étude a été menée dans le terroir villageois de Keur Serigne Madieng⁴. Le terroir villageois de Keur Serigne Madieng est situé dans le Sud de la Commune de Ndiago, de l'Arrondissement de Mbadakhouné, du Département de Guinguinéo et de la Région de Kaolack. Il est localisé entre 14°15' et 14°16' de latitude Nord et 15°54' et 15°55' de longitude Ouest (Fig.2).

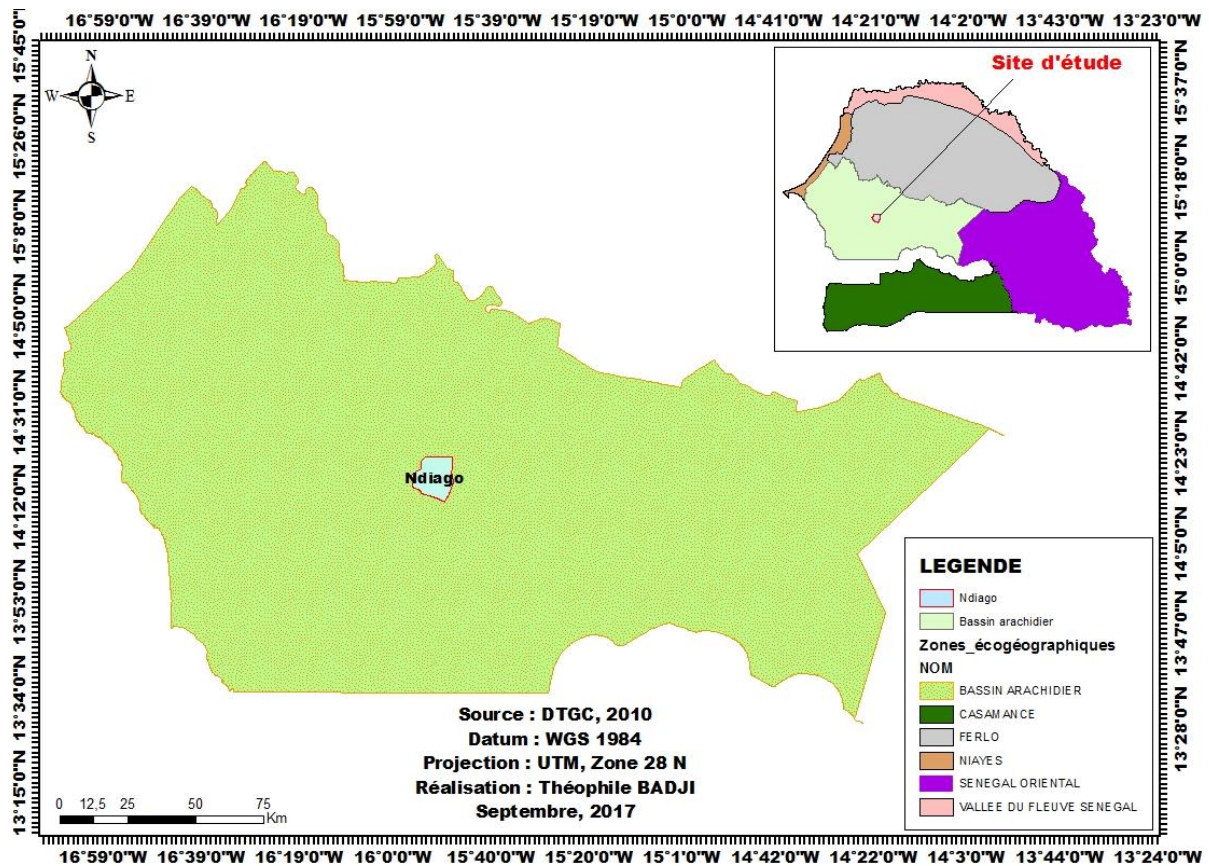


Figure 2 : situation géographique du village de Keur Serigne Madieng

Situé dans la zone soudano-sahélienne, le village de Keur Serigne Madieng est caractérisé par un climat chaud et sec. Les moyennes thermiques mensuelles fluctuent entre 17,3 et 40,4°C. L'insolation moyenne mensuelle est de 8,3 heures. Ce domaine est tributaire de l'alternance entre une longue saison sèche allant de novembre à juin et une saison humide pluvieuse de Juin à octobre avec une pluviométrie moyenne annuelle de 619 mm sur la série de 1986 à 2016 de la région de Kaolack. L'humidité moyenne mensuelle minimale et maximale est respectivement estimée à 37% et 79% pour une évapotranspiration moyenne mensuelle de 5,2 mm. Deux types de vents y soufflent : l'alizé continental ou harmattan (chaud et sec) de février à juin et la mousson, humide et provenant du sud, apporte la pluie.

⁴Keur Serigne Madieng a été créé vers 1900 par Madieng sous «ndigeul» de Serigne Massamba MBACKE (petit frère de Serigne Touba).

La pluviométrie de 1986 à 2016, montre 13 années excédentaires et 16 années déficitaires avec une moyenne annuelle de 619 mm. Elle annonce un retour à la normale à partir de l'année 1999. La période de 1986 à 1998 est marquée par une pluviométrie moyenne annuelle de 542 mm soit une baisse de 12,43%. Le retour à la normale sur la période de 1999 à 2016 est marqué par une pluviométrie moyenne annuelle de 675 mm soit une hausse de 9,04%. (Fig.3).

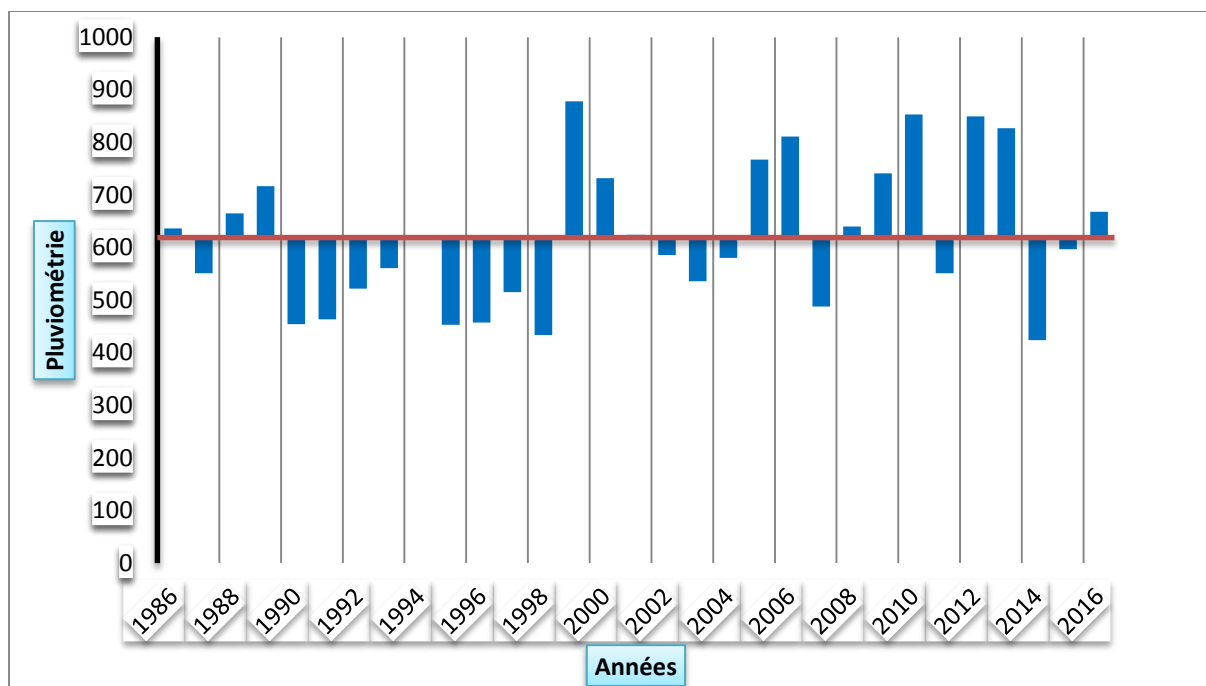


Figure 3 : pluviométrie annuelle de la région de Kaolack de 1986 à 2016

La pluviométrie de 2016 du village de Keur Serigne Madieng est évaluée à 715 mm. En effet comparé à la pluviométrie moyenne annuelle des trente dernières années, elle connaît une hausse de 15,50%. La pluviométrie moyenne mensuelle des 30 dernières années montre aussi que les mois de juillet (116 mm), août (236 mm) et septembre (180 mm) sont les plus pluvieux. La pluviométrie mensuelle de 2016, comparé à la pluviométrie moyenne mensuelle des 30 dernières années, enregistre une hausse de 218,10% pour le mois de juillet et des baisses respectives de 26,27% et 8,33% pour les mois d'août et de septembre (Tableau 1).

Tableau 1 : les mois les plus pluvieux à Keur Serigne Madieng

Pluviométrie (mm)	Juillet	Août	Septembre	Cumul annuel
Cumul mensuel de 2016	369	174	165	715
Moyenne mensuelle de 1986 à 2016	116	236	180	621

Les ressources en eau à Keur Serigne Madieng sont tributaires de deux sources : le réseau hydrographique et le réseau hydrologique. Le réseau hydrographique est composé essentiellement de bas fonds qui forment une longue ceinture autour du village. Il est formé d'une chaîne de mares et de marigots reconnaissables par sa végétation densément peuplée. Cette chaîne constitue une aire de parcours d'importance capitale pour l'accueil du bétail pendant la saison des pluies. Le réseau hydrologique trouve sa valeur réelle entre deux nappes. La nappe phréatique peu profonde atteint 20 à 30 m voire 70 à 75 m par zone. La nappe maëstrichtienne est la source d'alimentation du forage et atteint jusqu'à 150 à 200 m de profondeur (PLD-NDIAGO, 2010).

Keur Serigne Madieng offre une diversité végétale que l'on peut classer en trois strates suivant le port et la hauteur des individus. Les herbacées très diversifiées, constituent un énorme potentiel fourrager pour le bétail avec les espèces telles que *Alysicarpus ovalifolius*, *Eragrostis tremula*, *Commelina forskalei*, *Mitracarpus villosus*, *Aristida mitabilis*, *Cenchrus biflorus*,... (PLD-NDIAGO, 2010). Les arbustes sont largement représentés par les espèces telles que *G. senegalensis*, *P. reticulatum* et *C. glutinosum* qui sont des espèces très prisées par les animaux. Les arbustes contribuent de manière non négligeable à la stabilité des sols et à leur reconstruction (PLD-NDIAGO, 2010). Au niveau des arbres, il y a une relative diversité qui va des peuplements vieux de *Cordyla pinnata* et d'*Adansonia digitata*, aux peuplements de *Faidherbia albida*, *Balanites aegyptiaca*, *Anogeissus leiocarpus*, *Tamarindus indica*, *Borassus aethiopicum* (PLD-NDIAGO, 2010). Leurs bois sont utilisés à des fins de construction (cases) et de chauffage. Ils constituent des sources de revenus importantes pour les populations. La population, est constituée de wolofs, sérères et peulhs. L'agriculture pluviale, l'élevage, l'artisanat et le commerce sont les principales activités professionnelles (PLD-NDIAGO, 2010).

Aucune différence significative n'a été notée au début de l'expérience sur les divers paramètres physico-chimiques du sol (Tableau 2). L'analyse du tableau montre que les sables sont majoritaires avec des teneurs comprises entre 95,3 et 96,1%. Ces sols sont moyennement acides avec un pH compris entre 5,9 et 6,1 qui est tolérable par le mil (Siband, 1981). Les résultats montrent également que les sols sont pauvres en carbone (0,23% et 0,27%), en azote (0,02% et 0,03%) en phosphore assimilable (2,1 ppm et 3,1 ppm) et total (0,9 ppm et 1,3 ppm). Les teneurs en éléments essentiels sont en dessous de leur seuil minimal (0,2 à 0,3% pour le phosphore et 17 g/kg pour l'azote). Ces sols donnent un rapport carbone/azote égale à 11,9 qui est légèrement supérieur à 10. Ce rapport carbone azote (C/N), compris entre 10 et 15, conduit à une importante capacité de minéralisation nette avec un maximum de décomposition de la matière organique.

