

BURKINA FASO

Unité – Progrès - Justice

-----  
MINISTERE DES ENSEIGNEMENTS SECONDAIRE ET  
SUPERIEUR

-----  
UNIVERSITE POLYTECHNIQUE DE BOBO-DIOULASSO

-----  
INSTITUT DU DEVELOPPEMENT RURAL



## MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

*En vue de l'obtention du*

DIPLOME D'ETUDES APPROFONDIES

OPTION : Systèmes de productions végétales

SPECIALITE : Sciences du sol

**THEME : Réponse du maïs (*Zea mays* L.) au compost ou au fumier sur des sols amendés avec les raméaux fragmentés de *Piliostigma reticulatum* (D. C.) Hochst.**

Présenté par Assita DEMBELE

MAITRE DE STAGE : Pr Edmond HIEN

DIRECTEUR DE MEMOIRE : Dr Mipro HIEN

*« Nous n'héritons pas la terre de nos parents, nous l'empruntons à nos enfants »*

*Antoine de Saint-Exupéry*

TABLE DES MATIERES	Pages
DEDICACE.....	V
REMERCIEMENTS .....	VI
SIGLES ET ABREVIATIONS.....	VII
TABLE DES ILLUSTRATIONS .....	VIII
RESUME.....	IIX
ABSTRACT.....	.X
INTRODUCTION .....	- 1 -
CHAPITRE I. REVUE BIBLIOGRAPHIQUE.....	- 3 -
<b>1.1. Généralités sur les substrats organiques</b> .....	<b>- 3 -</b>
1.1.1. <i>Définitions de concepts</i> .....	- 3 -
1.1.1.1. <i>Compost</i> .....;	-3-
1.1.1.2. <i>Fumier</i> .....	-3-
1.1.2. <i>Impacts du compost et du fumier sur les propriétés du sol</i> .....	- 4 -
1.1.2.1. <i>Impacts sur les propriétés physiques du sol</i> .....	- 4 -
1.1.2.2. <i>Impacts sur les propriétés chimiques</i> .....	- 4 -
1.1.2.3. <i>Impacts sur les propriétés biologiques du sol</i> .....	- 4 -
1.1.3. <i>Efficacité agronomique du compost et du fumier sur le rendement des cultures</i> .....	- 5 -
<b>1.2. Bois raméaux fragmentés (BRF)</b> .....	<b>- 5 -</b>
1.2.1. <i>Définition</i> .....	- 5 -
1.2.2. <i>Composition chimique des BRF</i> .....	- 6 -
1.2.3. <i>Application des Bois Raméaux Fragmentés</i> .....	- 7 -
1.2.4. <i>Biodégradation et humification des bois raméaux fragmentés</i> .....	- 8 -
1.2.4.1. <i>Rôle des champignons</i> .....	- 8 -
1.2.4.2. <i>Rôle de l'azote</i> .....	- 9 -
1.2.4.3. <i>Rôle de la pédofaune</i> .....	- 9 -
1.2.5. <i>Effets des bois raméaux fragmentés sur les propriétés du sol</i> .....	- 10 -
1.2.5.1. <i>Effets sur les propriétés physiques du sol</i> .....	- 10 -
1.2.5.2. <i>Effet sur les propriétés chimiques du sol</i> .....	- 10 -
1.2.5.3. <i>Effet sur les propriétés biologiques du sol</i> .....	- 11 -
1.2.6. <i>Effets des bois raméaux fragmentés sur le rendement des cultures</i> .....	- 11 -
1.2.7. <i>Limites liées à l'utilisation des Bois Raméaux Fragmentés</i> .....	- 11 -
1.2.7.1. <i>Disponibilité des rameaux</i> .....	- 12 -

1.2.7.2.	<i>Faim d'azote</i> .....	- 12 -
1.2.7.3.	<i>Contraintes pédologiques</i> .....	- 12 -
1.2.7.4.	<i>Contraintes socio-économiques</i> .....	- 13 -
<b>1.3.</b>	<b>Généralités sur <i>Piliostigma reticulatum</i></b> .....	<b>- 13 -</b>
1.3.1.	<i>Ecologie et répartition</i> .....	- 13 -
1.3.2.	<i>Composition chimique</i> .....	- 14 -
1.3.3.	<i>Importances agronomiques</i> .....	- 14 -
<b>1.4.</b>	<b>Généralités sur le maïs</b> .....	<b>- 14 -</b>
1.4.1.	<i>Ecologie</i> .....	- 14 -
1.4.2.	<i>Importance de la production du maïs</i> .....	- 15 -
<b>CHAPITRE II. MATERIEL ET METHODES</b> .....		<b>- 17 -</b>
<b>2.1.</b>	<b>Matériels</b> .....	<b>- 17 -</b>
2.1.1.	<i>Milieu d'étude</i> .....	- 17 -
2.1.2.	<i>Matériel végétal</i> .....	- 17 -
2.1.3.	<i>Substrats organiques</i> .....	- 17 -
<b>2.2.</b>	<b>Méthodes d'étude</b> .....	<b>- 18 -</b>
2.2.1.	<i>Expérimentation en pots</i> .....	- 18 -
2.2.1.1.	<i>Site de prélèvement des échantillons de sol</i> .....	- 18 -
2.2.1.2.	<i>Prélèvement et préparation des échantillons de sol</i> .....	- 19 -
2.2.1.3.	<i>Dispositif expérimental de l'essai en pot</i> .....	- 20 -
2.2.1.4.	<i>Conduite de l'expérimentation</i> .....	- 20 -
2.2.1.4.1.	<i>Mesure de la croissance des plants</i> .....	- 21 -
2.2.1.4.2.	<i>Biomasses aérienne et racinaire</i> .....	- 21 -
2.2.2.	<i>Analyse des paramètres physique, chimique et biologique des sols</i> .....	- 21 -
2.2.2.1.	<i>Détermination de la Granulométrie</i> .....	- 22 -
2.2.2.2.	<i>Détermination des <math>pH_{eau}</math>, et <math>pH_{kcl}</math></i> .....	- 22 -
2.2.2.3.	<i>Détermination du carbone organique du sol</i> .....	- 22 -
2.2.2.4.	<i>Détermination de l'azote total du sol</i> .....	- 22 -
2.2.2.5.	<i>Détermination du phosphore assimilable du sol</i> .....	- 23 -
2.2.2.6.	<i>Détermination de la biomasse microbienne (BM)</i> .....	- 23 -
2.2.3.	<i>Analyse du matériel végétal</i> .....	- 24 -
2.2.3.1.	<i>Azote total</i> .....	- 24 -
2.2.3.2.	<i>Phosphore total</i> .....	- 24 -

2.2.3.3. <i>Analyse statistique des données</i> .....	- 24 -
<b>CHAPITRE III. RESULTATS ET DISCUSSION</b>	<b>- 25 -</b>
<b>3.1. RESULTATS</b> .....	<b>- 25 -</b>
3.1.1. <i>Effet des traitements sur les paramètres de rendement du maïs</i> .....	- 25 -
3.1.1.1. <i>Effets des traitements sur la hauteur de maïs</i> .....	- 25 -
3.1.1.2. <i>Effets des traitements sur la production des biomasses aérienne et racinaire du maïs.</i> -	26 -
3.1.2. <i>Effets des traitements sur l'absorption des éléments chimiques par les plants de maïs</i> .....	- 27 -
3.1.3. <i>Effets des traitements au champ sur les caractéristiques physique, chimique et biologique des sols</i> .....	- 28 -
3.1.3.1. <i>Caractéristiques physique et chimique des sols</i> .....	- 28 -
3.1.3.2. <i>Caractéristiques biologique des sols</i> .....	- 30 -
<b>3.2. DISCUSSION</b>	<b>-31-</b>
3.2.1. <i>Effet des traitements sur le rendement des plants de maïs</i> .....	- 31 -
3.2.2. <i>Absorption des éléments majeurs par les plants de maïs</i> .....	- 32 -
3. 2.3. <i>Caractéristiques physique chimique et biologique des sols</i> .....	- 32 -
<b>CONCLUSION ET PERSPECTIVES</b> .....	<b>- 34 -</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b> .....	<b>- 36 -</b>
<b>ANNEXE 1</b> .....	<b>A</b>
<b>ANNEXE 2</b> .....	<b>B</b>
<b>ANNEXE 3</b> .....	<b>C</b>
<b>ANNEXE 4</b> .....	<b>D</b>

## **DEDICACE**

A la mémoire de mes parents Salimata DIARRA et Mamadou DEMBELE, arrachés très tôt à notre affection; qu'ils reposent en paix!

## REMERCIEMENTS

*Au terme de ce présent mémoire, nous tenons à travers ces lignes à manifester notre gratitude et nos remerciements à tous ceux qui, de près ou de loin ont accordé des facilités dans la réalisation de ce travail. Nos remerciements s'adressent particulièrement:*

- *A Monsieur Jean-Marc LEBLANC, Représentant de l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD) au Burkina Faso qui a bien voulu nous accueillir au sein de son institut;*
- *Au Professeur Edmond HIEN, Enseignant Chercheur à l'Université de Ouagadougou et Chercheur associé à l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD), qui nous a accueillie à l'IRD et assuré l'encadrement scientifique de nos travaux au sein de l'Unité Mixte de Recherche Ecologie Fonctionnelle et biogéochimie des sols et des agro-écosystèmes (UMR-Eco&Sols). Sa disponibilité, ses conseils judicieux, ses qualités humaines et ses multiples gestes de sympathie nous ont été d'une grande utilité tout au long du stage;*
- *Au Dr Mipro HIEN, Directeur du mémoire pour avoir accepté cette responsabilité. Nous lui sommes reconnaissante pour ses observations portées sur notre manuscrit;*
- *Aux techniciens du laboratoire d'Agro-pédologie de l'IRD, messieurs Moussa BARRY et Prosper SAWADOGO qui ont grandement contribué au succès de ce travail par leur aide au niveau des analyses classiques des échantillons de sols. Nous les remercions pour leur fructueuse collaboration;*
- *Au personnel du laboratoire de Département de Production Forestière (DPF) pour leur précieuse contribution au niveau analytique;*
- *A tout le corps professoral de l'Institut du Développement Rural (IDR), et à tous nos enseignants depuis l'école primaire à nos jours pour l'éducation et l'enseignement reçus;*
- *A mes collègues stagiaires, messieurs Fidèle ZONGO, Eric OUEDRAOGO, Arnaud SOME, Salomon BOUDA, Abdoulaye DABRE, Mohammed TRAORE et mademoiselle Audrey DIOMA pour leur franche collaboration et leur constant soutien;*
- *Aux messieurs Fiacre BASSON, Lassina SANOU, Issaka OUEDRAOGO, Phillipe BAYEN, Abel KADEBA et Zoumana NOMBRE pour leurs suggestions et amendements apportés à ce présent document;*
- *A tous mes camarades de l'IDR pour leur soutien lors de nos moments difficiles et à ma famille pour les encouragements et bénédictions.*

## **SIGLES ET ABREVIATIONS**

<b>ANOVA</b>	: Analysis Of Variance
<b>BRF</b>	: Bois Raméaux Fragmentés
<b>BUNASOLS</b>	: Bureau National des Sols
<b>CIRAD</b>	: Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement
<b>CNRST</b>	: Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique
<b>CPCS</b>	: Commission de Pédologie et de Cartographie des Sols
<b>CRAAQ</b>	: Centre de Référence en Agriculture et Agroalimentaire du Québec
<b>DGPER</b>	: Direction Générale de la Promotion de l'Économie Rurale
<b>DPF</b>	: Département de Production Forestière
<b>DPSAA</b>	: Direction de la Prospective et des Statistiques Agricoles et Alimentaires
<b>DUS</b>	: Déchet Urbain Solide
<b>FAO</b>	: Food and Agriculture Organization
<b>INSD</b>	: Institut National de la Statistique et de la Démographie
<b>INERA</b>	: Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles
<b>IDR</b>	: Institut du Développement Rural
<b>IRD</b>	: Institut de Recherche pour le Développement
<b>KEJ</b>	: Kamboinsé Express Jaune
<b>ME</b>	: Ministère de l'Environnement
<b>UMR-Eco&amp;Sols</b>	: Unité Mixte de Recherche Ecologie fonctionnelle et biogéochimie des Sols et des agro-écosystèmes

## TABLE DES ILLUSTRATIONS

<b>Liste des tableaux</b>	<b>Pages</b>
<b>Tableau I</b> : Espèces utilisées en BRF au Burkina Faso (source : Zongo, 2009).....	7
<b>Tableau II</b> : Composition chimique des substrats utilisés.....	18
<b>Tableau III</b> : Caractéristiques physique et chimique des sols.....	29
<b>Tableau IV</b> : Biomasse microbienne des sols.....	30

<b>Listes des figures</b>	<b>Pages</b>
<b>Figure 1</b> : Schéma simplifié de l'action du BRF sur le sol (Rey <i>et al.</i> , 2009).....	10
<b>Figure 2</b> : Dispositif de l'essai BRF de Gampéla.....	19
<b>Figure 3</b> : Accroissement des plants de maïs en fonction des traitements.....	25
<b>Figure 4a</b> : Biomasses aérienne en fonction des traitements.....	26
<b>Figure 4b</b> : Biomasses aérienne et racinaire en fonction des traitements.....	26
<b>Figure 5</b> : Corrélation entre les biomasses aérienne et racinaire des plants de maïs.....	27
<b>Figure 6a</b> : Teneurs en azote total de la biomasse aérienne du maïs.....	27
<b>Figure 6b</b> : Teneurs en phosphore de la biomasse aérienne du maïs.....	28
<b>Figure 7a</b> : Teneurs en carbone des sols.....	29
<b>Figure 7b</b> : Teneurs en azote des sols.....	29
<b>Figure 7c</b> : Teneurs en phosphore des sols.....	29

<b>Liste des planches photographiques</b>	<b>Pages</b>
<b>Photo 1</b> : BRF obtenu en utilisant un broyeur commercial (source : Germain, 2007).....	6
<b>Photo 2</b> : Touffe prostrée de <i>P. reticulatum</i> .....	13
<b>Photo 3</b> : Serre du centre IRD.....	17

## RESUME

La recherche sur le maintien de la fertilité des sols et sa restauration par de nouveaux types d'amendements organiques constituent un défi majeur dans l'augmentation de la productivité agricole au Burkina Faso. Le laboratoire de l'UMR Eco&sols de l'IRD Ouagadougou cherche à mettre au point des techniques appropriées pouvant répondre à ce défi. C'est dans ce cadre que nous avons mené notre étude à partir d'échantillons de sols prélevés sur un essai conduit à Gampéla depuis 2007 au niveau des placettes recevant 1,5 et 6 tonnes de MS ha<sup>-1</sup> de Bois raméaux fragmentés (BRF) par an, ainsi que les placettes témoins. Notre objectif était d'appréhender les caractéristiques physiques, chimiques et biologiques de ces sols et de tester sous serre leurs réponses à l'enrichissement au fumier ou au compost sur le rendement du maïs. La méthodologie a consisté à tester en pot, neuf (9) traitements répétés cinq (05) fois. Les traitements étaient les suivants: Témoin absolu (TA), Traitement compost (C), Traitement fumier (F), Traitement BRF 1,5t\*ha<sup>-1</sup> (Brf<sub>1,5</sub>), Traitement BRF 1,5t\*ha<sup>-1</sup> + compost (Brf<sub>1,5</sub> + C), Traitement BRF 1,5t\*ha<sup>-1</sup> + fumier (Brf<sub>1,5</sub> + F), Traitement BRF 6t\*ha<sup>-1</sup> (Brf<sub>6</sub>), Traitement BRF 6t\*ha<sup>-1</sup> + compost (Brf<sub>6</sub> + C) et Traitement BRF 6t\*ha<sup>-1</sup> + fumier (Brf<sub>6</sub> + F). La croissance et les biomasses du maïs ont été évaluées. Les teneurs en N et P de la biomasse aérienne ainsi que le pH, les teneurs en C, N, P et la biomasse microbienne du sol ont été déterminés. Les résultats ont montré que les traitements combinant le fumier et le BRF (Brf<sub>6</sub> + F et Brf<sub>1,5</sub> + F) ont amélioré la hauteur des plantes de maïs respectivement de 29,49 % et 94,31% contre 18 % et 59,36 % pour les traitements comportant l'apport de compost. La biomasse aérienne a subi une hausse de 44,05 % et 91,12 % pour les mêmes traitements contre 39,99 % et 63,38 % pour leurs combinaisons avec le compost. La même tendance a été observée avec la biomasse racinaire (84,17 % et 41,80 % contre -1,70 et 15,49 %). Ces résultats ont été obtenus grâce à l'amélioration des conditions physiques, chimiques et biologiques des sols traités. Ainsi, la biomasse microbienne, le pH, les teneurs en carbone, azote et phosphore du sol ont été respectivement plus importantes dans les sols ayant reçu 6t de BRF (40,29 %; 10,31%; 4,29 %; 6,97 %; et 33,37 %) comparativement à l'apport de BRF 1,5t. Les plus faibles résultats ont été enregistrés au niveau du sol témoin sans apport. Notre étude a montré que l'apport de fumier au sol amendé avec 1,5t de BRF permettrait d'avoir une meilleure croissance des plantes comparativement à l'apport de 6t de BRF seul (19,27%) ou combiné au compost (1,08%).

Mots clés: BRF, fertilité des sols, fumier, compost, maïs, croissance, biomasse, Burkina Faso.

## ABSTRACT

Research regarding maintenance of soil fertility and soil restoration by new types of organic amendments is a crucial challenge for increasing farming productivity in Burkina Faso. The laboratory UMR Eco&sols from IRD Ouagadougou is looking for settling appropriate technics able to face this challenge. This is in this framework that we carried out our study from soil samples taken from a trial conducted in Gampéla since 2007. Concerning plots that received 1,5 and 6 tons of dry matter per ha of ramial chopped wood (RCW) per year and referenced plots in parallel. Our objective was to comprehend the physical, chemical and biological properties of those soils and to test under greenhouse conditions their responses to manure or compost enrichment on maize yields. The methodology consisted in testing in pots nine treatments repeated five times. The treatments were the following : Reference treatment (TA), compost treatment (C), Manure treatment (F), treatment RCW 1.5t.ha<sup>-1</sup> (Brf<sub>1,5</sub>), RCW 1.5t.ha<sup>-1</sup> + compost (Brf<sub>1,5</sub> + C), treatment RCW 1.5t.ha<sup>-1</sup> + manure (Brf<sub>1,5</sub> + F), treatment RCW 6t.ha<sup>-1</sup> (Brf<sub>6</sub>), treatment RCW 6t.ha<sup>-1</sup> + compost (Brf<sub>6</sub> + C) and treatment RCW 6t.ha<sup>-1</sup> + manure (Brf<sub>6</sub> + F). The growth and the biomass of maize were evaluated. The content of nitrogen and phosphorus of aerial biomass as well as the pH, carbon, nitrogen and phosphorus and soil microbial biomass were determined. The results showed that treatments combining manure and RCW (Brf<sub>6</sub> + F and Brf<sub>1,5</sub> + F) improved the height of the maize plants about 29.49 % and 94.31% against 18 % and 59.36 % for compost amendment. The aerial biomass showed an increase of 44.05% and 91.12 % for treatments (Brf<sub>6</sub> + F and Brf<sub>1,5</sub> + F) against 39.99% and 63.38 % for the combination with compost. The same trend was observed for the roots' biomass (84.17 % and 41.80 % against -1.70 and 15.49 %). Those results were obtained because of the improvement of physical, chemical and biological conditions of the treated soils. Thus, the microbial biomass, the pH, the content of carbon, nitrogen and phosphorus of the soil were more important for the soils that received 6 tons of RCW (40.29 %; 10.31%; 4.29 %; 6.97 %; and 33.37 %) compared to the amendment of 1.5t of RCW. The weaker results were recorded for the reference soil without any amendment. Our study showed that manure input combined with 1.5 tons of RCW would allow to get better plant growth rather than 6 tons of RCW only (19.27%) or combined with compost (1.08%).

Key words : ramial chopped wood (RCW), soil fertility, manure, compost, maize, growth, biomass, Burkina Faso.

## INTRODUCTION

Au Burkina Faso, l'agriculture occupe une place prépondérante dans l'économie. En effet, elle emploie 84,5 % de la population et contribue pour 33 % au Produit Intérieur Brut (INSD, 2008). Cependant, cette agriculture est essentiellement une agriculture de subsistance et est basée sur les cultures vivrières (sorgho, mil, maïs, riz, niébé et fonio), avec des rendements moyens inférieurs à 850 kg.ha<sup>-1</sup> (DPSAA, 2011). Elle est caractérisée par la mauvaise gestion des ressources de base comme les terres, les eaux, les forêts qui se solde par des dégradations souvent irréversibles (Sanchez *et al.*, 1997 ; Maldague, 2010). La pression anthropique contribue également à influencer négativement la capacité des sols à fournir de meilleurs rendements en vue de faire face aux besoins alimentaires de la population de plus en plus croissante. Dans un tel contexte, les producteurs ne parviennent plus à maintenir les jachères sur de longues périodes (Taonda *et al.*, 1995 ; Masse *et al.*, 1998) et procèdent à la mise en culture des zones marginales exacerbant ainsi le phénomène de dégradation des sols. A cela, s'ajoutent les changements climatiques qui augmentent la variabilité pluviométrique et fragilisent les écosystèmes, posant ainsi un risque potentiel de sécurité alimentaire (Badolo, 2008). Dans cette dynamique, l'intensification de la production agricole devient une obligation. Des modalités en sont connues, en l'occurrence l'apport d'engrais chimiques et d'amendements organiques. Les engrais chimiques constituent une solution d'appoint mais occasionnent des risques majeurs de contamination des eaux par l'azote (Stevanovic, 2006). En effet, plusieurs travaux ont montré les limites liées à l'utilisation des engrais minéraux dans l'agriculture (Bado, 2002 ; Hien, 2004 ; Giroux *et al.*, 2005 ; Kelly, 2006 ; Mutonkolé, 2013). Ces raisons sont d'ordre socio-économique et agro-écologique. Il devient donc impérieux de recourir aux substrats organiques comme alternative à la fertilisation des sols (Hien *et al.*, 2011).

De même, les substrats organiques habituellement utilisés pour restaurer la fertilité organique des sols (résidus de cultures et fumier) sont souvent peu disponibles du fait d'une forte compétition. L'arbuste ou l'arbre étant souvent présent sur les sols agricoles, la chute du feuillage et des petits raméaux fragmentés (BRF) constituent une ressource organique naturelle afin de développer des sols fertiles imitant le fonctionnement de l'écosystème natif de la forêt (Lemieux, 1995). A ce titre, de nombreux travaux de recherche ont indiqué que les amendements organiques à base de BRF permettaient d'augmenter les rendements des cultures et de maintenir durablement la fertilité des sols (Bado *et al.*, 1997 ; Bationo *et al.*, 1998 ; Sinaj *et al.*, 2001). Cette augmentation est liée au rôle important de la lignine dans la formation des substances humiques (Lemieux, 1995 ; Stevanovic et Perrin, 2009).

Dans l'optique d'évaluer l'intérêt des amendements raméaux au Burkina Faso, un essai agronomique est conduit à Gampéla depuis 2007 avec du BRF à base de *Piliostigma reticulatum*. Cet arbuste agroforestier, spontanément envahissant dans les jachères, est épargné dans les champs et largement utilisé par les populations pour ses vertus (Traoré, 2000 ; Yélémo *et al.*, 2007a). En effet, plusieurs études ont été menées pour inventorier les modalités de la pratique des BRF au Burkina Faso (Traoré, 2000; Sanou, 2005 ; Yelemou *et al.*, 2007b ; Zongo, 2009). D'autres auteurs ont évalué la disponibilité des ressources raméales à l'échelle de terroirs villageois (Kabré, 2010 ; Zerbo, 2011 ; Cabral, 2011). Basson (2012) a testé les effets des BRF sur le sol et la culture en conditions contrôlées en les combinant aux engrais minéraux. L'une des recommandations fortes de cette étude avait d'ailleurs été de mener une étude similaire avec adjonction au sol (amendés de BRF), de substrats organiques locaux (compost, fumier) relativement disponibles pour en appréhender les effets. La présente étude s'inscrit dans cette dynamique.

Elle a pour objectif général d'étudier l'effet de l'enrichissement au compost ou au fumier des sols amendés en bois raméaux fragmentés (BRF) de *P. reticulatum* sur le rendement du maïs et les propriétés du sol.

De façon spécifique, il s'agit :

- d'étudier l'impact des sols amendés en BRF de *P. reticulatum* combiné au fumier ou au compost sur le rendement du maïs ;
- d'étudier l'effet des sols amendés en BRF de *P. reticulatum* combiné avec le fumier ou le compost sur la nutrition minérale du maïs ;
- d'évaluer l'effet de ces amendements sur les propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol.

Pour atteindre les objectifs sus-évoqués, trois hypothèses ont été formulées :

- les amendements en BRF de *P. reticulatum* combinés au fumier ou au compost améliorent le rendement du maïs ;
- les amendements en BRF de *P. reticulatum* combinés au fumier ou au compost favorisent la nutrition minérale du maïs ;
- les amendements du sol en BRF de *P. reticulatum* ont un impact sur les paramètres physiques, chimiques et l'activité biologique du sol.

Le présent mémoire s'articule autour de trois chapitres :

- un premier chapitre qui est consacré à la revue bibliographique ;
- un deuxième chapitre qui décrit la méthodologie adoptée pour atteindre les résultats ;
- et un troisième chapitre qui présente les résultats obtenus et leurs discussions.