La matière organique y est pauvrement présente avec une teneur moyenne de 0,4% légèrement en dessous du seuil de l'ORSTOM (0,3%) et très loin derrière le seuil limite critique théorique (1,5%) au-dessous de laquelle la fertilité diminue rapidement (Doucet, 2006). Il ressort également du tableau que les sols sont pauvres en bases échangeables avec le calcium (0,3 et 0,7 méq/100g), le magnésium (0,3 et 0,4 méq/100g), le potassium (0,1 et 0,3 méq/100g) et enfin le sodium (0,1 à 0,2 méq/100g). La situation de référence du sol ressort un bas niveau de fertilité et atteste des caractéristiques des sols ferrugineux tropicaux lessivés communément appelés sols *Dior* dans le Bassin arachidier qui occupent 20% des sols du Sénégal (Diack, 1998 ; Khouma, 2002).

Tableau 2: caractéristiques physico-chimiques des sols de Keur Serigne Madieng

Traitements	Granulométrie (%)			Eléments essentiels					Bases échangeables (méq/100 g)					pH eau
	Argiles	Limons	Sables	N(%)	C(%)	C/N	P.ass (ppm)	P.tot (ppm)	MO (%)	Ca	Mg	K	Na	
PP	2,6 ±0,90 a	1,6 ±0,78 a	95,7 ±1,14 a	0,02 ±0,01 a	0,25 ±0,04 a	11,3 ±2,86 a	2,6 ±0,79 a	1,2 ±0,35 a	0,4 ±0,06 a	0,4 ±0,04 a	0,4 ±0,01 a	0,3 ±0,35 a	0,02 ±0,01 a	6,1 ±0,32 a
Pr-cpt-3	2,1 ±0,45 a	2,1 ±0,45 a	95,7 ±0,34 a	0,02 ±0,01 a	0,27 ±0,04 a	11,1 ±0,97 a	2,8 ±0,42 a	1,2 ±0,10 a	0,4 ±0,08 a	0,4 ±0,03 a	0,4 ±0,01 a	0,2 ±0,18 a	0,02 ±0,00 a	6,01 ±0,19 a
Pr-cpt-6	2,3 ±0,50 a	1,6 ±0,31 a	96,1 ±0,55 a	0,02 ±0,00 a	0,23 ±0,04 a	12,9 ±0,81 a	2,1 ±1,72 a	0,9 ±0,75 a	0,4 ±0,07 a	0,3 ±0,11 a	0,3 ±0,01 a	0,2 ±0,17 a	0,02 ±0,01 a	6,07 ±0,13 a
Pr-fr-3	2,4 ±0,78 a	2,3 ±0,20 a	95,3 ±0,64 a	0,03 ±0,00 a	0,26 ±0,01 a	10,3 ±1,68 a	3,1 ±0,92 a	1,3 ±0,40 a	0,4 ±0,01 a	0,4 ±0,16 a	0,4 ±0,01 a	0,2 ±0,22 a	0,02 ±0,01 a	6,1 ±0,12 a
Pr-fr-6	2,0 ±0,20 a	2,0 ±0,44 a	95,9 ±0,44 a	0,02 ±0,00 a	0,26 ±0,02 a	10,5 ±1,54 a	2,8 ±0,42 a	1,2 ±0,18 a	0,4 ±0,03 a	0,7 ±0,24 a	0,3 ±0,00 a	0,1 ±0,18 a	0,01 ±0,01 a	5,9 ±0,11 a
TE	2,5 ±0,72 a	2,0 ±0,33 a	95,5 ±0,58 a	0,02 ±0,00 a	0,24 ±0,02 a	11,9 ±1,55 a	2,7 ±0,07 a	1,2 ±0,03 a	0,4 ±0,04v	0,4 ±0,15 a	0,4 ±0,01 a	0,2 ±0,16 a	0,02 ±0,01 a	6,1 ±0,25 a

méq = milli équivalent ; ppm = partie par million

Pour chaque colonne, les valeurs suivies par la ou les même (s) lettre (s) ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% selon le test de structuration autour de la moyenne de Tuckey.

* différence significative ** différence hautement significative *** différence très hautement significative

II.2 Matière végétale et matériel technique

La matière végétale est constituée de fragments de bois raméaux fragmentés (frais et pré-compostés) de *Piliostigma reticulatum* (DC) Hochst et du mil (*Pennisetum glaucum* L.). Le matériel technique est essentiellement destiné aux travaux de terrains.

II.2.1 *Piliostigma reticulatum* (DC) Hochst

Arbuste ou arbrisseau de la famille des Fabaceae et de la sous famille des Caesalpinoideae, *P. reticulatum* ou *ngui-guiss* (nom vernaculaire) peut atteindre 8 à 10 m de hauteur formant ainsi un arbre avec une cime arrondie et touffue (Arbonnier, 2000). Ses feuilles sont simples, alternes, distiques et persistantes de couleur gris vert, glabres et coriaces (Photo 1).



Photo 1 : jeune pied de *P. reticulatum*

Les feuilles sont longues de 6 à 12 cm sur 4 à 8 cm de large, elles comprennent deux lobes obtus tronqués à la base avec neuf nervures principales palmées (Von Maydell, 1983). L'inflorescence est une panicule axillaire ou terminale de 5 à 15 cm de long, courte, pubescente ou pelliculée avec des fleurs dioïques en racèmes tomenteux, axillaires de 4 à 5 cm et une corolle de 2,5 cm (Photo 2).

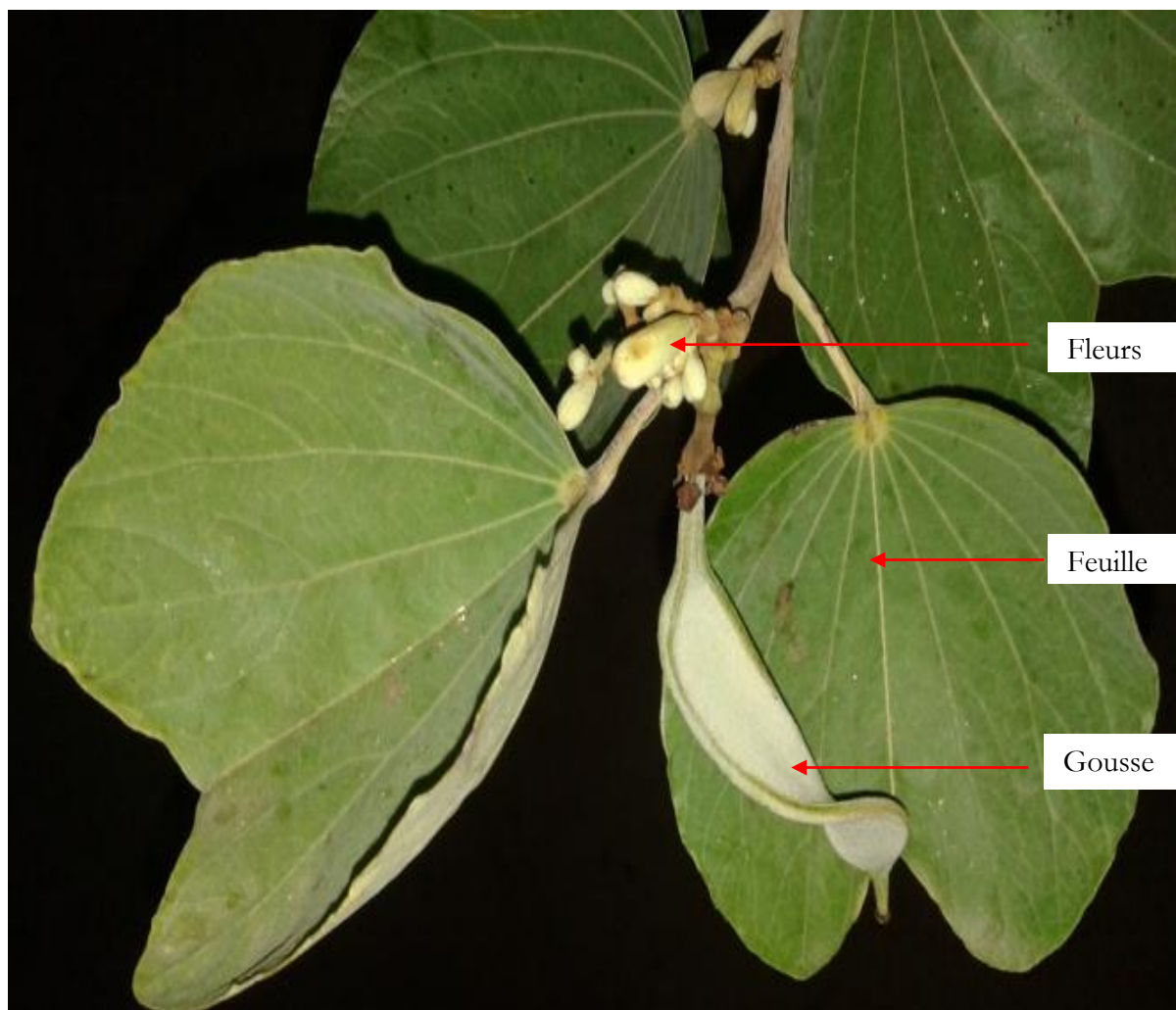


Photo 2 : feuilles, fleurs et gousse de *P. reticulatum*

P. reticulatum est une espèce commune, localement abondante et grégaire. Elle s'étend de l'Ouest du Sénégal jusqu'en Afrique Centrale, et est retrouvée en Afrique Orientale jusqu'à 2000 m d'altitude (Sanou, 2005). Elle est sahélienne et sahélo-soudanienne caractérisant les parties septentrionales plus sèches de la région soudanienne. C'est une espèce pionnière des jachères, présente dans les formations naturelles. Son usage est multiple et peut être d'ordre alimentaire (préparation du tô), médicinal (utilisé dans la pharmacopée traditionnelle contre le rhume, les diarrhées, l'ulcère), agronomique (rameaux feuillés utilisées lors du compostage, RNA, indicateur des sols fertiles) et fourrager (gousses appréciées par le bétail).

II.2.2 *Pennisetum glaucum* L.

Le mil (*P. glaucum*) est une céréale du genre *Pennisetum*, de la famille des *Poaceae* et de la sous famille des *Panicoideae* rassemblant plusieurs variétés. La variété souna 3 est obtenue depuis 1969 à partir de la recombinaison de 8 lignées de populations par l'IRAT (ISRA-ITA-CIRAD, 2005). Sa tige peut atteindre 242 cm et la durée de son cycle à 50% de floraison est de 56 jours. Sa chandelle, de forme conique mesure jusqu'à 52 cm (Photo 3).



Photo 3 : plants de *P. glaucum* en montaison

Les graines sont de couleur jaune olive. Le poids moyen de 1000 grains est de 7,6 g. Culture pluviale à cycle court (85 et 95 jours), il est principalement cultivé dans la zone écogéographique du Bassin arachidier. Le rendement à l'hectare est estimé entre 2,4 et 3,5 t soit 63% au battage (ISRA-ITA-CIRAD, 2005) (Photo 4).



Photo 4 : pieds de mil

II.2.3 Matériel technique

Le matériel technique est destiné aux travaux de terrain allant de la collecte, fragmentation et pré-compostage des rameaux jusqu'à la récolte des données. Le tableau 3 résume le matériel utilisé tout au long de l'expérimentation.

Tableau 3 : matériel technique, usage et stade d'utilisation

Matériels	Usages	Stade d'utilisation
Coupe-coupe	Collecte et fragmentation	Collecte et fragmentation des rameaux en BRF
Fosses compostières	Pré-compostage du BRF	Pré-compostage des BRF
Bouteilles à eau	Arrosage du pré-compost	
Bâche	Recouvrir les fosses	
Fourches	Retournement du pré-compost	
Corde		Mise en place du dispositif
Piquets	Délimitation des blocs et des UE	
Ruban mètre		
Marteaux	Fixation des piquets	
Files barbelés et bornes	Clôture des parcelles	
Pelles	Incorporation des BRF	
Râteaux	Nivellement du sol	Suivis des parcelles
Hilaire	Labour, démariage et désherbage	
Sécateurs	Récolte des plants de mil	Récolte et séchage du mil
Scotch	Identification des plants	
Marqueurs	Numérotation des plants	
Etuve	Séchage du mil	
Paire de ciseaux	Echantillonnage des herbacées	Herbier
Marqueurs	Numérotation des échantillons	
Papier journal	Conservation et séchage des échantillons d'herbacées	
Sachet imperméable	Echantillonnage sol	Echantillonnage sol
Marqueurs	Numérotation des échantillons de sol	
Ruban mètre	Mesure longueur des plants et la hauteur des épis de mil	Evaluation des paramètres agronomiques du mil
Pied à coulisse	Mesure diamètre au collet des plants et diamètre à la base des épis	
Numigral	Décomptage automatique 1000 grains	
Balances à précision	Pesage biomasse, épis et grains de mil	

II.3 Méthodes

II.3.1 Collecte, fragmentation et pré-compostage des rameaux de *P. reticulatum*

Les rejets de souches de *P. reticulatum* présents dans les champs de culture et habituellement défrichés et brûlés, ont été coupés (Photo 5) puis fragmentés manuellement à l'aide de coupe-coupe. Le diamètre basal des rejets est compris entre 2,25 mm et 32,44 mm. La longueur des fragments obtenus n'est pas précisé mais notons seulement qu'ils sont longs de quelques centimètres afin de ne pas entraver le travail du sol.



Photo 5 : collecte des rameaux

Le pré-compostage des BRF a été fait dans des fosses compostières jumelles formées de trois caissons de 4 m³ de volume chacun. Il s'est fait systématiquement après la collecte et la fragmentation des rameaux. Une couche de 5 cm d'épaisseur composée de tiges de mil non coupés (12,5 kg) est étalée au fond de la fosse afin de faciliter la circulation de l'eau. Les BRF de *P. reticulatum* sont ensuite étalés pour former une seconde couche de 30 cm d'épaisseur soit environ 175 kg (Photo 6). Une troisième couche de 10 cm constituée de 130 kg de fumier (bouses de vache) est superposée à la seconde couche (Photo 7). Enfin une couche de 5 cm de cendre (environs 10 kg) est appliquée. L'ensemble est arrosé avec 110 litres d'eau (Photo 8). La stratification des diverses couches et l'arrosage sont répétés trois fois excepté le paillage avant que la fosse ne soit recouverte d'une dernière couche de tige de mil entière et d'une bâche afin d'accélérer le processus de décomposition et minimiser les pertes d'eau par évaporation.



Photo 6 : étalage de la couche de BRF



Photo 7 : étalage de la couche de fumier

Un retournement, consistant à déverser le contenu de chaque fosse sur celle contigüe, est effectué tous les quinze (15) jours (Photo 9). Il est suivi d'un arrosage des différentes couches entre 150 et 300 litres en moyenne respectivement pour la première et les deuxième et troisième couches pendant deux (2) mois.



Photo 8 : arrosage du pré-compost



Photo 9 : retournement du pré-compost

La composition chimique et biochimique des BRF frais et pré-compostés a été analysée aux Laboratoires Sol, Eaux, Plantes du Centre National de Recherches Agronomiques (CNRA) de Bambey et Alimentation-Nutrition du Laboratoire National d'Elevage et de Recherche Vétérinaire (LNERV) de Dakar.

II.3.2 Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental est un bloc factoriel fractionnaire disposé suivant les quatre points cardinaux par rapport au village (Fig.4). Ainsi, quatre blocs ont été mis en place dans les champs de village des producteurs partenaires :

- la parcelle TE_DEMBA à l'Est, (Demba FAYE),
- la parcelle TO_GUEYE à l'Ouest (Modou GUEYE),

- la parcelle TN_GUEYE au Nord (Modou GUEYE), et
- la parcelle TS_CISSE au Sud (Niss CISSE).

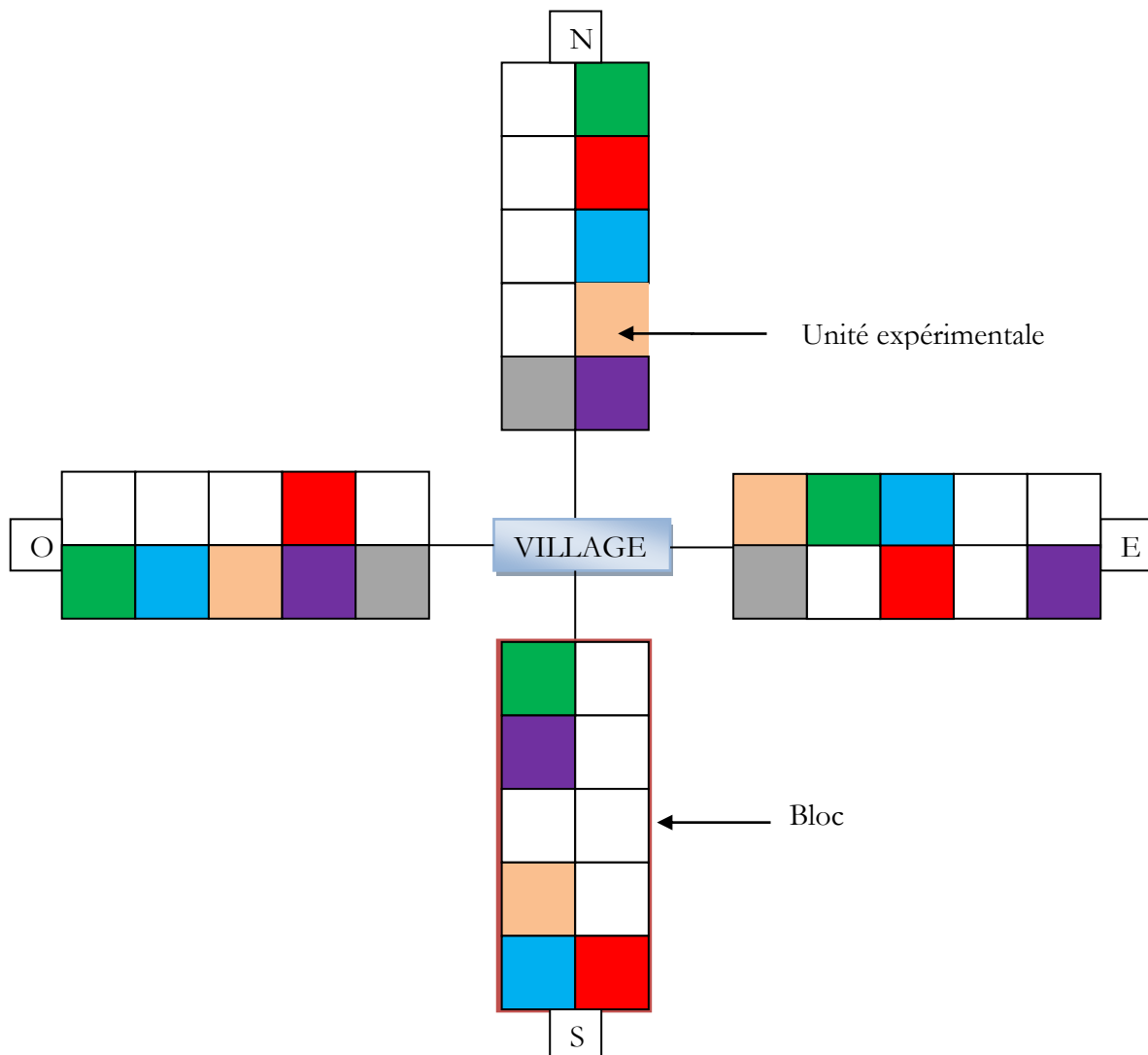
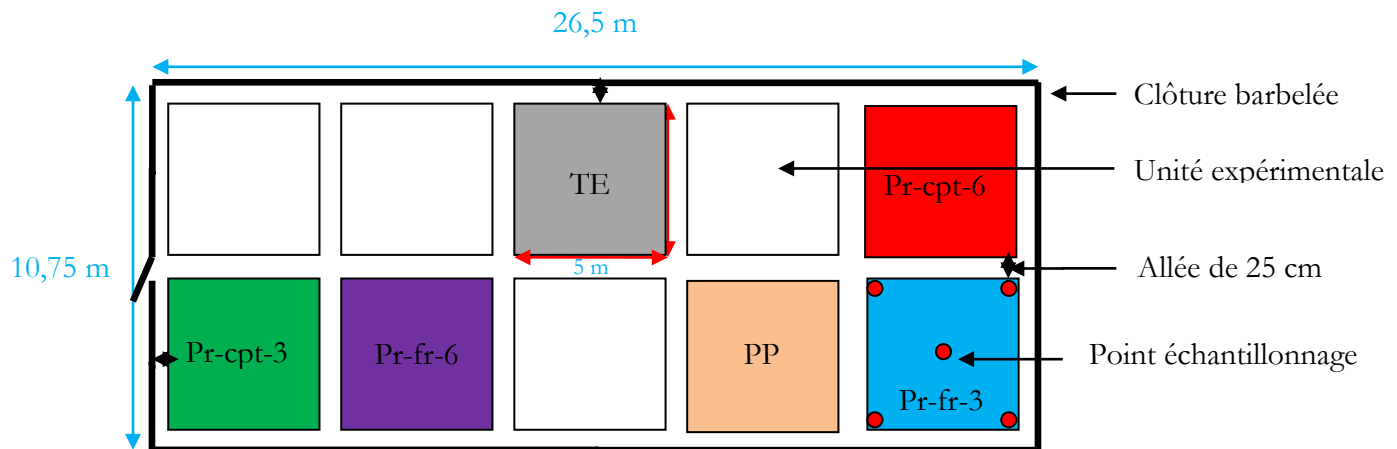


Figure 4 : plan de masse du dispositif expérimental

Les quatre blocs constituent les répétitions et pour chaque traitement, les valeurs présentées dans les résultats représentent la moyenne des quatre blocs. Dans chaque parcelle (bloc de 284,875 m²), six traitements (unités expérimentales de 25 m²) ont été appliqués (Fig.5) :

- Témoin absolu (semis à sec, sans apport des BRF ni engrais minéraux)
- Pratique paysanne (semis à sec, apport d'engrais NPK 15-10-10 à raison de 150 kg/ha)
- BRF frais à 3 t/ha (récolte, fragmentation des rameaux à l'état frais)
- BRF frais à 6 t/ha (récolte, fragmentation des rameaux à l'état frais)
- BRF pré-compostés à 3 t/ha (récolte, fragmentation, pré-compostage des rameaux)
- BRF pré-compostés à 6 t/ha (récolte, fragmentation, pré-compostage des rameaux)

Le choix des doses est déduite d'études effectuées au Centre National de Recherches Forestières (CNRF) et qui ont montré que les BRF peuvent être apportés à la dose de 3 et 6 t/ha.