## CHAPITRE I. REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

### 1.1. Généralités sur les substrats organiques

Dans un contexte de forte dégradation des sols et du coût élevé des engrais chimiques, le recours aux substrats organiques (SO) dans l'agriculture s'est présenté comme une alternative intéressante pour la fertilisation des sols (Hien *et al.*, 2011). Les SO regroupent divers produits organiques. Parmi les substrats organiques les plus utilisés pour l'amendement, le fumier et le compost sont les plus efficaces (INERA, 2003). Cependant, les taux d'adoption de cette fumure organique varient inversement avec le gradient pédoclimatique. Il est de l'ordre de 39 % en zone sahélienne, 28 % en zone soudano-sahélienne et 13 % en zone soudanienne (Sédogo *et al.*, 1992). Selon le même auteur, la faible utilisation du fumier en zone soudanienne s'explique par la richesse relative des sols et l'utilisation des engrais minéraux en culture cotonnière. L'étude menée par Ouédraogo et Lompo (2006) a montré que le fumier est adopté par les producteurs à un taux compris entre 55 et 70% au plateau central du Burkina Faso. Malheureusement, ces amendements organiques laissent peu de substances humiques dans le sol (N'dayegamiye et Drapeau, 2009), ce qui leur est difficile d'élever et surtout de maintenir le stock organique du sol. A l'opposé, selon les mêmes auteurs, les matières organiques riches en lignine et poly-phénols plus résistantes à l'attaque microbienne peuvent maintenir ou rehausser le niveau d'humus. Il est donc important d'évaluer l'effet de ces amendements ligneux en adjonction avec les substrats organiques locaux sur la productivité céréalière dans l'optique d'assurer un statut organique convenable dans les sols.

#### 1.1.1. Définitions de concepts

##### 1.1.1.1. *Compost*

Le compost est défini comme un produit organique stable riche en composés humiques résultant de la décomposition des déchets organiques par les microorganismes notamment les bactéries, les champignons et la faune du sol (Mustin, 1987 ; Fuchs, 2004).

##### 1.1.1.2. *Fumier*

Le fumier est une matière organique issue des déjections (excréments et urine) d'animaux mélangées à la litière (Devisscher, 1997). Dans la zone qu'il est convenu d'appeler le plateau central du Burkina Faso, certains paysans parquent les animaux dans leurs champs pour profiter des

déjections. Ces déjections sont constituées généralement des déchets de bovins, de petits ruminants (moutons et chèvres notamment) et la qualité de ces fumiers est très variable.

### **1.1.2. Impacts du compost et du fumier sur les propriétés du sol**

#### *1.1.2.1. Impacts sur les propriétés physiques du sol*

Les amendements organiques incorporés au sol participent globalement à l'amélioration des qualités physiques (Ouédraogo *et al.*, 2001). En effet, l'utilisation du fumier et du compost assure une meilleure porosité et structuration du sol en cimentant les particules grâce à l'humus qu'ils produisent (Bresson *et al.*, 2001 ; Pagliai *et al.*, 2004). Ils améliorent l'aération et la capacité de rétention en eau du sol et sa disponibilité pour les plantes (Ouédraogo *et al.*, 2001).

#### *1.1.2.2. Impacts sur les propriétés chimiques du sol*

Les substrats organiques tels que le compost et le fumier contribuent à l'amélioration de la fertilité chimique des sols. Ils constituent une réserve d'éléments nutritifs, principalement en azote, phosphore et soufre (Bationo *et al.*, 1998; Landry, 2011). Ces amendements permettent également d'accroître le taux de matière organique du sol (Lompo, 2009), d'augmenter le pouvoir tampon et le pH du sol (CIRAD et GRET, 2002), la capacité d'échange des sols et de diminuer ainsi les risques d'exportation des métaux vers la plante (Mustin, 1987; CIRAD et GRET, 2002; Bolan *et al.*, 2003).

#### *1.1.2.3. Impacts sur les propriétés biologiques du sol*

Le compost et le fumier, en améliorant la structure et la fertilité du sol, favorisent également le développement des bactéries aérobies. Ils contribuent aussi à la prolifération de l'activité de la micro et macrofaune du sol. Les travaux de nombreux auteurs ont montré que les activités enzymatiques sont stimulées par l'ajout d'amendements organiques dans les sols (Serra-Wittling *et al.*, 1996 ; Soltner, 2003 ; Crecchio *et al.*, 2004; Guittonny-Larchevêque ; 2004).

### **1.1.3. Efficacité agronomique du compost et du fumier sur le rendement des cultures**

Les substrats organiques favorisent une meilleure production de la biomasse racinaire et aérienne et augmentent le rendement grain (Kini, 2007 ; Lompo, 2009). Les producteurs agricoles ont appris, au fil des ans, qu'un sol enrichi au compost pouvait réduire la concurrence des mauvaises herbes, maladies ou insectes (Erhart *et al.*, 1999 ; Cotxarrera *et al.*, 2002) et augmenter le stock de matière organique du sol (Francou, 2003). Cet effet a un impact économique positif car il contribue à réduire l'utilisation d'engrais minéraux (Bresson *et al.*, 2001 ; Pagliai *et al.*, 2004 ; ME., 2012). Guittonny-Larchevêque (2004) a montré que les applications de compost dans le sol améliorent durablement et efficacement sa fertilité. Il soutient que les amendements de composts favorisent le processus de reforestation en améliorant la nutrition et la croissance des plantes et en augmentant leur potentiel de survie en période de sécheresse.

Convenablement employé, le fumier est un moyen d'enrichissement des sols et d'amélioration des rendements agricoles (Bonzi, 1989 ; Kini, 2007). Utilisé en réponse à la baisse de la fertilité, il est considéré par certains paysans comme une stratégie d'adaptation au changement des précipitations (Ouédraogo *et al.*, 2010). Cependant, on remarque une faible utilisation de cet amendement du fait de sa rareté et de son transport dans les champs qui sont généralement éloignés. Bon nombre de paysans, n'ayant pas un cheptel conséquent ou étant limités par les moyens financiers, apportent donc des quantités inférieures à celles recommandées par la recherche pour le maintien de la fertilité des sols (5 t/ha/2ans dans le plateau central du Burkina Faso). Selon Sawadogo *et al.* (2008), les intrants comme le fumier ou le compost demeurent un élément central dans le dispositif de l'intensification des systèmes culturaux en zone sahélienne.

## **1.2. Bois raméaux fragmentés (BRF)**

### **1.2.1. Définition**

Le bois raméal fragmenté (BRF) est la clé de la fertilité durable du sol (Lemieux et Germain, 2001). Les BRF sont le résultat de la fragmentation de rameaux et de petites branches vivantes de diamètre inférieur à 7 cm provenant de l'élagage des angiospermes (Lemieux., 1986). La fragmentation peut être exécutée par un broyeur pour produire les copeaux de bois (photo 1) d'une longueur comprise entre 1 et 10 cm (Lemieux et Lachance, 2000). Cette fragmentation a pour but de détruire les barrières physico-chimiques constituées par l'écorce et d'accroître la superficie colonisable par les micro-organismes. Ceci permet, grâce à la dépolymérisation de la lignine et

selon les chaînes trophiques, de transformer ce matériau en fractions humiques stables (Lemieux et Tétreault, 1994).

Le terme BRF désigne aussi la méthode culturale agricole innovante qui, par l'introduction du broyat de rameaux dans la couche supérieure du sol, recrée un humus de type mull. Il favorise la pédogenèse nécessaire à la création de l'humus (Zongo, 2009).



**Photo 1 :** BRF obtenu en utilisant un broyeur commercial

Source : Germain, 2007

### **1.2.2. Composition chimique des BRF**

Les BRF sont constitués de trois parties : les branches, les rameaux et les feuilles. Ces parties sont à 75 % riches en minéraux, acides aminés, sucres, protéines, catalyseurs, matériel lignocellulosique, carbone associé et une faible teneur en azote (Lemieux, 1986 ; Laroche *et al.*, 1993) ainsi que de métabolites secondaires comme les polyphénols (Fengel et Wegener, 1984 ; Haider, 1992). Tous ces éléments jouent un rôle précis et spécifique dans la constitution et le maintien des sols productifs (Lemieux *et al.*, 2000 ; Noël, 2006). Cependant, la concentration en nutriments (bois + écorce) décroît de façon exponentielle avec l'accroissement du diamètre (Hendrickson *et al.*, 1987 ; Melesse *et al.*, 2012). Cette concentration est fonction du niveau de fertilité du sol sur lequel évoluent les végétaux (Le Gall, 2004 ; Dumon, 1982) et de l'essence d'arbre utilisée (Rana *et al.*, 2009 ; Bekunda *et al.*, 2010). Ainsi, le contenu total en nutriments dans les rameaux est plus élevé chez les Angiospermes que chez les Gymnospermes, notamment en ce qui concerne la teneur en azote (Hendrickson, 1987). Les résineux sont à éviter car ils contiennent une lignine plus difficilement dégradable par les champignons, et également certaines familles de bois telles que les *Myrtaceae* (Eucalyptus) sont à proscrire car toxiques pour les champignons et bactéries (Asselineau

et Domenech, 2007 ; Dupety, 2007). Le tableau I présente les espèces utilisées couramment en BRF au Burkina Faso.

**Tableau I** : Espèces utilisées en BRF au Burkina Faso

N <sup>o</sup>	Familles	Espèces utilisées en BRF	Degré d'utilisation (%)
1	Caesalpinaceae	<i>Tamarindus indica</i> L.	1
2	Myrtaceae	<i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh.	1
3	Mimosaceae	<i>Faidherbia albida</i> (Del.) Chev.	1,5
4	Sapotaceae	<i>Vitellaria paradoxa</i> Gaertn.f.	2,5
5	Caesalpinaceae	<i>Daniellia oliveri</i> (Rolfe) Hutchinson et Dalziel	3
6	Ebenaceae	<i>Diospyros mespilisformis</i> Hochst.ex A. DC	3,2
7	Anacardiaceae	<i>Lannea microcarpa</i> Engl.et K. Krause	3,4
8	Mimosaceae	<i>Parkia biglobosa</i> (Jack.) R. Br.ex G. Don	5
9	Combretaceae	<i>Guiera senegalensis</i> J.F.Gmel.	5,9
10	Caesalpinaceae	<i>Detarium microcarpum</i> Guill.et Perr.	6,4
11	Combretaceae	<i>Combretum micranthum</i> G. Don	9,5
12	Meliaceae	<i>Azadirachta indica</i> A. Juss.	16,3
13	Caesalpinaceae	<i>Piliostigma reticulatum</i> (Dc) Hochst	17,8
14	Caesalpinaceae	<i>Piliostigma thonningii</i> (Schumach.) Milne-Redh.	23,5
Total			100

Source: Zongo (2009)

### 1.2.3. Application des Bois Raméaux Fragmentés

Dans les différents itinéraires techniques, le BRF est employé en mulching ou incorporation directe. En effet, certains auteurs (Ndayegamiye et Dubé, 1986) préconisent l'incorporation de BRF au sol car, par cette technique les BRF sont très rapidement investis principalement par des

champignons basidiomycètes qui tissent très rapidement leurs hyphes (filaments blancs) dans le sol (Dupety, 2007). L'incorporation se fait sur sol préalablement labouré, et au moyen d'un engin de travail superficiel. Selon Lemieux (1986), il faut incorporer le BRF frais dans les 10 premiers centimètres du sol (car les basidiomycètes sont aérobies). Ce mode d'application est considéré par Lemieux *et al.* (1998) comme étant privilégié en ce sens qu'il favorise l'entrée massive à l'intérieur des BRF via la fragmentation des basidiomycètes du sol, les principaux organismes responsables de la dégradation du bois. En effet, les BRF épandus en mulch se dégradent beaucoup plus lentement et ne jouent pas le même rôle que ceux incorporés (Lemieux et Lachance, 2000 ; Cornelis, 2001). Par ailleurs, à long terme, les effets des BRF appliqués en mulch pourraient être similaires à ceux de l'application avec incorporation (Cornelis, 2001). Au Burkina Faso, les investigations menées par Zongo (2009) ont montré que c'est le système du mulch qui est généralement utilisé. Les broyats sont déposés au sol après un léger griffage. La technique consiste à remuer légèrement le sol avec une daba et ensuite apporter le BRF en surface en une couche variant entre 1 à 2 cm. L'application se fait à l'aide d'un râteau pour éparpiller le broyat et surtout pour créer une homogénéité du broyat sur la superficie.

#### **1.2.4. Biodégradation et humification des bois raméaux fragmentés**

La biodégradation des BRF en milieu tempéré comme en milieu tropical se fait principalement par l'implication des champignons, de l'azote présent dans le milieu et de la pédofaune.