TE = Témoin absolu ; **PP** = Pratique paysanne ; **Pr-fr-3** = BRF frais à 3 t/ha ; **Pr-fr-6** = BRF frais à 6 t/ha ;
Pr-cpt-3 = BRF pré-compostés à 3 t/ha ; **Pr-cpt-6** = BRF pré-compostés à 6 t/ha

Figure 5: unités expérimentales d'un bloc

Le dispositif expérimental a été mis en place durant les préparatifs de l'hivernage 2016, précisément à la date du 2 juin, en respect de la pratique culturale paysanne de la zone. Des prélèvements de sol composites ont été effectués avant l'application des traitements suivant la méthode des diagonales pour un total de 24 échantillons afin de déterminer la référence physico-chimique. Les caractéristiques physico-chimiques de ces sols ont été déterminées au Laboratoire Sol, Eaux, Plantes du Centre National de Recherches Agronomiques de Bambey. Le carbone (méthode Walkley-Black de 1934), l'azote (Kjeldahl de 1883) et le phosphore (Olsen, 1982 modifié) ont été évalués par des méthodes standardisées. Les bases échangeables dont le calcium (Ca), le magnésium (Mg), le potassium (K) et le sodium (Na) ont été déterminées par spectromètre d'absorption atomique à flamme. La saturation (conductivité électrique du sol) a été déterminée à l'aide d'un conductimètre et le potentiel hydrogène ou pH du sol est lu au pH-mètre. La granulométrie du sol a été déterminée par la méthode de Robinson. Cette caractérisation avait pour but de connaître l'état de référence du sol.

Les BRF ont été appliqués en début de saison des pluies (20 juillet 2016) sur les unités expérimentales par épandage suivi d'un labour pour incorporer ces derniers dans le sol à des profondeurs compris entre 20 et 25 cm. Excepté celle devant recevoir la « pratique paysanne » et le « témoin » (semis à sec ou *farassou* en wolof), le semis du mil a été effectué dès la première pluie utile (supérieure à 20 mm) en date du 20 juillet 2016 selon la géométrie 90 cm x 90 cm. Après la germination, l'itinéraire technique de production du mil a été suivi jusqu'à la maturité des plants.

Il consistait en un premier désherbage à l'aide d'hilaire et le démariage du mil à cinq (5) plants à la date du 05 août 2016 et un second et dernier désherbage a été effectué toujours à l'aide d'hilaire à la date du 05 septembre 2016. La récolte du mil a été effectuée à la date du 28 novembre 2016 suite à l'arrêt de la pluviométrie.

II.4 Evaluation des paramètres morphométriques et de rendement

A la maturité les paramètres agronomiques du mil ont été évalués afin de ressortir l'effet sur le rendement du mil. La biomasse aérienne fraîche du mil a été récoltée puis séchée à l'étuve à 70°C jusqu'à poids constant obtenu au bout de trois jours. Les paramètres morphométriques telles que la hauteur des plants, la longueur des épis et des entre-nœuds ont été mesurés par un ruban mètre. Les diamètres au collet des plants et à la base des épis ont été mesurés avec un pied à coulisse. Le nombre de talles (fertiles et infertiles) et d'entre-nœuds ont été également évalués. La biomasse aérienne sèche a été déterminée pour chaque traitement. Le nombre d'épis fertiles et infertiles, les masses de chaque épi et des graines de chaque épi ont été évaluées pour déterminer le rendement en mil avant et après battage. La masse de 1000 grains (triées de manière automatique avec un Numigral) a été également déterminée à l'aide d'une balance de précision.

II.5 Etude des herbacées

Suite à la récolte du mil en date du 28 novembre 2016, le pourcentage de recouvrement total en herbacées a été d'abord estimé dans chaque traitement. Ensuite, un inventaire des herbacées a été fait puis le pourcentage de recouvrement spécifique estimé. La richesse spécifique a été déterminée. Les indices de Shannon-Wiener (**H**) et d'équitabilité de Piélou (**E**) ont été utilisés pour exprimer successivement la diversité et la répartition des espèces au sein des traitements (Grall et Coïc, 2005). Ces indices ont été calculés par les formules suivantes :

$$H = - \sum_{i=1}^S P_i \log P_i$$

$$E = H/\ln S$$

S = nombre total d'espèces;

P_i = le pourcentage de recouvrement spécifique par traitement

II.6 Traitement statistique des données

Les données ont été collectées sur un tableur Excel pour le traitement. Le logiciel Excel a été utilisé dans le traitement des données relatives au recouvrement des herbacées. Le logiciel R version 3.3.2 (64 bits) a été utilisé pour les analyses de variance (ANOVA) au seuil de 5% sur les variables morphométriques et de rendement du mil. Le logiciel XLSTAT a été utilisé pour les analyses en composante principale (ACP) pour évaluer les corrélations entre les traitements et ces paramètres et avec les herbacées.

Chapitre III: **RESULTATS ET DISCUSSION**

III.1 PRESENTATION DES RESULTATS

III.1.1 Effet du pré-compostage sur les caractéristiques biochimiques des BRF de *P. reticulatum*

Les teneurs en éléments pariétaux et en élément essentiels des BRF frais et pré-compostés sont consignées dans le tableau 4. Son analyse montre que le pré-compostage diminue considérablement les teneurs en cellulose et en hémicellulose avec une baisse respective de 41,08% et 66,66% ; et faiblement la teneur en lignine avec seulement 6,50% alors que la matière sèche a augmenté de 0,65%. Il ressort également de l'analyse du tableau 4 que le pré-compostage entraîne l'augmentation des teneurs en éléments chimiques de 100% pour le phosphore total et 15,78% pour l'azote total. Néanmoins, le pré-compostage diminue les teneurs en matière organique (21,06%), en carbone organique (26,85%) et du ratio C/N (30,21%).

Tableau 4 : teneurs en éléments pariétaux et éléments chimiques des BRF frais et pré-compostés de *P. reticulatum*.

Etat BRF	Eléments pariétaux (%)				Eléments chimiques (%)				
	Cel.	Hémicel.	Lig.	MS	MO	P t	C org.	N t	C/N
Frais	44,3	6,9	24,6	91,0	60,3	0,2	35,0	1,9	18,2
Pré-comp.	26,1	2,3	23,0	91,6	47,6	0,4	25,6	2,2	12,7

Cel. = cellulose ; **Hémicel.** = Hémicellulose ; **Lig.** = Lignine ; **MS** = Matière Sèche ; **MO** = Matière Organique ; **Pt** = Phosphore total ; **C org** = Carbone organique ; **Nt** = Azote total ; **C/N** = rapport Carbone Azote ; **Pré-comp** = Précomposté

III.1.2 Effets des BRF sur les paramètres morphométriques et de rendement du mil

III.1.2.1 Effets des BRF sur les paramètres morphométriques

Les résultats montrent que le diamètre au collet, la longueur des entre-nœuds et la hauteur des plants de mil sont significativement plus élevés avec le traitement « pratique paysanne » comparé à ceux du traitement « témoin » (Tableau 5).

Tableau 5: diamètre au collet, longueur des entre-nœuds, hauteur des plants et nombre de talles des plants de mil.

Traitements	Diamètre au collet (cm) p=0,009**	Longueur des entre-nœuds (cm) p=0,049*	Hauteur des plants (cm) p=0,034*	Nombre de talles p=0,360
PP	0,79±0,08 a	17,97±1,43 a	97,59±16,43 a	157±5,90 a
Pr-fr-3	0,69±0,13 ab	16,98±1,93 ab	83,02±19,47 ab	132±21,70 a
Pr-fr-6	0,71±0,14 ab	16,43±2,07 ab	87,34±24,04 ab	136±12,60 a
Pr-cpt-6	0,68±0,19 ab	16,63±2,52 ab	77,50±23,23 ab	147±17,76 a
Pr-cpt-3	0,61±0,18 b	16,00±2,39 ab	74,24±24,98 ab	141±18,08 a
TE	0,58±0,18 b	15,85±2,00 b	69,02±20,83 b	147±15,12 a

Pour chaque colonne, les valeurs suivies par la ou les même (s) lettre (s) ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% selon le test de Tuckey.

* différence significative ** différence hautement significative *** différence très hautement significative

Même si aucune différence significative n'a été notée entre les traitements des BRF, les BRF frais à 6 t/ha favorisent plus la croissance en diamètre et en hauteur des plants. Comparés au « témoin », ils entraînent une hausse du diamètre au collet de 18,30% et de la hauteur des plants de 20,97%. Les BRF frais à 6 t/ha comparés à la « pratique paysanne », entraînent une diminution de la croissance en diamètre (11,26%) et en hauteur des plants (11,73%). Le traitement des BRF frais à 3 t/ha, est plus favorable à la croissance en longueur des entre-nœuds avec une hausse de 6,65% comparée au « témoin » et une diminution de 5,83% comparé à la « pratique paysanne ». Le nombre de talles ne montre aucune différence entre les traitements.

III.1.2.2 Effets des BRF sur les paramètres de rendement

Le tableau 6 montre l'effet des traitements sur le nombre d'épis fertiles, la biomasse aérienne sèche des plants, les rendements avant et après battage et la masse de 1000 grains. L'analyse du tableau 6 montre trois groupes homogènes de traitements. Seule la « pratique paysanne » augmente significativement ces derniers comparés au traitement des BRF pré-compostés à la dose de 3 t/ha et au « témoin ». La « pratique paysanne » augmente de 49% le nombre d'épis fertiles, 54,23% le rendement en biomasse aérienne sèche, 62,5% le rendement avant battage et de 62,5% le rendement après battage comparée au « témoin ».

Tableau 6: nombre d'épis fertiles des talles, rendement en biomasse aérienne sèche, rendements avant et après battage et la masse de 1000 graines des plants de mil

Traitements	Nombre d'épis fertiles des talles p=0,019*	Rendement en biomasse aérienne sèche (t/ha) p=0,009**	Rendement avant battage (t/ha) p=0,009**	Rendement après battage (t/ha) p=0,011*	Masse de 1000 graines (g) p=0,107
PP	47±19,07 a	5,9±1,6 a	2,4±1,1 a	1,6±0,8 a	7,52±0,86 a
Pr-fr-3	32±16,60 ab	4,3±1,9 ab	1,7±1,2 ab	1,1±0,8 ab	6,69±0,88 a
Pr-fr-6	33±16,93 ab	3,8±1,1 ab	1,5±0,6 ab	0,9±0,4 ab	6,39±0,91 a
Pr-cpt-6	27±15,86 b	3,6±1,6 ab	1,4±0,9 ab	0,9±0,7 ab	6,13±1,27 a
Pr-cpt-3	28±23,70 b	2,9±1,5 b	1,1±1,0 b	0,7±0,7 b	5,5±1,93 a
TE	24±13,72 b	2,7±0,9 b	0,9±0,5 b	0,6±0,3 b	6,43±1,51 a

Pour chaque colonne, les valeurs suivies par la ou les même (s) lettre (s) ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% selon le test de Tuckey.

* différence significative ** différence hautement significative *** différence très hautement significative

Les BRF frais à 3 t/ha entraînent une hausse du rendement en biomasse aérienne (37,20%), des rendements avant (47,05%) et après battage (45,45%) des épis de mil comparés au « témoin ». Le traitement des BRF frais à 6 t/ha favorise plus le nombre d'épis fertiles avec une hausse de 27,27% comparé au « témoin ». La masse des 1000 grains de mil ne présente aucune différence entre les traitements. Mais elle varie de 7,5 g pour la « pratique paysanne » à 5,5 g pour le Pr-cpt-3 passant par 6,7 g avec Pr-fr-3 et 6,4 g pour le « témoin ».

III.1.3 Corrélations entre les traitements et les paramètres morphométriques et de rendement

La figure 6 donne les résultats de la corrélation entre les traitements et les paramètres morphométriques et de rendement du mil. L'analyse montre que 84,51% de l'information du tableau est extraite avec les axes F1 et F2. La longueur (0,96), diamètre au collet (0,96), nombre d'entre-nœud (0,92), longueur des entre-nœuds (0,97), le nombre de talles fertiles (0,88), nombre d'épis total (0,82), nombre épis fertiles (0,95), biomasse aérienne sèche (0,99), masse d'un épi (0,81), masse des graines d'un épi (0,83) et la masse de mille graines (0,78) sont positivement corrélés à l'axe F1. Seul le nombre de talles infertiles (-0,60) est négativement corrélé à l'axe F1. Le nombre total de talles (0,59) et nombre d'épis infertiles (0,77) sont positivement corrélés à l'axe F2. Par contre, la longueur des épis (-0,65) et leur diamètre basal (-0,77) sont négativement corrélés à cet axe.

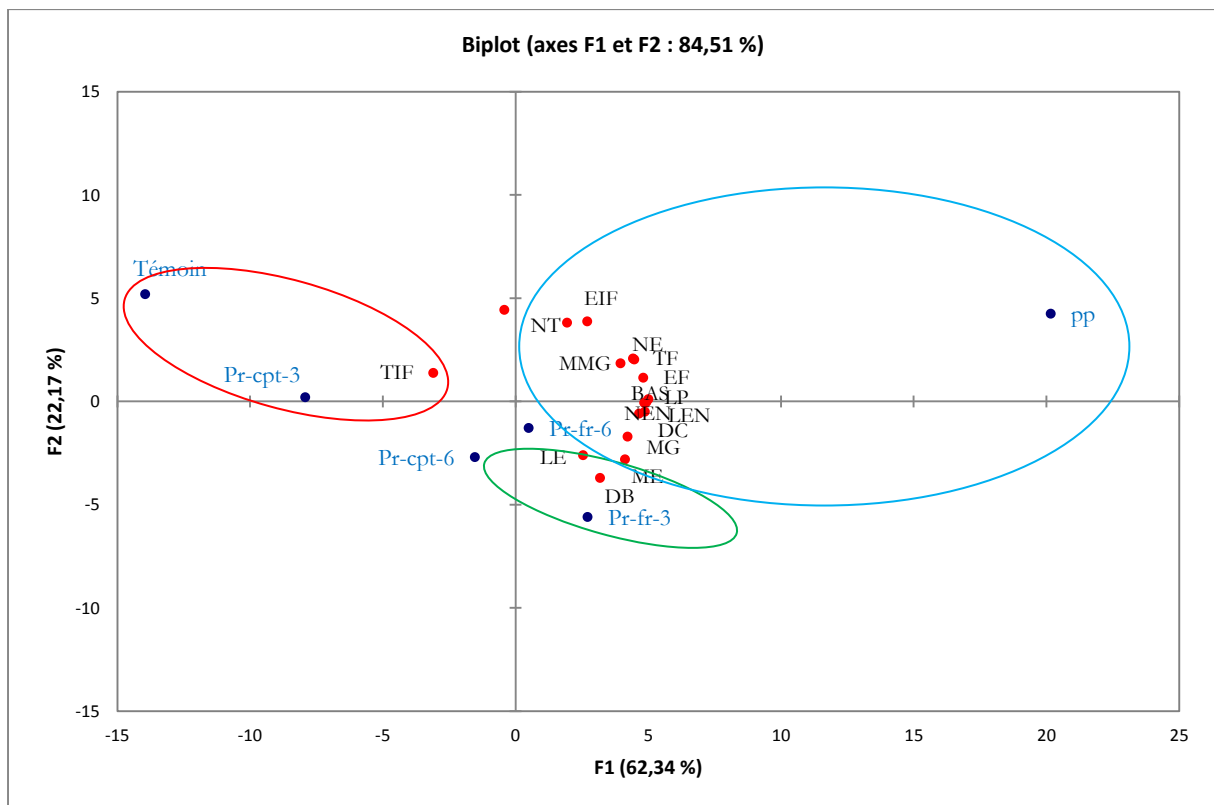


Figure 6 : ACP montrant les corrélations entre les traitements et les paramètres agronomiques

EIF = nombre épis infertiles ; **NT** = nombre de talles ; **TIF** = nombre de talles infertiles ; **TF** = nombre de talles fertiles ; **NE** = nombre totale d'épis ; **MMG** = masse mille graines ; **EF** = nombre épis fertiles ; **BAS** = biomasse aérienne sèche ; **LP** = longueur d'un plant de mil ; **DC** = diamètre au collet ; **LEN** = longueur d'un entre-nœud ; **NEN** = nombre d'entre-nœuds ; **MG** = masse moyenne des graines d'un épi ; **ME** = masse moyenne d'un épi ; **LE** = longueur d'un épi ; **DB** = diamètre à la base de l'épi

La corrélation avec les axes F1 et F2 permet de regrouper les traitements en trois classes. La classe 1 avec la « pratique paysanne » (0,91) est corrélée positivement à l'axe 1. Elle impacte sur les paramètres longueur d'un plant, diamètre au collet, nombre d'entre-nœuds d'un plant, longueur d'entre-nœuds d'un plant, nombre de talles fertiles, nombre d'épis total, nombre d'épis fertiles, biomasse aérienne sèche, masse d'un épi, masse des graines d'un épi et la masse de mille graines. La deuxième classe, avec les traitements « témoin » (0,73) et des BRF pré-compostés à 3 t/ha (0,74), est négativement corrélée à l'axe 1. Ces traitements favorisent un tallage infertile des plants du mil. La troisième classe est formée par le traitement des BRF frais à la dose de 3 t/ha (0,63) qui est négativement corrélé à l'axe 2. Cette classe favorise la croissance en longueur et la croissance basale des épis de mil. Les traitements des BRF frais et pré-compostés à 6 t/ha n'impacte pas de façons définie sur les paramètres morphométriques et de rendement du mil.

III.2 Effets des BRF sur les herbacées

L'inventaire des herbacées a permis de dénombrer quatorze (14) espèces réparties dans neuf (9) familles (tableau 7). Les familles des Poaceae et des Fabaceae sont les plus représentatives avec respectivement 4 et 3 espèces soit 28,57% et 21,43% du total des espèces inventoriées. Les familles des Malvaceae, Commelinaceae, Rubiaceae, Scrophulariaceae, Tiliaceae, Asteraceae et Pedaliaceae sont moins représentatives avec chacune une espèce soit 7,14%.

Tableau 7 : familles, noms scientifiques et noms vernaculaire des espèces herbacées

Familles	Noms scientifiques	Noms vernaculaires
Commelinaceae	<i>Commelina forskalei</i>	Véréyan
	<i>Alisicarpus ovalifolius</i>	Bamaat
Fabaceae	<i>Crotalaria jaunceae</i>	Yimb
	<i>Indigofera astragalina</i>	Ngod dial
Malvaceae	<i>Hibiscus sp</i>	Bassap
	<i>Pennisetum pedicellatum</i>	Bara
Poaceae	<i>Eragrostis tremula</i>	Solgouf
	<i>Aristida mitabilis</i>	-
	<i>Cenchrus biflorus</i>	Kha-kham
Rubiaceae	<i>Mitracarpus villosus</i>	Ndatukane
Scrophulariaceae	<i>Striga hermontica</i>	Ndoukhoume
Tiliaceae	<i>Corchorus olitorius</i>	Mbali
Asteraceae	<i>Centaurea perrottettii</i>	Xom-xom
Pedaliaceae	<i>Ceratotheca sesamoides</i>	Yorokhlane

III.2.1 Recouvrement total moyen et recouvrement spécifique des herbacées

La Figure 7 montre le recouvrement total en herbacées dans les différentes unités expérimentales. L'estimation du recouvrement total en % montre qu'il est plus élevé dans les parcelles amendées avec les BRF pré-compostés à 6 t/ha (29%) et les BRF frais à 3 t/ha (23%). Les plus faibles recouvrements ont été notés dans la « pratique paysanne » (10%), le « témoin » (12%), les BRF frais à 6 t/ha (12%) et pré-compostés à 3 t/ha (14%). En outre, les résultats montrent qu'en présence des BRF pré-compostés, l'augmentation de la dose est proportionnelle au recouvrement total au moment où elle est inversement proportionnelle en présence des BRF frais.

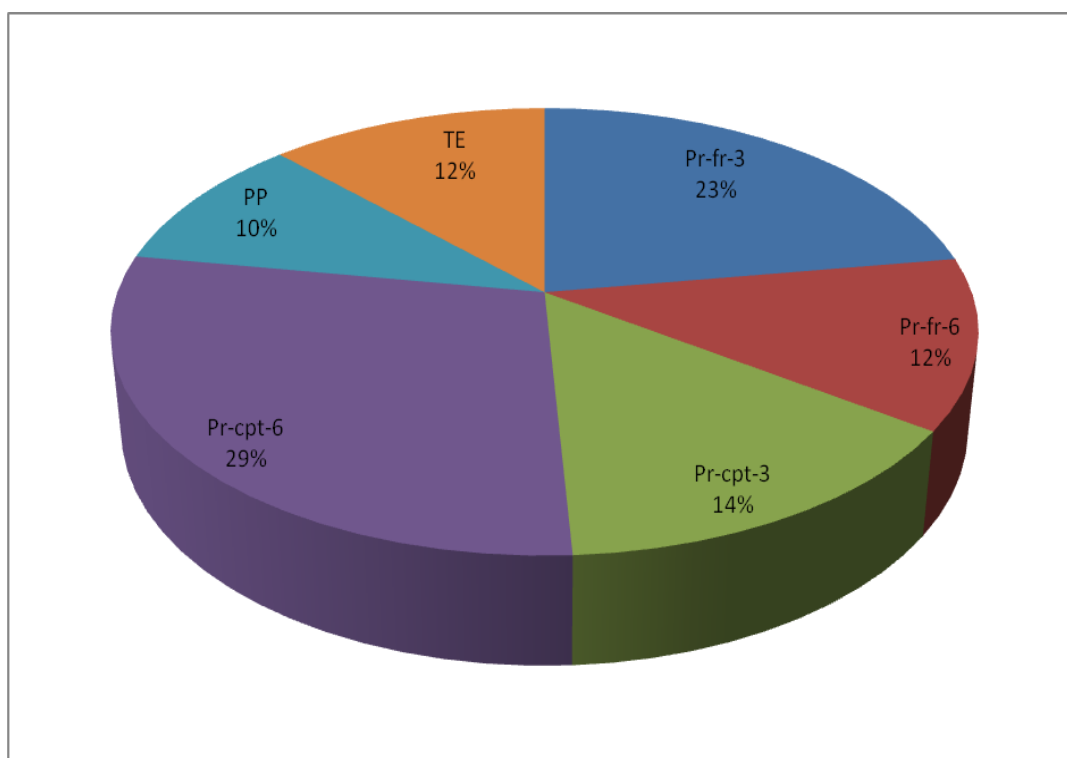


Figure 7 : recouvrement total en herbacées dans les différentes unités expérimentales

La figure 8 montre le recouvrement spécifique des herbacées. Les espèces telles que *Mitracarpus villosus*, *Commelina forskalei*, *Cenchrus biflorus* et *Hibiscus sp* présentent les meilleurs recouvrements quelque soit le traitement. Ainsi, leur recouvrement moyen par traitement est de l'ordre de 25% pour *Mitracarpus villosus*, 24,04% pour *Commelina forskalei*, 23,33% pour *Cenchrus biflorus* et 15% pour *Hibiscus sp*. L'espèce *Pennisetum pedicellatum*, n'apparaît qu'avec les BRF frais à 6 t/ha (5%) et le traitement « pratique paysanne » (3%). *Alisicarpus ovalifolius*, avec un très faible recouvrement, apparaît seulement dans les traitements à base de BRF : Pr-fr-3 (1%), Pr-fr-6 (1,75%) et Pr-cpt-3 (0,25%). Excepté les traitements Pr-cpt-3 et la « pratique paysanne », *Striga hermontica* apparaît dans les autres traitements avec un très faible pourcentage de recouvrement.