##### *1.2.4.1. Rôle des champignons*

Après incorporation, le BRF est rapidement colonisé par les micro-organismes du sol selon des étapes de succession particulières (Käärik, 1974 ; Noël *et al.*, 2006). Parmi ces micro-organismes, les champignons jouent un rôle majeur (Swift, 1982). Ils sont à l'origine de la décomposition de la cellulose et de l'hémicellulose grâce aux enzymes puissantes qu'ils sécrètent dans la solution du sol (Noël *et al.*, 2006) et aux spores qui sont déjà présentes sur les branches. Ils sont les seuls capables de dégrader la lignine. On peut classer ces champignons décomposeurs du bois en 3 types : les champignons de pourriture molle, les champignons de pourriture brune et les champignons de pourriture blanche. Ces champignons peuvent représenter 50 % à 60 % de la biomasse vivante dans le sol hors racines. Au-delà d'une simple activité fongique, le processus de décomposition des BRF profite à l'ensemble de la vie du sol et stimule ainsi tous les réseaux alimentaires, depuis les bactéries jusqu'aux plantes en passant par les vers de terre et les insectes (Gobalt *et al.*, 2003 ; Noël *et al.*, 2006). L'action de ces champignons est sous l'influence de plusieurs facteurs à savoir l'humidité, l'aération, la température, l'acidité, la qualité des

amendements et les pesticides (N'dayegamiye, 1991 ; Soltner, 2005). La biodégradabilité des amendements raméaux en milieu tempéré comme l'ont souligné Gobalt *et al.* (2003) est l'œuvre des champignons. Par compte, en milieu tropical, ce sont les termites qui jouent un rôle prépondérant dans la dégradation des matériaux riches en lignine mais certainement avec une action limitée comparativement aux champignons (Henry, 2005).

#### 1.2.4.2. Rôle de l'azote

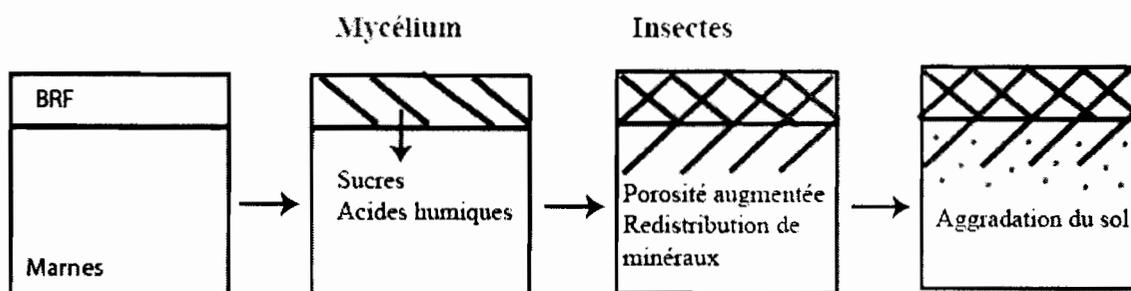
Selon Rey *et al.* (2009), l'étape de dégradation du bois n'est pas instantanée. Une fois le processus de dégradation engagé, les champignons de pourriture blanche vont se développer rapidement dans le BRF sous forme de mycélium. Ils puiseront dans un premier temps l'énergie nécessaire à leur croissance dans l'azote minéral présent dans la solution du sol, parfois au détriment des autres plantes (phénomène de faim d'azote pour les cultures). Par la suite, ces champignons émettront des enzymes qui dépolymériseront la cellulose du bois en composés azotés. Pour une espèce donnée, la vitesse de décomposition du bois est proportionnelle à la richesse en azote du milieu. Trois stratégies sont élaborées par les champignons décomposeurs du bois en vue de pallier le déficit d'azote (Rayner et Boddy, 1988). Ils peuvent, par autolyse de leur mycélium âgé, réutiliser l'azote pour leur mycélium plus récent. Ils peuvent aussi établir une stratégie d'allocation des ressources entre les phases d'exploitation et d'exploration du mycélium (Rayner et Boddy, 1988). Ils peuvent également utiliser une source d'azote externe au bois, comme par exemple l'apport d'azote minéral ou l'utilisation de l'azote du sol si le bois est en contact avec ce dernier. Ces trois stratégies ne s'excluent pas mutuellement et peuvent donc se compléter. Toutefois, le BRF permet une meilleure gestion de l'azote. Il permet de transformer l'azote minéral en azote organique. Cet azote sera retenu dans les 15 premiers centimètres du sol, là où les plantes en ont besoin (Noël *et al.*, 2006).

#### 1.2.4.3. Rôle de la pédofaune

Une fois la cellulose dégradée, l'étape de structuration du sol est assurée par la pédofaune qui se nourrit du mycélium des micro-organismes contenus dans le BRF ainsi que des produits issus de la dégradation du BRF (Rey *et al.*, 2009). Elle contribue fortement à accélérer le processus de biodégradation par son action de fragmentation mécanique et enzymatique (Persson, 1989 ; Gobalt *et al.*, 2003). En effet, la pédofaune déstructure le milieu de façon mécanique par fragmentation de la litière (augmentation des surfaces colonisables par les champignons et les bactéries) et par forage (Bachelier, 1978). Cette pédofaune qui regroupe tous les animaux du sol est subdivisée en microfaune, mésofaune et macrofaune suivant la taille des organismes (Swift *et al.*, 1979).

### 1.2.5. Effets des bois raméaux fragmentés sur les propriétés du sol

L'apport des BRF influe sur les propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol. Les travaux scientifiques menés jusqu'à ce jour montrent clairement que l'épandage de ce matériau sur le sol modifie ses propriétés (N'dayegamiye et Dubé, 1986 ; Dodelin *et al.*, 2007 ; Rey *et al.*, 2009).



**Figure 1** : Schéma simplifié de l'action du BRF sur le sol (Rey *et al.*, 2009).

#### 1.2.5.1. Effets sur les propriétés physiques du sol

L'amendement de BRF améliore les propriétés physiques du sol en réduisant sa susceptibilité au ruissellement et à l'érosion. Il permet d'éviter le choc destructeur des gouttes de pluie sur le sol (effet splash). On peut alors s'attendre à une diminution de la croûte de battance et donc à la création d'une macroporosité dans le sol et à l'infiltration de l'eau (Tremblay et Beauchamp, 1998 ; Noël *et al.*, 2006 ; Rey *et al.*, 2009). Par ailleurs, l'incorporation de BRF atténue les variations de températures extrêmes du sol (Salau *et al.*, 1992). La matière organique issue de la dégradation du BRF est alors directement en contact avec des particules fines minérales (argiles) ce qui favorise la formation de complexes argilo-humiques (Rey *et al.*, 2009).

#### 1.2.5.2. Effet sur les propriétés chimiques du sol

La lignine contenue dans les BRF constitue un stimulant pour le développement et la propagation des mycéliums. Ces champignons microscopiques sont des agents importants pour la formation de l'humus de type mull. Plusieurs auteurs ont rapporté qu'à long terme, l'application de BRF permettait une augmentation des éléments majeurs (N, P, K) et oligo-éléments (Ca, Mg) (Salau *et al.*, 1992 ; Otrysko et Pagé, 2001). Tous ces éléments jouent un rôle très précis dans la formation et le maintien d'un sol fertile.

#### 1.2.5.3. Effet sur les propriétés biologiques du sol

Du point de vue de son action biologique, le BRF provoque une restructuration du sol par la faune et la flore qu'elle engendre (Rey *et al.*, 2009). Il stimule fortement la vie du sol (champignons, faune, pédofaune, bactéries) et il permet de remonter le taux d'humus 5 à 10 fois plus rapidement qu'avec du fumier (Noël *et al.*, 2005 ; Davy, 2011). La faune du sol intervient en broutant les champignons et en brassant la matière organique. Les déjections de la pédofaune nourrissent les bactéries. Les bactéries de la rhizosphère libèrent l'azote et les autres nutriments à destination des plantes. Suite à l'incorporation de BRF, les vers de terre se multiplient, renforçant les capacités d'infiltration du sol, ce qui a des conséquences négatives sur l'érosion. Un sol traité au BRF infiltre l'eau 3 fois plus vite que le sol témoin (Zongo, 2009). Larochelle *et al.* (1993) ont en effet observé que les populations de bactéries, et surtout de champignons étaient significativement plus importantes suite à l'application des BRF.

#### 1.2.6. Effets des bois raméaux fragmentés sur le rendement des cultures

De nombreux auteurs ont réalisé des expérimentations aussi bien en zone tempérée que tropicale pour estimer l'influence de l'apport des BRF sur les rendements de différents types de cultures (Barthès *et al.*, 2010). Zongo (2009) a enregistré également des rendements positifs du sorgho blanc qui sont passés de 0,47 t\*ha<sup>-1</sup> pour les parcelles sans BRF à 1,814 t\*ha<sup>-1</sup> pour celles avec BRF. Ceci permet aux producteurs d'avoir des revenus plus intéressants. Selon cet auteur, la réussite de la culture sous BRF dépend en partie des espèces choisies car toutes n'ont pas la même composition au niveau des rameaux. Avec l'application en mulch de 1 et 2 t MS\*ha<sup>-1</sup> de branches de *Guiera senegalensis* au Niger, Wezel *et al.* (1999) ont obtenu une augmentation de 70 à 80 % des rendements du mil. Akédrin *et al.* (2011), ont noté une amélioration de la croissance en hauteur du maïs avec l'amendement de 11 essences de légumineuses constituées pour la plupart d'arbustes et de lianes.

#### 1.2.7. Limites liées à l'utilisation des Bois Raméaux Fragmentés

Les avantages agronomiques recherchés dans ces techniques reposent sur la biodégradation du bois qui augmente le taux d'humus et stimule l'activité biologique du sol, améliore la rétention en eau des sols, l'état sanitaire des cultures et l'utilisation d'une matière première renouvelable et disponible localement. Malgré ces bienfaits, l'utilisation des BRF peut se heurter à des contraintes et risques qui sont de plusieurs ordres.

#### *1.2.7.1. Disponibilité des rameaux*

Les rameaux sont essentiellement prélevés dans les champs et dans les jachères. Les investigations menées par Zongo (2009) ont montré que 39 % des exploitants prélèvent les rameaux dans les jachères, 38 % en prélèvent dans les champs et 23% des paysans prélèvent les rameaux dans des parcelles qui ne sont pas leur propriété. Cela peut occasionner des risques de conflits avec les propriétaires terriens. Pour minimiser les impacts sur les ligneux, les paysans utilisant les BRF doivent être formés sur les techniques de prélèvement des rameaux, ceci afin de ne pas porter préjudice à l'arbre (Zongo, 2009).

#### *1.2.7.2. Faim d'azote*

De nombreux travaux ont montré que la première année d'apport de BRF provoque une immobilisation de l'azote qui n'est donc plus disponible pour les plantes : c'est la faim d'azote (Gobalt *et al.*, 1998 ; Otrysko et Pagé, 2001). Ces auteurs attribuent cette immobilisation à la microflore qui en général, survient lorsque les BRF contiennent moins de 1% de N sur une base sèche. Toutefois, elle peut être contrée par un apport supplémentaire d'azote lors de la première année de l'épandage des BRF (N'dayegamiye et Dubé, 1986 ; Tremblay et Beauchamp, 1998).

#### *1.2.7.3. Contraintes pédologiques*

La plupart des sols agricoles ont perdu leurs caractéristiques forestières et se heurtent parfois à une absence de basidiomycètes. Ainsi, la transformation des BRF incorporés sur de tels sols risque de ne pas s'opérer correctement car ce sont ces champignons qui sont les principaux décomposeurs du bois. De ce fait, il faut inoculer le sol par les basidiomycètes en apportant de petites quantités de litières forestières au moment d'une première incorporation des BRF (Noël, 1997). Certains sols sont également à proscrire de l'usage des BRF en l'occurrence les fonds de vallées humides et les sols hydromorphes qui restent constamment humides et froids. Les conditions anaérobies qui s'y règnent ne permettent pas la décomposition des BRF. En revanche, les sols sablo-limoneux, les sols sablonneux et les sols argileux permettent l'application la plus intéressante des BRF (Lemieux et Lachance, 2000).

#### 1.2.7.4. Contraintes socio-économiques

La fragmentation des BRF par différents procédés mécaniques notamment les broyeurs à couteaux ou à marteaux, génère des coûts. Cette fragmentation peut également s'effectuer manuellement à l'aide de machettes mais cela requiert un temps relativement long et une main d'œuvre importante (Lemieux et Tétreault, 1994). A cela, Zongo (2009) ajoute que la non disponibilité des rameaux et la méfiance font que les producteurs hésitent toujours à se lancer avec ce matériau. Si l'utilisation agricole des BRF venait à se généraliser, cela pourrait porter atteinte à la fertilité des sols et à la biodiversité du milieu forestier mais peut également être une incitation à planter des arbres, ce qui contribuera à désamorcer le cycle infernal de la désertification, de la pauvreté et de l'instabilité physique et sociale des populations (Lemieux, 1995).

### 1.3. Généralités sur *Piliostigma reticulatum* (DC.) Hochst.

#### 1.3.1. Ecologie et répartition

*Piliostigma reticulatum* (photo 2) est une espèce des régions sahéliennes et sahélo-soudaniennes, qui s'étend de l'Ouest du Sénégal jusqu'en Afrique Centrale (Toutain, 1980 ; Ouédraogo, 2006). Au Burkina Faso, elle est abondante et se rencontre le plus souvent dans les jachères et les savanes arbustives (Toutain, 1980 ; Olivier, 1998 ; Arbonnier, 2000 ; Yélémou *et al.*, 2007a ; Kabré, 2010). C'est une espèce grégaire colonisant différents types de sols. Elle forme en effet, de petits peuplements sur les sols sableux humides ou temporairement humides (Lebrum *et al.*, 1991). Elle affectionne les sols lourds et mal drainés mais colonise aussi les sols latéritiques, argileux, les lithosols et les sols ferrugineux (Arbonnier, 2000 ; Sanou, 2005). Elle peuple également les forêts pauvres, et pousse aussi bien sur les sols ayant de bons potentiels agricoles que sur les sols dégradés et dans les bas-fonds (Weigel, 1994).