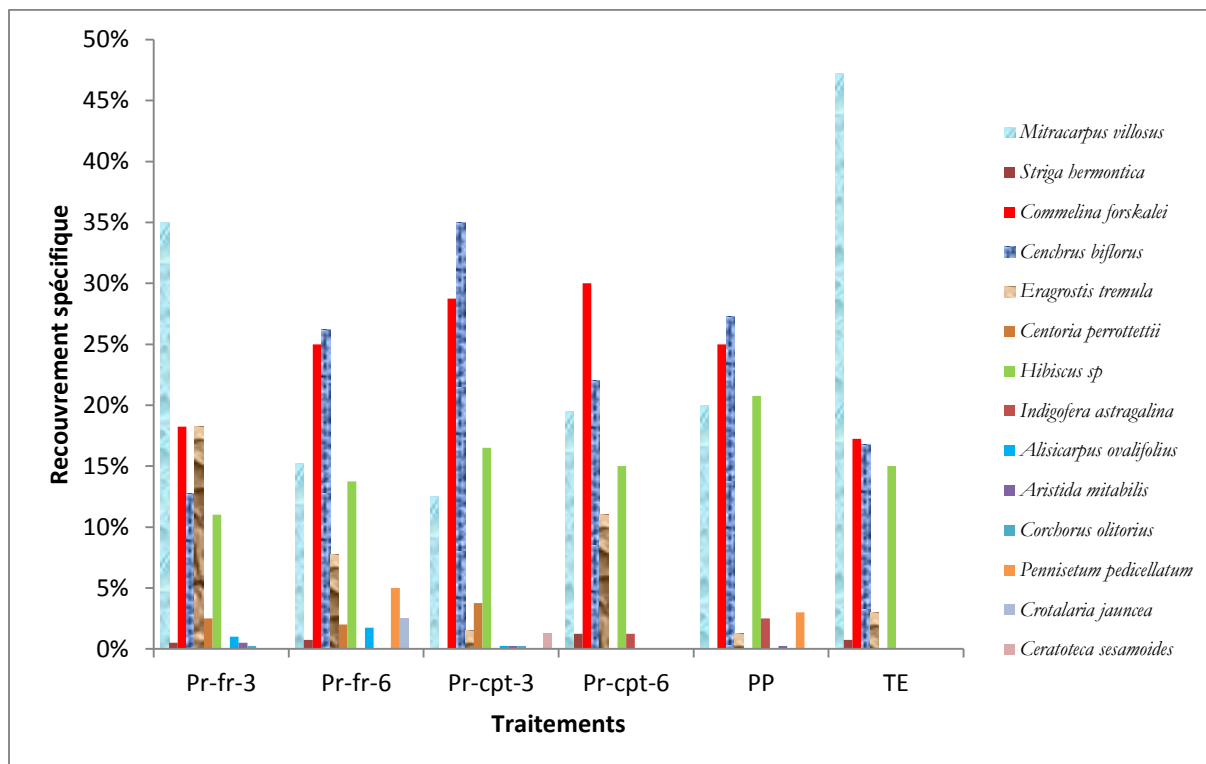


Figure 8 : recouvrement spécifique des herbacées dans les unités expérimentales à la récolte du mil

III.2.2 Etude de la diversité des herbacées

La richesse spécifique, les indices de Shannon (**H**) et de Piélou (**E**) ont été calculés pour évaluer l'effet des traitements sur la diversité et la répartition des herbacées (Tableau 8). Il ressort de l'analyse du tableau 8 que le traitement des BRF frais à 6 t/ha est spécifiquement plus riche avec 10 espèces. Le traitement « témoin » détient la plus faible richesse spécifique avec seulement 6 espèces.

Tableau 8 : richesse spécifique, indices de Shannon et d'équitabilité dans les différents traitements

Traitements	Richesse spécifique	Indice Shannon	Indice d'équitabilité
PP	7	1,61	0,82
Pr-fr-3	9	1,73	0,81
Pr-fr-6	10	1,91	0,83
Pr-cpt-3	7	1,54	0,79
Pr-cpt-6	7	1,64	0,84
TE	6	1,39	0,78

Les indices de Shannon et de Piélu calculés pour les différents traitements varient respectivement entre 1,39 (Témoin) et 1,91 (BRF frais à 6 t/ha) et entre 0,78 (Témoin) et 0,84 (BRF pré-compostés à 6 t/ha). L'indice de Shannon traduit un même niveau de diversité des espèces dans les divers traitements appliqués alors que l'équitabilité de Piélu traduit une équirépartition des individus dans les espèces entre les traitements

III.2.3 Corrélations entre les traitements et les herbacées

La figure 9 présente les résultats de l'analyse en composante principale des herbacées. Les résultats montrent que 64,93% d'informations sont extraites avec les axes F1 et F2. Les espèces *Alisicarpus ovalifolius* (0,78), *Cenchrus biflorus* (0,91), *Crotalaria jaunceae* (0,92), *Hibiscus sp* (0,88) et *Pennisetum pedicellatum* (0,90) sont positivement et fortement corrélées à l'axe F1. Sur ce même axe, les espèces *Eragrostis tremula* (-0,69) et *Mitracarpus villosus* (-0,68) sont négativement corrélées. Cependant, *Aristida mitabilis* (0,68), *Ceratotheca sesamoides* (0,84) et *Corchorus olitorius* (0,92) sont corrélées positivement à l'axe F2. Aucune espèce n'est corrélée négativement à ce deuxième axe.

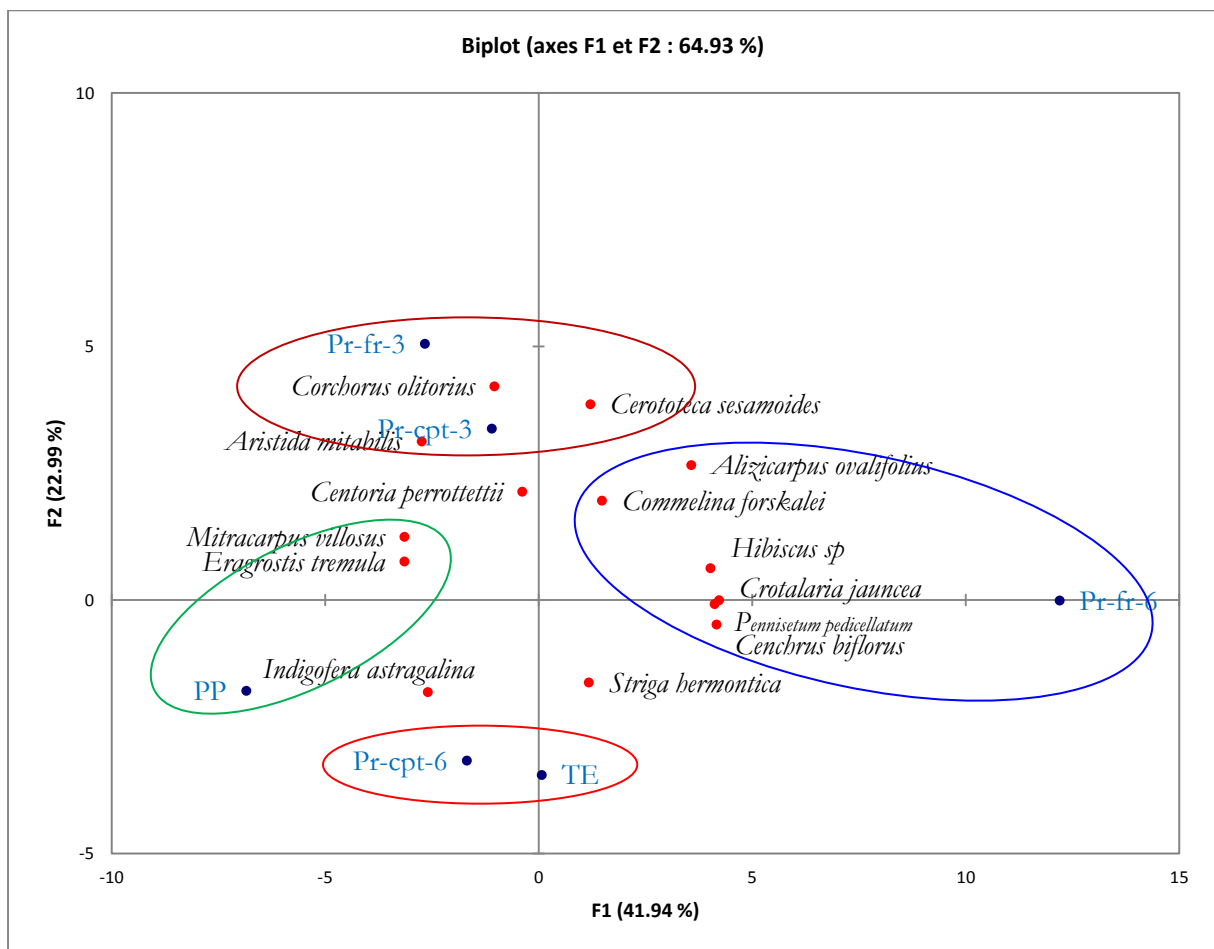


Figure 9 : ACP montrant les corrélations entre les traitements et les herbacées

La corrélation autour des axes F1 et F2 permet de réunir les traitements en quatre classes, chacune étant inféodé aux espèces dont ils impactent positivement le développement, analysés comme suit. La classe 1 avec le traitement des BRF frais à 6 t/ha (0,95) qui est positivement corrélé à l'axe F1 et qui impacte fortement le développement des espèces *Alisicarpus ovalifolius*, *Cenchrus biflorus*, *Crotalaria jaunceae*, *Hibiscus sp* et *Pennisetum pedicellatum*. La classe 2 avec la « pratique paysanne » (0,53) qui est négativement corrélé à l'axe F1 et qui favorise le développement de *Eragrostis tremula* et *Mitracarpus villosus*. La troisième classe constituée par le traitement des BRF frais à 3 t/ha (0,54) qui est positivement corrélé à l'axe F2. Elle regroupe les espèces *Aristida mitabilis*, *Ceratoteca sesamoides* et *Corchorus olitorius*. La quatrième classe constituée par les traitements BRF pré-compostés à 6 t/ha (0,43) et le « témoin » (0,57) et qui n'influence aucune espèce. L'analyse de la figure 9 nous montre également que les espèces *Striga hermontica*, *Indigofera astragalina*, *Centoria perrottettii* et *Commelina forskalei* ne sont pas impactées par aucun des traitements.

IV DISCUSSION

IV.1 Effet du pré-compostage sur les caractéristiques biochimiques des BRF de *P. reticulatum*

Le pré-compostage des BRF frais augmente les teneurs en phosphore total, en azote total et en matière sèche. En effet, il permet l'initiation de la minéralisation des BRF frais par les microorganismes du sol. Cette minéralisation augmente les teneurs en phosphore total, en azote total et en matière sèche entraînant ainsi la diminution des teneurs en cellulose, en hémicellulose, en lignine, en carbone organique. Nos résultats corroborent les travaux de Soumaré *et al.* (2002). En effet ils montrent que le compostage de la litière de *C. equisetifolia* augmente les teneurs en azote et phosphore comparé aux teneurs des rameaux ébréchés tout en diminuant les teneurs en carbone, ratio C/N et matière organique. Nos résultats sont similaires à ceux des travaux de Ba *et al.* (2014). Ils montrent que les BRF sont une source de matière organique avec des teneurs élevées en lignine, cellulose et ratio C/N mais moins important en hémicellulose. Les BRF de *P. reticulatum* sont riches en carbone total contrairement à l'azote qui est immobilisé.

IV.2 Effet des BRF sur les paramètres morphométriques et de rendement du mil

Nos résultats ont montré que seule la « pratique paysanne » augmente significativement les paramètres morphométriques des plants comparés à ceux du « témoin ». Cet effet positif significatif de la « pratique paysanne » avec l'engrais N-P-K (15-10-10) serait dû à la disponibilité et l'accessibilité des minéraux essentiels directement utilisables par le mil. Malgré un démarrage tardif de l'hivernage et une pause pluviométrique au stade montaison, la « pratique paysanne » favorise une bonne croissance latérale et une bonne élévation des plants qui seraient dues à une bonne nutrition hydrominérale (Cissé, 1988). L'absence d'effet positif significatif des BRF par rapport au « témoin » sur la croissance du mil s'expliquerait par l'immobilisation de l'azote, par les microorganismes du sol (Noël, 2005). En effet l'azote total des BRF majoritairement composé d'azote minéralisable donne des teneurs légèrement supérieures au seuil critique (1,5%) (Bartholomew, 1965) pour des BRF qui sont amendés dans un sol très pauvre en azote (0,02%). Les résultats ont également montré qu'aucune différence significative n'a été notée entre la « pratique paysanne » et l'apport des BRF à l'exception des BRF pré-compostés à la dose de 3 t/ha sur le diamètre au collet. Cet effet positif des BRF sur la croissance du mil serait lié à l'amélioration de la structure et de la fertilité des sols grâce à un apport d'éléments nutritifs suite à la minéralisation des BRF. En effet, des études ont montré que l'apport des BRF de *P. reticulatum* (4 et 6 t/ha) ne présente pas de différence avec l'apport d'urée (0 à 75 kg/ha) sur le diamètre au collet, la hauteur, le nombre de feuilles et le nombre de tiges (Ba *et al.*, 2014). Le pré-compostage semble avoir un effet dépressif sur la croissance du mil en particulier à faible dose (3 t/ha).

Cet effet dépressif serait lié à l'inhibition de la croissance du mil par la libération des substances phénoliques, suite à la dégradation de l'acide protocatéchique, qui conduisent à des effets allélochimiques (Diakhaté, 2014).

Nos résultats ont montré que seul le traitement « pratique paysanne » augmente significativement les paramètres de rendements comparé au traitement « témoin ». L'importance de la « pratique paysanne » résulterait d'une meilleure nutrition minérale avec les minéraux essentiels qui favorisent un meilleur remplissage des graines et de meilleurs rendements. Les BRF ne donnent aucun effet significatif avec le « témoin » et la « pratique paysanne » sur les paramètres de rendement. Ils maintiennent la même tendance initialement observée avec les paramètres morphométriques. L'étude montre aussi que les meilleures performances morphométriques conduisent à de meilleures performances de rendement. Ces rendements s'expliquent par une amélioration de la nutrition minérale qui accroît le développement végétatif du mil (Siband, 1983). En effet, des études ont montré une corrélation positive entre les paramètres morphométriques et ceux des rendements des cultivars traditionnels de *Sorghum bicolor* (Zollikpo, 2011) et de *Vigna subterranea* (Bonny et Dje, 2011). Le faible rendement observé dans notre étude comparé au rendement du mil dans les conditions optimales serait lié à l'arrêt précoce de la pluie. Nos résultats ont également montré que les traitements n'ont aucun effet significatif sur la masse des 1000 grains. Cette absence d'effet significatif s'expliquerait par le fait que la masse moyenne des 1000 grains varie entre 6,5 et 7,6 g (ISRA, 2012).

IV.3 Effet des BRF sur les herbacées

L'inventaire des herbacées a montré que les familles des Poaceae et des Fabaceae sont les plus représentées. Elles sont suivies des familles des Malvaceae, Commelinaceae, Rubiaceae, Scrophulariaceae, Tiliaceae, Asteraceae et Pedaliaceae. Nos résultats sont en accord avec ceux obtenus par Noba *et al.* (2004) qui ont montré une diversité similaire dans le sud Bassin arachidier avec 20% de Poaceae, 8,8% de Fabaceae, 4,8% de Malvaceae et 6,4% de Rubiaceae. La domination des Poaceae serait due à leur grande possibilité de repousse (Diallo *et al.*, 2015).

Nos résultats ont montré que le taux de recouvrement en herbacées est plus élevé dans les parcelles avec BRF pré-compostés à 6 t/ha et frais à 3 t/ha. Quand à la richesse spécifique, elle est plus élevée avec le traitement des BRF frais à 6 t/ha et plus faible avec le traitement « témoin ». L'indice de Shannon, dont la valeur normal varie de **0** (lorsqu'il ya une espèce ou une dominance d'une espèce) à **Ln S** (lorsqu'il y a une même abondance des espèces), est plus proche de la valeur de **Ln S** et traduit un même niveau de diversité pour les divers traitements appliqués (Yameogo, 2006).

L'équitabilité de Piélou, dont la valeur normal est comprise entre **0** (lorsqu'il y a la dominance de répartition des individus d'une espèce) à **1** (lorsqu'il y a une équirépartition des individus dans les espèces), est plus proche de **1** et traduit une équirépartition des individus des espèces entre les traitements (Grall et Coïc, 2005). La « pratique paysanne » et le « témoin », avec le respect de l'itinéraire technique et la baisse des teneurs en éléments minéraux dans le sol, favorise le développement du mil au profit de celui des herbacées.

Pour ce qui est du recouvrement spécifique, les résultats ont montré que les espèces *Mitracarpus villosus*, *Commelina forskalei*, *Cenchrus biflorus*, et *Hibiscus sp* présentent les meilleurs recouvrements quelque soit le traitement. L'espèce *Pennisetum pedicellatum* n'apparaît qu'avec le traitement des BRF frais à 6 t/ha et la pratique paysanne. *Alisicarpus ovalifolius* apparaît dans les traitements des BRF. *Striga hermontica*, excepté les BRF pré-compostés à 3 t/ha et la pratique paysanne, apparaît très faiblement sur les autres traitements. La présence de *Alisicarpus ovalifolius* et *Pennisetum pedicellatum* dans les parcelles avec BRF indique un niveau de fertilité relativement important contrairement aux espèces *Striga hermontica* et *Commelina forskalei* qui caractérisent les sols peu fertiles. Nos résultats confirment les travaux de M'Biandoun *et al.* (2003) qui ont montré que les espèces comme *Striga hermontica* et *Commelina forskalei* sont des indicateurs des sols dégradés contrairement aux *Pennisetum pedicellatum* et *Alisicarpus ovalifolius* qui caractérisent les sols fertiles.

CONCLUSION

Ce travail rentrait dans le cadre du projet WAAPP/BRF qui avait pour objectif global de contribuer à la réduction de la pauvreté et à l'atteinte de la sécurité alimentaire par l'amélioration de la fertilité des sols et des rendements des cultures céréalières. Plus spécifiquement nos objectifs de recherches était d'évaluer l'effet des BRF de *P. reticulatum* à l'état frais et pré-compostés sur (i) le rendement du mil (*Pennisetum glaucum* L. var *Souna 3*) et (ii) la couverture herbacées des sols dans le Bassin arachidier. Les résultats ont montré que seule la « pratique paysanne » (apport d'engrais NPK) améliore significativement la croissance et le rendement du mil comparés au « témoin absolu ». En outre, aucune différence significative n'a été notée entre la « pratique paysanne » et l'apport de BRF frais ou pré-compostés. L'inventaire floristique des herbacées a montré la présence de 14 espèces réparties en 9 familles parmi elles, les Poaceae et Fabaceae restent plus représentatives. Les traitements à base de BRF pré-compostés favorisent plus le développement des herbacées comparés aux autres traitements. Le traitement des BRF frais à 6 t/ha reste spécifiquement plus riche alors que les indices de Shannon et de Pielou traduisent respectivement un même niveau de diversité et une équirépartition des individus des espèces dans les divers traitements. Les BRF de *P. reticulatum* à l'état pré-composté surtout à la dose de 3 t/ha entraînent un effet dépressif sur le mil. En effet, il n'est pas nécessaire de pré-composter les BRF avant leur application comme amendement. Les BRF de *P. reticulatum* à l'état frais, malgré qu'ils ne puissent égaler la pratique paysanne, restent plus favorables à l'amélioration des rendements du mil. Ils pourraient dans le long terme répondre favorablement à la réduction de l'utilisation des engrais chimiques azotés dans les systèmes agricoles. Par ailleurs, dans le but de mettre sur pied des systèmes de culture à faibles coûts et sans intrants d'origine chimique, à la fois productifs, durables et respectueux de l'environnement, la promotion de la technologie des bois raméaux fragmentés (BRF) devrait être préconisée.

En perspective, il est nécessaire de poursuivre l'étude sur plusieurs années pour évaluer l'effet rémanent des BRF de *P. reticulatum* sur le rendement des cultures. L'analyse des paramètres physico-chimiques des sols et le suivi des herbacées permettront également de mieux apprécier l'effet des BRF sur la fertilité du sol.

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

- AFES. (1984).** Livre jubilaire du cinquantième. Etudes pédologiques, France 1vol, 349p.
- ANSD. (2016).** Recensement Général de la Population, de l'Habitat, de l'Agriculture et de l'Élevage (RGPHAE) 2013. Atlas démographique du Sénégal. Rapport final. 67p.
- Arbonnier, M. (2000).** Arbres, arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'Ouest Trees, shrubs and lianas of West Africa dry zones, Mali, Ouagadougou : Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le développement/Muséum national d'histoire naturelle/Union mondiale pour la nature. CIRAD/MNHN/UICN.
- Ba, M. F., Colinet, G., Samba, S. A. N., & Bassène, E. (2014).** Étude de quelques caractéristiques des bois raméaux fragmentés (BRF) de *Guiera senegalensis* JF Gmel et de *Piliostigma reticulatum* (DC) Hochst et de leur influence sur des propriétés chimiques et biologiques des sols ferrugineux tropicaux du Bassin arachidier, Sénégal. *Journal of Applied Biosciences*, 81(1), 7253-7262.
- Ba, M. F., Samba, S. A. N., & Bassène, E. (2014).** Influence des bois rameaux fragmentés (BRF) de *Guiera senegalensis* JF Gmel et de *Piliostigma reticulatum* (DC) Hochst sur la productivité du mil, *Pennisetum glaucum* (L.). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 8(3), 1039-1048.
- Badiane, A. (2008).** Impact des modes de gestion du sol (semis direct sur couverture végétale, labour et jachère) sur l'activité et la structure génétique des communautés bactériennes des sols des hautes terres malgaches. Mémoire de diplôme d'études approfondis, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Faculté des Sciences et Techniques, Département de Biologie Végétale, Dakar, 62p+annexes.
- Bartholomew, W.V. (1965).** Mineralization and immobilization of nitrogen in the decomposition of plant and animal residues. *Soil nitrogen. Agronomy*, 10, 285-290.
- Beauchemin, S., Laverdière, M. R., & Ndayegamiye, A. (1992).** Phytotoxicité des matériaux ligneux frais et compostés utilisés comme amendements organiques des sols. *Canadian Journal of Soil Science*, 72(2), 177-181.
- Bonny, S. B., & Dje, Y. (2011).** Variabilité morphologique et agronomique des variétés traditionnelles de Voandzou [*Vigna subterranea* (L.) verde. (fabaceae)] de Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 41, 2820-2835.
- Brabant, P. (2010).** Une méthode d'évaluation et de cartographie de la dégradation des terres. Proposition de directives normalisées. Les dossiers thématiques du CSFD. N°8. Août 2010. CSFD/Agropolis International, Montpellier, France, 52p.