**Photo 2 :** Touffe prostrée de *P. reticulatum*

### 1.3.2. Composition chimique

Selon Truong *et al.* (1978), *Piliostigma reticulatum* contient en pourcentage les éléments suivants :

C = 46, 23%, N = 1,31%, P = 0,09%, K = 0,08%, C/N = 35%.

### 1.3.3. Importances agronomiques

Selon les investigations menées par Zerbo (2011), *P. reticulatum* est un indicateur paysan de fertilité des sols. En effet, la jachère favorise la régénération de souche (Yaméogo *et al.*, 2005). La présence de touffes de *P. reticulatum* dans les champs est un signe de retour de la fertilité et de la remise en culture après un certain temps de repos d'environ 4-5 ans de jachère (Sanou, 2005). *P. reticulatum*, à travers son cycle de vie, sa régénération naturelle et ses différentes voies de multiplication, est une espèce agro forestière appréciée par les paysans (Zerbo, 2011). Au Burkina Faso, l'espèce est utilisée comme haie antiérosive dans le plateau central (DPF, 1999 ; Sanou, 2005); dans la région du Centre Nord, elle tend à occuper une place importante dans le système agraire (Yélémo *et al.*, 2007a). Elle forme ainsi avec *Combretum glutinosum* Perr. Ex DC., et *Acacia seyal* Del, les espèces arbustives locales qui sont épargnées dans les champs lors des défriches (Yaméogo *et al.*, 2005). L'adoption de cette espèce réside aussi dans le fait qu'elle possède un bon pouvoir de régénération et une bonne résistance aux traumatismes tels que le recepage basal répété et le passage du feu (DPF, 1999). La persistance de ses feuilles pendant la saison sèche et son compostage constitue également une source de matière organique pour l'amélioration de la fertilité des sols (Zombré *et al.*, 1998 ; Diack *et al.*, 2000). Cet apport constitue aussi une source de biomasse pouvant servir pour la couverture du sol en vue de la réduction de l'érosion et de l'amélioration des propriétés physico-chimiques du sol. L'espèce présente un bon taux de germination (5 - 7 jours après mise en terre des semences) et des potentialités de transplantation à cause de la rapide densification de son système racinaire (30 - 46 jours après semis) rendant ainsi possible la régénération de l'espèce par plantation (Yélémo *et al.*, 2007a).

## 1.4. Généralités sur le maïs

### 1.4.1. Ecologie

Le maïs (*Zea mays* L.) est une plante herbacée annuelle qui appartient à la classe des monocotylédones, la sous-classe des *Commelinidae*, l'ordre des Cypéales, la famille des *Poaceae* (ou Graminées) et la sous-famille des *Panicoideae* (Gay, 1984). C'est une plante tropicale. Le maïs est originaire d'Amérique centrale (Gay, 1984). Selon Norman *et al.* (1995), il est cultivé entre 750

à 1750 mm d'eau par an. Le maïs peut pousser sur tout type de sols à condition que ces sols soient sains et profonds mais de préférence les sols assez riches en éléments fins, humifères, frais et à

capacité de rétention élevée. Il pousse normalement sur des sols de pH compris entre 5,5 et 7. Cependant, sa croissance est limitée sur la plupart des sols acides tropicaux par la toxicité de l'aluminium (Sanchez *et al.*, 1997). La température optimum pour le développement du maïs tropical dans les basses terres et moyennes altitudes est d'environ 30 à 34°C (Ellis *et al.*, 1992), cette température est d'environ 21°C pour les hautes terres. Le maïs est classé parmi les plantes de jours courts. La culture du maïs peut se faire durant toute la saison à condition que l'eau soit disponible.

#### **1.4.2 Importance de la production du maïs**

Au Burkina Faso, le maïs occupe la troisième place parmi les céréales cultivées tant au niveau des superficies, de la production qu'au niveau de la consommation après le sorgho et le mil (DGPER, 2010). Il est cultivé dans les zones soudaniennes et soudano-sahéliennes où les conditions pluviométriques sont plus favorables (Sarr *et al.*, 2011). La zone de culture du maïs représente trois quarts de la superficie totale du Burkina Faso. Depuis les années 2000, les superficies emblavées en maïs sont en constante augmentation. Ces superficies, évaluées à 608.368 hectares en 2008 représentaient 14,5 % des superficies emblavées en céréales (Sarr *et al.*, 2011). Des années 1985 à nos jours, les quantités de maïs produites sont passées de 9 % à plus de 17 % de la production céréalière totale du pays. Cette croissance est liée à l'extension des surfaces et à la hausse des rendements. La production actuelle dépasse un million de tonnes avec des rendements moyens de 3,7 tonnes en culture irriguée et 1.5 tonnes en culture pluviale (MAFAP/SPAAA, 2012). Selon les résultats de la DGPER (2010), les principales régions à forte proportion de ménages agricoles producteurs de cette spéculacion en saison pluvieuse sont le Sud-ouest (93,3 %), l'Est (91,7 %), le Centre Nord (89,2 %) et les cascades (89,2 %). Par contre, les deux (2) régions à faibles proportions de ménages agricoles produisant le maïs en saison pluvieuse sont celles du Centre et du Sahel avec respectivement 42,9 % et 61,0 %. Les régions des Hauts-Bassins, la Boucle du Mouhoun et les Cascades sont les principales régions productrices du maïs avec respectivement 346.500 tonnes, 199.000 tonnes, 123.188 tonnes sur une production totale de 1.200.000 tonnes (DGPER, 2010). La production de la saison sèche occupe seulement 0,8 % des ménages agricoles au niveau national. Les principales régions productrices de maïs irrigué sont la Boucle du Mouhoun, les Hauts-Bassins

et les Cascades avec respectivement 7.482 tonnes, 2.488 tonnes et 1.894 sur une production totale de 13.430 tonnes (DGPER, 2010).

## CHAPITRE II. MATERIEL ET METHODES

### 2.1. Matériels

#### 2.1.1. Milieu d'étude

L'essai en pot a été mené sous serre dans l'enceinte du centre IRD sis à Ouagadougou. La serre a une longueur de 9,90 m et 5,80 m de largeur. Elle a une structure métallique recouverte de grillage à mailles très fines soumise aux mêmes conditions climatiques que la ville de Ouagadougou dont le climat est de type soudano - sahélien avec une saison de pluies qui va de mai à septembre. La serre permet de protéger les cultures contre les attaques externes.



Photo 3 : Serre du centre IRD

#### 2.1.2. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé au cours de cette étude est le maïs (*Zea mays* L.), de variété Kamboinsé Express Jaune (KEJ). C'est une variété sélectionnée par l'INERA. Elle a un cycle de 75 jours avec un rendement potentiel de 3 à 4 t\*ha<sup>-1</sup> (Hema et Traoré, 1996). Selon les mêmes auteurs, la KEJ a une hauteur variant entre 1,50 et 1,60 m.

#### 2.1.3. Substrats organiques

Le compost à base de feuilles de *Khaya senegalensis* et de déchet d'abattoir et le fumier issu des déjections d'ovins (Gampéla) ont servi de substrats organiques pour amender les sols selon les objectifs de l'étude. Leurs caractéristiques chimiques sont consignées dans le tableau suivant :

**Tableau II** : Composition chimique des substrats utilisés

	C (%)	Nt (%)	C/N	Pt (%)	Kt (%)
Compost	37,97	2,79	13,6	0,42	1,73
Fumier	37,97	3,09	12	0,184	1,438

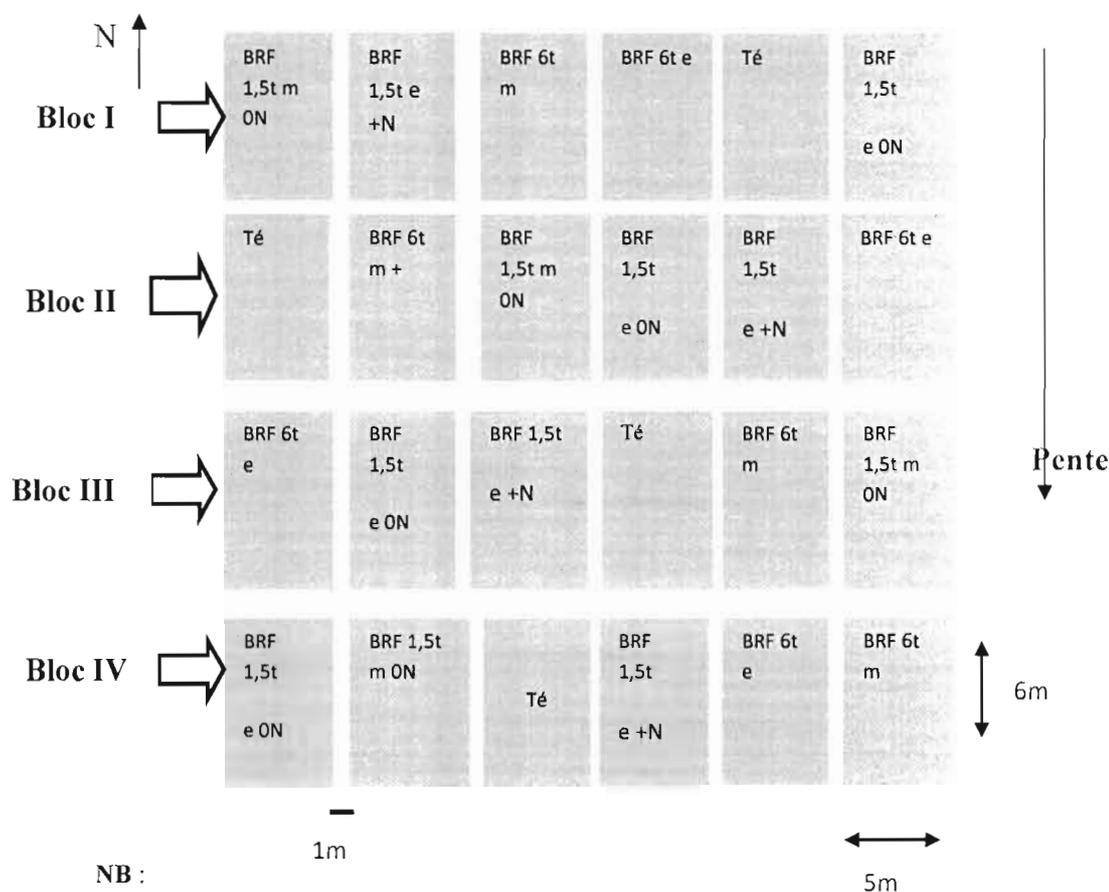
**NB** :  $C_t$  (%) = pourcentage de carbone total,  $N_t$  (%) = pourcentage d'azote total,  $\%P_t$  = pourcentage de phosphore total,  $\%K_t$  = pourcentage de potassium total, C/N = ratio carbone sur azote.

## **2.2. Méthodes d'étude**

### **2.2.1. Expérimentation en pots**

#### *2.2.1.1. Site de prélèvement des échantillons de sol*

Les échantillons de sol utilisés dans l'essai en pot proviennent d'un essai BRF conduit depuis 2007 à Gampéla. Il s'agit d'un village de la province de l'Oubritenga, situé à environ 15 km au Nord-Est de Ouagadougou (Burkina Faso) sur la nationale N°2 Ouagadougou Fada. Le dispositif expérimental adopté est un bloc complètement randomisé. Il comporte 4 blocs avec 6 traitements sur une superficie totale de 972 m<sup>2</sup>, soit un total de 24 parcelles. Chacune des parcelles élémentaires couvre une superficie de 30 m<sup>2</sup> (6 m x 5 m) espacée par une allée de 1 m. Des billons de protection permettent d'isoler les parcelles. La figure 2 présente ce dispositif.



NB :

**BRF 1,5t m 0 N** : apport de 1,5t MS\*ha<sup>-1</sup> de BRF en mulch sans urée ;

**BRF 1,5t e + N** : apport de 1,5t MS\*ha<sup>-1</sup> de BRF enfoui + urée ;

**BRF 1,5t e 0 N** : apport de 1,5t MS\*ha<sup>-1</sup> de BRF enfoui sans urée ;

**BRF 6t m** : apport de 6t MS\*ha<sup>-1</sup> de BRF en mulch ;

**BRF 6t e** : apport de 6t MS\*ha<sup>-1</sup> de BRF enfoui ;

**Té** : témoin sans apport.

**Figure 2** : Dispositif de l'essai BRF de Gampéla

### 2.2.1.2. Prélèvement et préparation des échantillons de sol

Les échantillons de sol ont été prélevés sur la couche 0-5 cm des traitements BRF 1,5t\*MS ha<sup>-1</sup> ; BRF 6t MS\*ha<sup>-1</sup> en mulch sans apport d'urée et le traitement Témoin de chaque bloc de l'essai BRF de Gampéla. Trois (3) échantillons élémentaires ont été prélevés par parcelle en trois points sur la médiane en laissant 1 m d'espace avec la bordure. Ces échantillons élémentaires ont ensuite été mélangés par parcelle. Douze (12) échantillons composites au total ont été ainsi constitués. Les sols prélevés, ont par la suite été séchés à l'air, puis tamisés à 2 mm pour séparer la terre fine des refus. Des aliquotes de la fraction fine des échantillons ont été pesées ; broyées et tamisées à 500 µm pour les analyses au laboratoire.

### 2.2.1.3. Dispositif expérimental de l'essai en pot

Le dispositif expérimental mis en place pour l'essai en pots était totalement randomisé avec trois traitements (aucun apport de substrats, apport de fumier, apport de compost). Ces traitements ont été appliqués aux échantillons de sol prélevés de l'essai BRF de Gampéla, à savoir BRF  $1,5t*ha^{-1}$ , BRF  $6t*ha^{-1}$  et Té (sol témoin). Les combinaisons ont donné les neuf (9) traitements ci-dessous :

- TA :** Témoin absolu
- C :** Traitement compost  $1,44t*ha^{-1}$
- F :** Traitement fumier  $1,44t*ha^{-1}$
- Brf<sub>1,5</sub> :** Traitement BRF  $1,5t*ha^{-1}$
- Brf<sub>1,5</sub> + C :** Traitement BRF  $1,5t*ha^{-1}$  + compost  $1,44t*ha^{-1}$
- Brf<sub>1,5</sub> + F :** Traitement BRF  $1,5t*ha^{-1}$  + fumier  $1,44t*ha^{-1}$
- Brf<sub>6</sub> :** Traitement BRF  $6t*ha^{-1}$
- Brf<sub>6</sub> + C :** Traitement BRF  $6t*ha^{-1}$  + compost  $1,44t*ha^{-1}$
- Brf<sub>6</sub> + F :** Traitement BRF  $6t*ha^{-1}$  + fumier  $1,44t*ha^{-1}$

Avec 5 répétitions par traitement, quarante-cinq (45) pots ont été utilisés pour cette expérimentation. Les pots utilisés avaient les dimensions suivantes :

- diamètre supérieur: 14 cm ;
- diamètre inférieur: 10,5 cm ;
- profondeur: 11,5 cm.

### 2.2.1.4. Conduite de l'expérimentation

L'essai a été conduit du 21 mars 2013 au 16 mai 2013. Les 45 pots ont été remplis chacun avec 1 Kg d'échantillon de sol enrichi ou non au compost ou au fumier. Les sols des pots ont été humectés à la capacité au champ (150 ml) et le semis a été effectué le lendemain. Cinq (5) graines de maïs ont été semées par pot. Cinq (05) jours après semis, un démariage a été effectué pour laisser deux plants par pot. L'arrosage a été fait quotidiennement jusqu'à la fin de l'essai. Les observations ont porté sur la croissance des plantes et les biomasses aérienne et racinaire.

#### *2.2.1.4.1. Mesure de la croissance des plants*

La croissance en hauteur des plants est un indicateur reconnu de fertilité du sol (Diallo *et al.*, 2008). Le suivi de la croissance en hauteur des deux plants de maïs de chaque pot a été effectué pendant 8 semaines consécutives à partir du 5<sup>ème</sup> jour après semis. Sur chaque pied de maïs, la hauteur du plant a été mesurée du collet au dernier bourgeon à l'aide d'une règle graduée (Akédrin *et al.*, 2011).

#### *2.2.1.4.2. Biomasses aérienne et racinaire*

Les biomasses aérienne et racinaire sont des paramètres permettant d'apprécier la productivité d'un sol (Zombré, 2003 ; Diallo *et al.*, 2008). Elles ont été déterminées en fin d'expérimentation après le dépotage des plants de maïs. Il a consisté en une séparation de la biomasse aérienne de la biomasse racinaire en coupant à l'aide d'une paire de ciseaux, les plants de maïs au collet. La biomasse racinaire a été récupérée successivement sur des tamis à mailles de 2 mm et 200 µm et rincée abondamment à l'eau. Par la suite, ces biomasses aérienne et racinaire ont été conditionnées séparément dans du papier aluminium et séchées à l'étuve à ventilation à 40<sup>0</sup> C jusqu'à l'obtention d'un poids constant. La biomasse aérienne a été broyée à 0,5 mm à l'aide d'un broyeur pour les dosages de N et P.

### **2.2.2. Analyse des paramètres physique, chimique et biologique des sols**

Les propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols ont été déterminées sur la terre fine (2 mm) ou broyée à 0,5 mm selon la méthodologie analytique. La granulométrie, le pH et la conductivité électrique ont été déterminés au laboratoire des sols de l'UMR Eco-Sols de l'IRD. La biomasse microbienne des sols a été déterminée au laboratoire de Microbiologie Forestière du Département Productions Forestières de l'INERA / CNRST. Le carbone organique, l'azote total et le phosphore assimilable ont été analysés au BUNASOLS (annexe 2).

#### *2.2.2.1. Détermination de la Granulométrie*

La granulométrie a été réalisée selon la méthode par pipetage après destruction des agrégats avec de l'hydrogène peroxyde, suivie d'une dispersion de l'argile à l'aide d'une solution de l'hexamétaphosphate de sodium.

#### *2.2.2.2. Détermination des $pH_{eau}$ , et $pH_{KCl}$*

Les  $pH_{eau}$  et  $pH_{KCl}$  des échantillons de sol ont été mesurés par la méthode électrométrique au pH mètre à électrodes en verre. La solution utilisée pour la lecture du  $pH_{eau}$  a été préparée dans un rapport masse / volume égal à 1g / 2,5 ml. Pour déterminer le  $pH_{KCl}$ , l'eau distillée a été remplacée par une solution normale de KCl. Pour ce faire, 20 g de sol tamisé à 2 mm sont additionnés à 50 ml d'eau distillée. Le mélange est agité à l'aide d'un agitateur pendant une heure puis déposé pendant 30 mn pour permettre aux ions échangeables ( $H^+$ ,  $Al^+$ ,  $Na^+$ ,...) de se dissoudre dans l'eau. L'ajout du KCl permet aux ions  $K^+$  de remplacer les ions acides ( $H^+$ ,  $Al^+$ ) sur le complexe absorbant.

#### *2.2.2.3 Détermination du carbone organique du sol*

La méthode Walkley-Black (Walkley et Black, 1934) a servi pour doser le carbone organique. Elle consiste en une oxydation à froid du carbone du sol avec du bichromate de potassium ( $K_2Cr_2O_7$ ) 1N en présence de l'acide sulfurique ( $H_2SO_4$ ) concentré. L'excès du bichromate est dosé par du sel de Mohr  $Fe(SO_4)_2(NH_4)_2$  en présence d'indicateur coloré. La teneur en matière organique a été déterminée à partir de la teneur en carbone organique, en utilisant le coefficient multiplicateur de 1,724.

#### *2.2.2.4. Détermination de l'azote total du sol*

La minéralisation de l'azote a été faite selon la méthode de Kjeldhal reprise par Novozansky *et al.* (1983). Il s'agit d'une attaque d'acide sulfurique ( $H_2SO_4$ ) concentré en présence de catalyseur au sélénium et de l'eau oxygénée ( $H_2O_2$ ). Ceci convertit l'azote organique en sulfate d'ammonium  $(NH_4)_2SO_4$ . L'ion ammonium ( $NH_4^+$ ) ainsi formé est dosé par colorimétrie automatique au SKALAR. Son principe est fondé sur la réaction modifiée de Berthelot : l'ammonium est chloré en

chlorure d'ammonium qui réagit avec le salicylate pour former le 5 - aminosalicylate. Après oxydation par couplage il se forme un complexe vert dont l'absorbance est mesurée à 660 nm.

#### 2.2.2.5. Détermination du phosphore assimilable du sol

Le dosage du phosphore assimilable a été effectué par la méthode de BRAY I (Bray et Kurtz, 1945). L'extraction a été effectuée à l'aide d'une solution mixte de fluorure d'ammonium (NH<sub>4</sub>F) à 0,03 M et d'acide chlorhydrique (HCl) à 0,025 M. Cette méthode permet l'extraction du phosphore acido-soluble et une grande partie du phosphore lié au calcium.

#### 2.2.2.6. Détermination de la biomasse microbienne (BM)

La biomasse microbienne a été déterminée selon la méthode de Jenkinson et Powlson (1976) à partir d'échantillons de sols fumigés et non fumigés. La fumigation a consisté, après l'homogénéisation de l'échantillon de sol, à déposer 100 g dans un dessiccateur contenant du chloroforme débarrassé de l'éthanol après plusieurs lavages à l'eau. A l'aide d'une pompe à vide, un vide a été créé dans le dessiccateur en vue de saturer l'atmosphère par les vapeurs de chloroforme. A l'issue de 24 heures environ de fumigation, 4 à 5 vides successifs ont été faits dans le but d'évacuer les vapeurs de chloroforme. Les sols fumigés ou non ont été mis à incuber et des échantillons ont été prélevés après 7 et 14 jours, en vue du dosage du CO<sub>2</sub>.

La biomasse microbienne s'obtient à partir de la formule suivante :

$$\text{Biomasse microbienne (mg/100g de sol)} = [F_{(0-7)} - F_{(7-14)}] / K_c$$

K<sub>c</sub> = coefficient de proportionnalité représentant la fraction minéralisable en CO<sub>2</sub> du carbone de la biomasse, est égal à 0,41 (Anderson et Domsch, 1978; Chaussod *et al.*, 1986; Kambiré, 1994);

F<sub>(0-7)</sub> et F<sub>(7-14)</sub> représentant le C-CO<sub>2</sub> dégagé respectivement entre 0-7 et 7-14 jours d'incubation.

### 2.2.3. Analyse du matériel végétal

Les échantillons de plants de maïs préalablement séchés ont été broyés pour les analyses chimiques. Ces analyses ont concerné l'azote total et le phosphore total.

#### 2.2.3.1. Azote total

L'azote total a été déterminé par la méthode de Kjeldahl. Elle consiste en une digestion humide en présence de l'acide sulfurique ( $H_2SO_4$ ) et de sélénium. Après digestion, le substrat est recueilli dans des fioles de 200 ml. Un volume de 10 ml du substrat est prélevé pour être distillé. La distillation est faite par entraînement de la vapeur en présence de 20 ml de NaOH 1 N. Le distillat est recueilli dans un erlenmeyer qui contient 20 ml d'acide borique et 4 gouttes d'indicateur à base de rouge de méthyle. Le titrage est fait avec l'acide sulfurique ( $H_2SO_4$ ) 0,1 N.

#### 2.2.3.2. Phosphore total

Le phosphore total a été déterminé par la méthode de Duval consistant en la calcination de l'échantillon à 550°C pendant une nuit. La cendre est recueillie dans une solution de  $HNO_3$  1N, l'ensemble est légèrement chauffé puis filtré dans une fiole. Le filtrat est coloré avec le molybdate d'ammonium en présence de l'acide ascorbique et l'intensité de la coloration est déterminée par colorimétrie à la longueur d'onde de 660 nm.

#### 2.2.3.3. Analyse statistique des données

Le logiciel Microsoft Office Excel 2007 a été utilisé pour la saisie des données. L'analyse de variance (ANOVA) et le test de Newman-Keuls (SNK) au seuil de 5 % ont été appliqués sur les mesures de croissance du maïs, absorption des éléments minéraux par les plants ainsi que les données d'analyse des sols à l'aide du logiciel XLSTAT PRO 7.5.2. Version 2012. Les corrélations linéaires de Pearson ( $P \leq 5 \%$ ) entre les biomasses aérienne et racinaire ont été étudiées. Les interprétations des caractéristiques des sols ont été faites selon les normes du BUNASOLS (1990).