- Chervonyj, A. Y. (1999).** Rapport d'étape sur la technologie des BRF, utilisant le seigle (*Secale cereale*) comme référence pour les années 1997-1998. Groupe de coordination sur les bois raméaux, Université Laval, Publication N° 107, 62p.
- CILSS. (2012).** Bonnes pratiques agro-sylvo-pastorales d'amélioration durable de la fertilité des sols au Burkina Faso, Ouagadougou, 172p.
- Cissé, L. (1988).** Influence d'apports de matière organique sur la culture de mil et d'arachide sur un sol sableux du Nord Sénégal : Développement des plantes et mobilisations minérales. *Agronomie, EDP Sciences*, 8 (5), 411-417.
- Compère, D., Marcetteau, A., & Della Riva, P. G. (2013).** Jules Verne. Éditions Alexandrines.
- Coulibaly, K. (1993).** Analyse des facteurs de variabilité des performances agronomiques et économiques des cultures et de l'évolution de la fertilité des sols dans les systèmes agropastoraux en milieu soudanien du Burkina Faso : approche expérimentale chez et par les paysans. Thèse de doctorat unique, Université Polytechnique de Bobo Dioulasso, Bobo Dioulasso, 139p+annexes.
- Davet, P. (1996).** Vie microbienne du sol et production végétale. INRA. Editions (Paris), 313p.
- Delville L. Ph., Moreau D., & Rabot C. (1998).** Produire durablement dans les pays du Sahel. Guide pour le diagnostic et le conseil agronomique, 190p.
- Diack, M. (1998).** *Piliostigma reticulatum* dans un parc à *Cordyla pinnata* : effet sur la régénération des sols dégradés au Sénégal. Mémoire de titularisation. 48 p.
- 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, Dakar, 41p+annexes.
- Diakhaté, S. (2014).** Influence de l'arbuste *Piliostigma reticulatum* (D.C.) Hochst (Caesalpinioideae) sur le fonctionnement biologique d'un sol cultivé en mil. Thèse de doctorat, génétique des populations, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Faculté des Sciences et Techniques, Dakar, 103p+annexes.
- Diallo, M. D., Ndiaye, O., Diallo, A., Saleh, M. M., Bassène, C., Wood, S. A., Diop, A., & Guissé A. (2015).** Influence de la litière foliaire de cinq espèces végétales tropicales sur la diversité floristique des herbacées dans la zone du Ferlo. *International Journal of Biological and Chemical Science*, 9 (2), 803-814.
- Diallo, S. (2012).** Caractérisation des cycles de développement de variétés de mil de diverses origines sur trois sites situés le long d'un gradient latitudinal. Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'ingénieur agronome en productions végétales, Université de Thiés, Ecole Nationale Supérieure d'Agriculture, Thiés, 39p+annexes.

- Diouf, B., Lo, H., Diéye, B., Sané, O., & Sarr, O. F. (2014).** Pour une agriculture intelligente face au changement climatique au Sénégal : recueil de bonnes pratiques d'adaptation et d'atténuation. Document de travail No 85, Programme de Recherche du CGIAR sur le Changement Climatique, l'Agriculture et la Sécurité Alimentaire.
- Doucet, R. (2006).** Le climat et les sols agricoles. ed. Berger, Eastman, Québec. xv, 443 pp.
- Fall, A. A., & Lô, M. (2009).** Etude de référence sur les céréales: mil, sorgho, maïs et fonio au Sénégal. CORAF/WECARD.
- Fall, B. (2014).** Recensement général de la population et de l'habitat, de l'agriculture et de l'élevage (RGPHAE) 2013 : rapport définitif. 345-372.
- FAO. (1999).** Guide pour une gestion efficace de la nutrition des plantes : gestion des éléments nutritifs des plantes, aspects environnementaux, politiques. Division de la Mise en Valeur des Terres et des Eaux, Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, Rome, 20p.
- FAO. (2005).** Méthodes de compostage au niveau de l'exploitation agricole. Rome, 35p.
- FAO. (2011).** The state of the world's land and water resources for food and agriculture (SOLAW) – Managing systems at risk. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome and Earthscan, London, 285p.
- FAO, CSE. (2003).** L'évolution de la dégradation des terres. Projet FAO Land Degradation Assessment (LADA): FAO.
- 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, Faculté des Sciences, Ecole Interfacultaire des Bio ingénieurs, Bruxelles. 187p+annexes.
- Gobat, J. M., Aragno, M., & Matthey, W. (2010).** Le sol vivant: bases de pédologie, biologie des sols (Vol. 14). PPUR Presses polytechniques.
- Grall, J., & Coïc, N. (2005).** Synthèse des méthodes d'évaluation de la qualité du benthos en milieu côtier. 90p.
- Guay, E., Lachance, L., Lapointe R. A. & Lemieux, G. (1983).** Emplois des bois raméaux fragmentés et des lisiers de porc en agriculture. Groupe de coordination sur les bois raméaux. Publication N° 1, 75p.
- Guay, E., Lachance, L., Lapointe R. A. & Lemieux, G. (1987).** Dix ans de travaux sur le cyclage biologique du bois raméal : l'expérimentation agricole et forestière. Département des sciences des bois et de la forêt. Faculté de foresterie et de Géomatique, Université Laval, Québec, 11p.

- ISRA. (2012).** Catalogue officiel des espèces et des variétés cultivées au Sénégal. 192p.
- ISRA-ITA- CIRAD. (2005).** Bilan de la recherche agricole et agroalimentaire au Sénégal. Project Joko (Projet FAC n° 98004900), 520p.
- ISRIC, UNEP. (1991).** World Map of the status of Human-induced soil degradation. GLASOD Project. Oldeman L.R, Hakkeling R.T.A & Sombroek W.G. (Tech. Eds), Nairobi/Wageningen (version Simonneaux V publiée de la carte mondiale GLASOD). Notice explicative et 3 cartes 1/10 000 000, format 135 cm X 95 cm
- ISRIC, UNEP, FAO. (1990).** World map of the status of human-induced soil degradation, ISRIC, Wageningen, the Netherlands.
- Iyamuremye, F., Gevin, V., Dick, R. P., Diack, M., Sene, M., Badiane, A., & Diatta, M. (2000).** Carbone, Nitrogen and Phosphorus Mineralization Potentiel of Native Agroforestry Plant Residus in Soil of Senegal. *Arid Soil Research and Rehabilitation*, 14, 359-371.
- Khouma, M. (2002).** Rapport sur les Ressources en Sols du Monde : Les grands types de sols du Sénégal. Quatorzième réunion du sous comité ouest et centre africain de corrélation des sols pour la mise en valeur des terres. Abomey. FAO : Rome 77-94.
- Larochelle, L. (1994).** L'impact du Bois Raméal Fragmenté sur la dynamique de la mésofaune du sol. Mémoire présenté pour l'obtention du grade de maître es science, Université Laval, Faculté des Sciences de l'Agriculture et de l'Alimentation, Québec, 56p.
- Lemieux, G. (1986).** Le Bois Raméal et les mécanismes de fertilité du sol. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Université Laval, Faculté de Foresterie, Québec, 20p.
- Lemieux, G. (1990).** Le Bois Raméal et la pédogénèse: une influence agricole et forestière directe. Groupe de coordination sur les Bois Raméaux, Université Laval, Faculté de foresterie et de géomatique, Département des sciences du bois et de la forêt, Publication n° 15, 42p.
- Lemieux, G., & Lapointe, R. A. (1990).** Le bois raméal et la pédogénèse: une influence agricole et forestière directe. Université Laval et Ministère de l'Énergie et des Ressources (forêts), Département des Sciences Forestières, Publication n° ER90-3136, Québec, 35 p.
- Liénard, A. (2012).** Pédologie III : notion de base 2. Université de Liège, Gembloux Agro Bio Tech. Unité de Sciences du sol.
- M'Biandoun, M., Guibert, H., & Olina, J. P. (2003).** Caractérisation de la fertilité du sol en fonction des mauvaises herbes présentes. *In Savanes africaines: des espaces en mutation, des acteurs face à de nouveaux défis.* Actes du colloque, Garoua, Cameroun (pp. 8-p). Cirad-Prasac.
- Musy, A., & Soutter, M. (1991).** Physique du sol. PPUR presses polytechniques Vol. 6.

- Mutonkole, S. P. (2013).** Caractérisation chimique de bois de tiges et de branches de *Trema orientalis* (L.) Blume et de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit (Doctoral dissertation, Université Laval).
- Ndayegamiye, A., & Dubé, A. (1986).** L'effet de l'incorporation de matières ligneuses sur l'évolution des propriétés chimiques du sol et sur la croissance des plantes. *Canadian journal of soil science*, 66(4), 623-631.
- Ndayegamiye, A., & Angers, D. (1993).** Organic matter characteristics and water-stable aggregation of a sandy loam soil after 9 years of wood-residue applications. *Canadian journal of soil science*, 73: 115–122.
- Noba, K., Ba, A. T., Caussanel, J. P., Mbaye, M. S., & Barralis, G. (2004).** Flore adventice des cultures vivrières dans le sud du Bassin arachidier (Sénégal). *Webbia*, 59(2), 293-308.
- Noël, B. (2005).** Le Bois Raméal Fragmenté Plus de carbone pour nos sols. CTA de Strée, Belgique. 38p.
- Noël, B., Vandenberghe C., & Marcoen J.M. (2008).** Bois raméal fragmenté et amélioration de la qualité de l'eau ? Dossier GRENeRA 08-07 27p.
- PLD-NDIAGO. (2010).** Plan local de développement de la communauté rurale de Ndiago. Groupe d'Etude de Recherche et d'Appui au Développement (GERAD), 103p.
- Robbiati, G., Faye, A., Ngom, Y., Ngom, M., & Valori, F. (2013).** Exploitations horticoles avec irrigation goutte à goutte dans le bassin arachidier. Programme d'Appui au Programme National d'Investissement Agricole du Sénégal (PAPSEN) Rapport : N° 5, 120p.
- Sanou, S. (2005).** *Piliostigma reticulatum* (D.C.) Hoscht.: Potentialités fourragères et essai d'amélioration de la valeur nutritive des gousses. Mémoire de fin d'études, Université Polytechnique de Bobo Dioulasso/IDR, Burkina Faso, 57p.
- Sébillotte, M. (1993).** L'agronome face à la notion de fertilité. *In Natures-Sciences-Sociétés*, 1(2). 128-142.
- Seck, M. A., & Lo, C. (1997).** Two compost types used in the Niayes (Senegal) market garden area: Technological innovation and vegetable production. *In International Symposium on Composting & Use of Composted Material in Horticulture* 46(9). 325-332.
- Siband, P. (1981).** Croissance, Nutrition et Production du mil ; Essai d'analyse du Fonctionnement du mil en zone sahélienne. Thèse. Académie de Montpellier. Université des Sciences et Techniques du Languedoc.
- Siband, P. (1983).** Nutrition minérale des plantules de mil, maïs et sorgho au cours des premiers jours de végétation. *Agronomie Tropicale*, 34(3) : 242-249.

Soumaré, M. D., Mnkeni, 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. *Biological agriculture & horticulture*, 20(2), 111-123.

Stevanovic T.J. (2006). Constituants du bois et la pédogenèse à partir des BRF - une solution pour un sol durable: mettre en synergie agriculture et foresterie. Aggradation, N° spécial : actes de la journée de formation « BRF ».

Von Maydell, H. J. (1983). Arbres et arbustes du sahel, leurs caractéristiques et leurs utilisations. Gtz. 385p+annexes.

Yameogo, A. S. (2006). Diversité spécifique des herbacées et leurs usages dans l'espace agricole du terroir de Soulogré, province du Zoundweogo. Diplôme d'ingénieur du développement rural, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Institut du Développement Rural, Département Eaux et Forêt, Ouagadougou. 43p+annexes.

Zolikpo, S. A. (2011). Caractérisation agro-morphologique des cultivars traditionnels de sorgho (*Sorghum bicolor*) au Bénin. Diplôme d'ingénieur agronome, Université d'Abomey-Calavi, Faculté des Sciences Agronomiques, Département de Production Végétal, (Bénin). 82p+annexes.

Wébographie

<https://www.aquaportail.com/definition-5413-fertilite-du-sol.html>

http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/GSP/docs/West_africa_partner/Senegal_Ndene.pdf