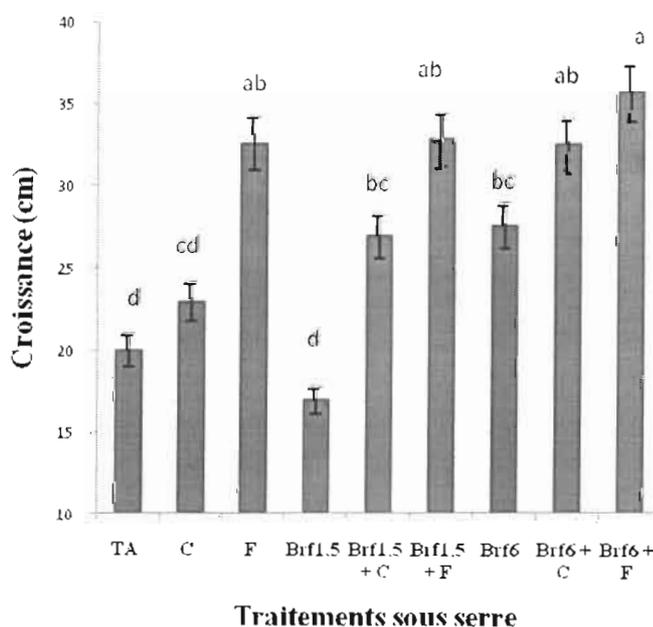
## CHAPITRE III. RESULTATS ET DISCUSSION

### 3.1. RESULTATS

#### 3.1.1. Effet des traitements sur les paramètres de rendement du maïs

##### 3.1.1.1. Effets des traitements sur la hauteur de maïs

La figure 3 montre les résultats de l'effet des traitements sur la croissance du maïs. L'analyse des variances (ANOVA) et le test de Student Newman Keuls (SNK) au seuil de 5 % de ces résultats ont montré cinq (05) groupes différents. Les traitements qui portent les mêmes lettres indiquent une différence non significative. Il se dégage de ces analyses que la croissance des plants est significativement plus importante au niveau du traitement  $\text{Brf}_6 + \text{F}$  par rapport au TA. Cette différence est de l'ordre de 78,41 % (annexe 4). Ce traitement est suivi des traitements  $\text{Brf}_{1,5} + \text{F}$ ,  $\text{F}$  et  $\text{Brf}_6 + \text{C}$  avec des différences de l'ordre de 64,33 % ; 63,03 % et 62,58 % respectivement (annexe 4). Dans le groupe homogène des traitements  $\text{Brf}_{1,5} + \text{F}$ , ce dernier a respectivement augmenté la hauteur des plants de 0,79 % ; 1,08 % comparativement aux traitements  $\text{F}$  ;  $\text{Brf}_6 + \text{C}$ . Ce même traitement ( $\text{Brf}_{1,5} + \text{F}$ ) a donné de meilleures croissances en hauteur des plants par rapport aux traitements  $\text{Brf}_6$  ;  $\text{Brf}_{1,5} + \text{C}$  et  $\text{C}$  (annexe 4). Le plus faible résultat a été observé au niveau du traitement  $\text{Brf}_{1,5}$ .



**Figure 3** : Accroissement des plants de maïs en fonction des traitements

### 3.1.1.2. Effets des traitements sur la production des biomasses aérienne et racinaire du maïs

La figure 4 présente les effets des traitements sur la production des biomasses aérienne et racinaire. Les traitements qui portent les mêmes lettres indiquent une différence non significative. Les résultats indiquent que les biomasses aérienne et racinaire sont en moyenne plus élevées au niveau du traitement  $\text{Brf}_6 + \text{F}$  (respectivement 4,25 g et 2,16 g) qui est du même groupe homogène que les traitements  $\text{Brf}_6 + \text{C}$  et  $\text{F}$  au niveau de la biomasse aérienne. Le groupe de traitement  $\text{Brf}_6 + \text{F}$  est suivi par les moyennes de biomasse du traitement  $\text{Brf}_{1,5} + \text{F}$  (3,36 g et 1,57 g). La plus faible biomasse aérienne a été obtenue au niveau du traitement  $\text{Brf}_{1,5}$  (1,76 g) et celle des racines a été observée dans le traitement TA (0,75 g).

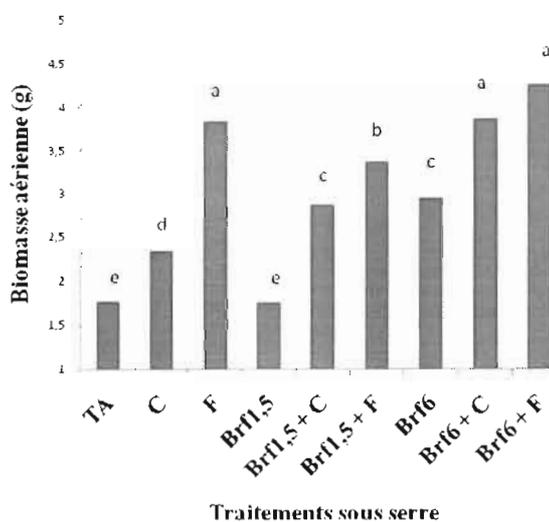


Figure 4a : Biomasse aérienne en fonction des traitements

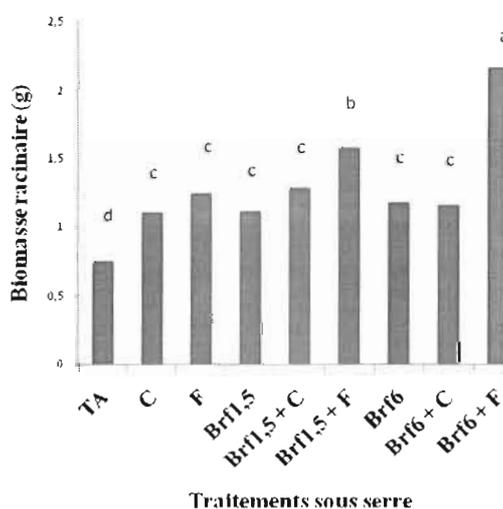
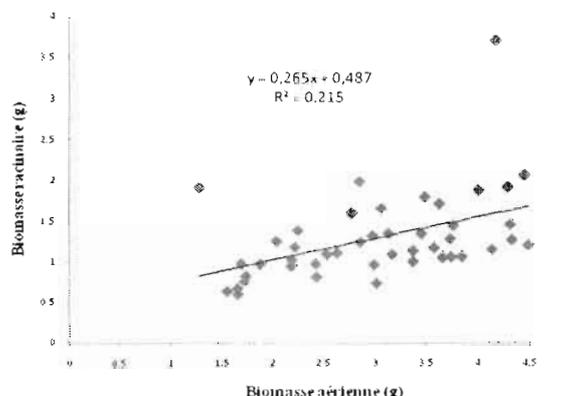


Figure 4b : Biomasse racinaire en fonction des traitements

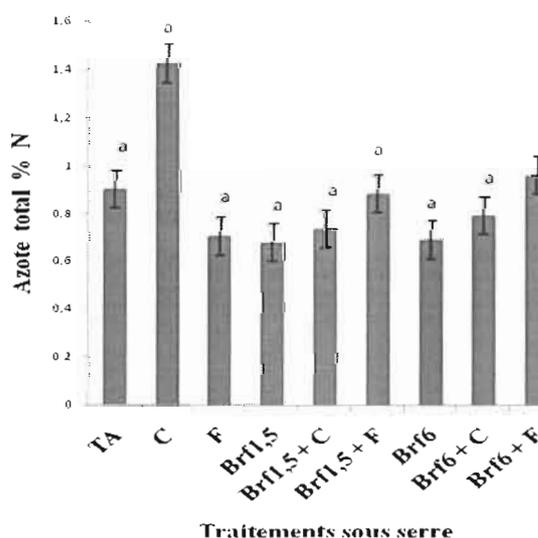
Au seuil de 5 %, le test de corrélation de Pearson montre que la biomasse aérienne est positivement corrélée à la biomasse racinaire ( $r = 0,46$  ;  $p = 0,001$ ). L'équation de la droite de régression est :  $y = 0,265x + 0,487$  (figure 5).



**Figure 5:** Corrélation entre les biomasses aérienne et racinaire des plants de maïs

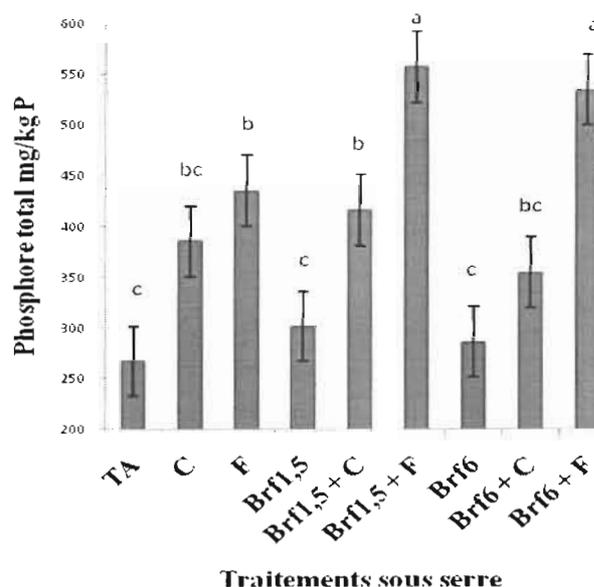
### 3.1.2. Effets des traitements sur l'absorption des éléments chimiques par les plants de maïs

L'absorption des éléments majeurs par les plants de maïs ont été fonction des traitements effectués. L'analyse des résultats n'a révélé aucune différence significative entre les traitements au niveau de l'absorption de l'azote (figure 6a). Cette absorption de l'azote au niveau du traitement C se distingue par son taux élevé (1,42 %) comparativement aux autres traitements. Ce résultat a été suivi du traitement  $Brf_6 + F$  et la plus faible absorption est observée au niveau du traitement  $Brf_{1,5}$ .



**Figure 6a :** Teneurs en azote total de la biomasse aérienne du maïs

Quant à l'absorption du phosphore (figure 6b), l'analyse de variances au seuil de 5 % a montré quatre (04) groupes entre les différents traitements. Le taux d'absorption du phosphore a été plus élevé au niveau du traitement Brf<sub>1,5</sub> + F (557,455 mg\*kg<sup>-1</sup>) appartenant au même groupe homogène que le traitement Brf<sub>6</sub> + F (534,545 mg\*kg<sup>-1</sup>). Ce groupe est suivi des traitements F et Brf<sub>1,5</sub> + C, qui ne sont pas significativement différents des traitements intermédiaires C et Brf<sub>6</sub> + C. Les faibles teneurs d'absorption ont été observé au niveau des traitements témoins (TA ; Brf<sub>1,5</sub> ; et Brf<sub>6</sub>).



**Figure 6b** : Teneurs en phosphore de la biomasse aérienne du maïs

### 3.1.3. Effets des traitements au champ sur les caractéristiques physique, chimique et biologique des sols

#### 3.1.3.1. Caractéristiques physique et chimique des sols

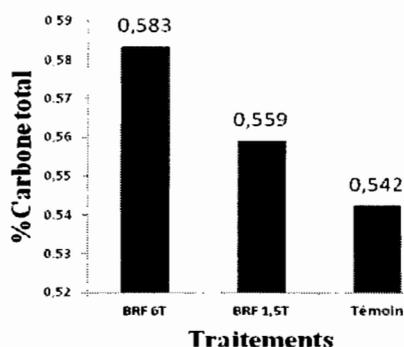
Les classes granulométriques des différents échantillons de sol amendés aux BRF 6t MS\*ha<sup>-1</sup>, BRF 1,5t MS\*ha<sup>-1</sup> et sols témoins sont consignées dans le tableau III. Les résultats montrent que ces sols ont une texture sablo-limoneuse. Ils présentent un pH bas (acide) dans l'ensemble (5,54 à 6,31). Les teneurs en carbone organique, azote total et phosphore assimilable montrent des différences significatives entre les échantillons de sol au seuil de 5 % (figures 7a, 7b et 7c). Le rapport C/N est moyen selon le manuel technique de l'évaluation des terres du BUNASOLS (1990). L'analyse de ce résultat n'a pas montré de différence significative entre les traitements. Toutefois, les différentes doses de BRF appliquées ont augmenté les teneurs en carbone organique de 7,56 %

et de 3,14% respectivement pour le BRF 6t MS\*ha<sup>-1</sup> et BRF 1,5t MS\*ha<sup>-1</sup> par rapport au traitement témoin. Les teneurs en azote ont augmenté de 9,52 % et de 2,38 % respectivement pour le BRF 6t MS\*ha<sup>-1</sup> et le BRF 1,5t MS\*ha<sup>-1</sup> par rapport au sol témoin. Les teneurs en phosphore assimilable ont été augmentées de 63,20 % et 22,36 % respectivement pour les sols ayant reçu BRF 6t MS\*ha<sup>-1</sup> et BRF 1,5t MS\*ha<sup>-1</sup> en comparaison avec le sol témoin. Le rapport C/N est statistiquement homogène pour tous les traitements.

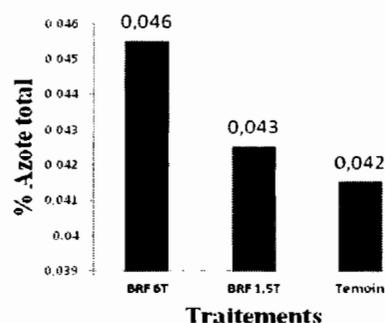
**Tableau III : Caractéristiques physique et chimique des sols**

Traitements	Caractéristiques					
	sable (%)	limon (%)	Argile (%)	Co (%)	N <sub>t</sub> (%)	P <sub>ass</sub> (%)
BRF 6t	71,27	20,44	8,29	0,58a	0,05a	5 10a <sup>-4</sup>
BRF 1,5t	67,51	24,33	8,17	0,56a	0,04a	3,8 10a <sup>-4</sup>
Témoin	65,76	25,48	8,76	0,54a	0,04a	3,1 10a <sup>-4</sup>

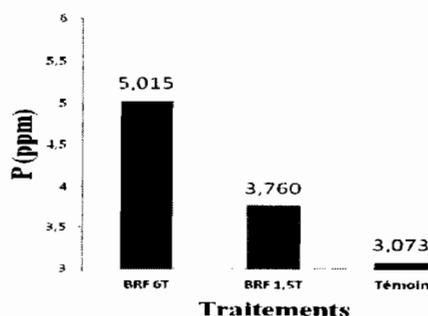
NB : sable (%) = pourcentage de sable, limon (%) = pourcentage de limon, argile (%) = pourcentage d'argile, C<sub>o</sub> (%) = pourcentage de carbone organique, N<sub>t</sub> (%) = pourcentage d'azote total, P<sub>ass</sub> (%) = pourcentage de phosphore assimilable, C/N = ratio carbone sur azote, pH = potentiel hydrogène.



**Figure 7a : Teneurs en carbone des sols**



**Figure 7b : Teneurs en azote des sols**



**Figure 7c : Teneurs en phosphore assimilable des sols**

### 3.1.3.2. Caractéristiques biologique des sols

Elle a été déterminée par la biomasse microbienne dans les sols. Les résultats ont montré que cette biomasse est en moyenne plus élevée dans les sols amendés avec BRF 6t MS\*ha<sup>-1</sup> (75,22 %), suivi de BRF 1,5t MS\*ha<sup>-1</sup> (24,89 %) par rapport au sol témoin (tableau IV). L'analyse de variances au seuil de 5 % montre une différence significative entre la biomasse microbienne des échantillons de sol utilisés.

**Tableau IV** : Biomasse microbienne des sols

Traitements sols	BM (mg/100g de sol)	Groupes homogènes
BRF 6t MS*ha <sup>-1</sup>	72,081	A
BRF 1,5t MS*ha <sup>-1</sup>	51,378	B
Témoin sans apport	41,138	C

**NB** : BM : biomasse microbienne.

## 3. 2. DICUSSIONS

### 3.2.1. Effet des traitements sur le rendement des plants de maïs

Nos résultats d'analyse des effets de l'enrichissement au compost ou au fumier des sols amendés aux BRF de *P. reticulatum* sur le rendement du maïs, ont montré que les traitements combinant le fumier et le BRF (Brf<sub>6</sub> + F, Brf<sub>1,5</sub> + F) ont permis d'avoir les meilleures croissances en hauteur et les biomasses les plus importantes en comparaison avec leurs combinaisons avec le compost (Brf<sub>6</sub> + C, Brf<sub>1,5</sub> + C). Ces résultats confirment ceux du manuel technique pour l'évaluation des terres du BUNASOLS (1990). En effet, cela pourrait s'expliquer par le taux en azote moyen du fumier apporté (3,09 %) et la stimulation de l'activité microbienne du sol induite par ces différentes doses de BRF apportées au sol. En outre, les mêmes traitements (Brf<sub>6</sub> + F, Brf<sub>1,5</sub> + F) ont conduit à des taux d'absorption les plus élevés des plants en phosphore respectivement de 100 % et 108 % par rapport à leurs combinaisons avec le compost. Par ailleurs, l'azote constitue le moteur des cultures dont le maïs a besoin pour sa croissance (Arun Kumar *et al.*, 2007 ; Ayeni, 2010). Ces résultats corroborent ceux de Zongo (2009) qui a également trouvé une utilisation de fumier par 52 % des producteurs en apport complémentaire avec les BRF pour pallier la faim d'azote, contre 18 % pour le compost. Enfin, le fumier est un moyen d'amélioration des rendements agricoles (Bonzi, 1989 ; Kini, 2007). Cela est étayé par les croissances en hauteurs induites par ces combinaisons.

L'amélioration de la biomasse aérienne par les traitement Brf<sub>6</sub> + F et Brf<sub>1,5</sub> + F pourrait s'expliquer par un effet synergique entre les éléments de ces traitements tel que souligné par de nombreux auteurs (Gunes *et al.*, 1998 ; Tremblay et Beausoleil, 2000) avec pour conséquence une meilleure utilisation de ces éléments par la plante. En effet, les amendements organiques incorporés aux sols sous forme de fumier ou de compost enrichissent la fraction légère et constituent une source d'azote, d'humus et une meilleure rétention de l'eau (Zongo, 2009) favorisant la croissance des plantes, donc la production de biomasse.

L'augmentation de la biomasse racinaire des traitements Brf<sub>6</sub> + F et Brf<sub>1,5</sub> + F pourrait s'expliquer par le niveau élevé de ces traitements en phosphore total. En effet, une disponibilité élevée de phosphore pour les cultures stimule le développement de leur système racinaire et par conséquent une plus grande absorption d'autres éléments minéraux du sol résultant en une amélioration de la croissance des cultures (FAO, 2004).

### **3.2. 2. Absorption des éléments majeurs par les plants de maïs**

Les teneurs en azote et en phosphore total de la biomasse aérienne ont varié en fonction des traitements. Le taux d'absorption du phosphore a montré une différence significative entre les traitements avec cependant, un taux de mobilisation plus important au niveau des traitements Brf<sub>1,5</sub> + F; Brf<sub>6</sub> + F et F. Ces fortes teneurs en phosphore total observées au niveau des traitements combinant le fumier pourraient s'expliquer par l'effet synergique entre les éléments de ces traitements comme souligné par Vanlauwe *et al.* (2006) et Gilli et Günther (2012). Cela confirme les conclusions selon lesquelles l'absorption des macroéléments (N, P, K) augmente en présence de substances humiques (Mackowiak *et al.*, 2001) et du pH du milieu (Nardi *et al.*, 2002). Nos résultats sont conformes à ceux de Bonzi (1989) et Kini (2007) qui ont montré que le fumier convenablement employé est un moyen d'enrichissement des sols et d'amélioration des rendements agricoles. La faible teneur en phosphore enregistrée au niveau du traitement TA serait liée à la carence du sol en cet élément. Nos résultats sont en conformité avec ceux trouvés par Fardeau et Martinez (1996) et Compaoré *et al.* (2001) qui ont montré une insuffisance de phosphore et de matière organique des sols du Burkina Faso et sa faible disponibilité pour les cultures.

L'analyse des résultats d'absorption de l'azote a montré que le traitement C (1,42%) a permis d'avoir la plus forte teneur en azote de la biomasse aérienne du maïs comparativement aux autres traitements qui sont statistiquement homogènes. Ce résultat pourrait se justifier par l'amélioration de l'absorption de l'azote par la plante due à ce traitement. Toutefois, nos teneurs d'absorption en azote sont inférieures aux normes de classification établie par CRAAQ (2003). Selon cette classification, la nutrition du maïs est bonne lorsque les teneurs en N sont comprises entre 2,76 et 3,5 %.

### **3. 2.3. Caractéristiques physique, chimique et biologique des sols**

L'application des bois raméaux fragmentés améliore les propriétés physique, chimique et biologique du sol (Otrysko et Pagé, 2001 ; Rey *et al.*, 2009 ; Gilli et Günther, 2012). Ainsi, les résultats obtenus ont montré que l'apport de BRF 6t MS\*ha<sup>-1</sup> de *Piliostigma reticulatum* a amélioré le pH du sol de 13,90 % et de 3,07 % pour l'apport BRF 1,5t MS\*ha<sup>-1</sup> par rapport au sol témoin. Noël (2006) explique ces effets par la présence de groupements organiques sur l'humus formé, jouant un rôle tampon. Cette augmentation de pH est une étape importante pour le redressement d'un sol fortement acide (sol témoin) selon les normes de CRAAQ (2003). Contrairement aux conclusions de Tremblay et Beauchamp (1998) et Noël (2006), nos résultats sont en conformité avec ceux de Barhès *et al.* (2010) qui ont également observé une augmentation de la valeur du pH

dans les sols acides avec l'apport de BRF. Notons que les différents pH obtenus (5,54 à 6,31) restent dans la limite de pH pour les sols agricoles qui se situent entre 4 et 8 (Mémento de l'agronome, 2002).

Les résultats d'analyse de ces sols ont également montré une légère augmentation des teneurs du carbone organique et de l'azote total comparativement aux résultats d'analyse effectués par Basson (2012) (annexe 1). Cependant, la teneur du phosphore assimilable de nos analyses a baissé par rapport à ces résultats. Cela pourrait se justifier par une immobilisation du phosphore telle que démontrée par Barthès *et al.* (2010). Pour ce qui est du rapport C/N, il renseigne sur la qualité des amendements organiques et leur capacité à fournir l'azote (Stevenson, 1984). Ce rapport a été similaire pour tous les échantillons de sol analysés. Selon Boyadgiev (1980), un rapport C/N bas (10 - 20) indique une bonne activité biologique du sol.

En général, l'analyse de variance au seuil de 5% a montré que le traitement BRF 6t MS\*ha<sup>-1</sup> a influencé de manière significative les teneurs en carbone organique, azote total, phosphore assimilable, pH et la population microbienne du sol par rapport à BRF 1,5t MS\*ha<sup>-1</sup> et au témoin. Ces résultats sont respectivement justifiés par la croissance en hauteur (37,77 % et -15,43 %) et l'accroissement de la biomasse végétale (63,72 % et 13,77 %) de ces traitements par rapport au témoin. Nos résultats mettent en évidence l'effet activateur de la matière organique sur la biomasse microbienne et l'activité biologique du sol comme l'ont décrit de nombreux auteurs (Lundquist *et al.*, 1999 ; Salawu, 2009 ; Barthès, 2010 ; Domenech, 2011). La faible croissance en hauteur observée au niveau du traitement BRF 1,5t MS\*ha<sup>-1</sup> serait liée à une inhibition des éléments nutritifs du sol à cette dose de BRF de *P. reticulatum* apportée.

## CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Dans un contexte agricole marqué par les changements globaux (climatique et anthropique), une baisse continue de la fertilité des sols, une augmentation du prix des engrais et une fluctuation des prix des produits agricoles, les exploitants agricoles cherchent à améliorer leurs systèmes de culture pour atteindre le double objectif du maintien de leur revenu et de la préservation de leur environnement. Ainsi, le BRF (Bois Raméal Fragmenté) apparaît comme une solution alternative permettant de mieux concilier une production intensive et les préoccupations actuelles de conservation environnementale. Notre étude visait à appréhender les caractéristiques physiques, chimiques et biologiques des traitements BRF 6t MS\*ha<sup>-1</sup> ; BRF 1,5t MS\*ha<sup>-1</sup> et témoin de l'essai de Gampéla et de tester sous serre leurs réponses à l'enrichissement au fumier ou au compost sur le rendement du maïs. Les mesures des rendements relatifs, les analyses chimiques portant sur les teneurs en N et en P de la biomasse aérienne, le pH, ainsi que les teneurs en C, N, P et la biomasse microbienne du sol ont permis de tirer les conclusions suivantes :

- Les traitements BRF 6t MS\*ha<sup>-1</sup> et BRF 1,5t MS\*ha<sup>-1</sup> de *Piliostigma reticulatum* combinant le fumier de déjection ovine ont respectivement permis d'avoir les meilleures croissances en hauteur et en biomasses aérienne et racinaire des plants comparativement aux traitements avec compost. Au regard de ces résultats, nous pouvons affirmer que pour une utilisation optimale des BRF, le traitement BRF 1,5t MS\*ha<sup>-1</sup> combinant le fumier permettrait de mieux concilier une bonne production agricole et les préoccupations actuelles de préservation environnementale;
- Les analyses chimiques portant sur les teneurs en N et P de la biomasse aérienne ont montré que ce même traitement Brf<sub>1,5</sub> + F a le plus contribué à l'absorption du phosphore total par les plants de maïs avec cependant une différence significative entre les différents traitements. Au niveau de l'absorption de l'azote, la plus forte teneur en azote de la biomasse aérienne a été obtenue par le traitement compost seul (TC). La plus faible teneur a été observée au niveau du traitement Brf<sub>1,5</sub> seul;
- Les résultats d'analyse des échantillons de sol prélevés de l'essai de Gampéla ont montré que le traitement BRF 6t MS\*ha<sup>-1</sup> de *Piliostigma reticulatum* a contribué de façon générale à l'augmentation des teneurs en carbone organique, en azote total, phosphore assimilable, pH et biomasse microbienne des sols comparativement au traitement BRF 1,5t\*MS ha<sup>-1</sup> de *Piliostigma reticulatum*. Les plus faibles teneurs ont été observées au niveau du traitement témoin sans apport. Avec l'enrichissement au compost ou au fumier de ces sols, nous avons observé une

variation de teneurs en azote et phosphore totaux, de la croissance en hauteur et de la biomasse entre les traitements.

Au terme de ces travaux, nous pouvons dire que les amendements raméaux à base de *Piliostigma reticulatum* combinés au fumier semblent être les combinaisons les plus efficaces par rapport aux combinaisons compost et amendement témoins seuls. Dans un contexte marqué par la faible utilisation des intrants et une augmentation continue du prix des engrais, ces résultats pourraient être très utiles pour la promotion d'une agriculture biologique qui prône la réduction de l'utilisation des produits chimiques en production végétale au profit des engrais organiques naturels. Pour mieux appréhender l'impact agronomique des combinaisons BRF avec compost ou fumier, il faudrait alors :

- conduire cette étude en milieu paysan avec l'application des doses recommandées de compost et fumier afin d'évaluer les rendements pour une meilleure évaluation du système ;
- rechercher des espèces les mieux adaptées à la production de BRF en fonction du climat, du sol, des cultures envisagées et des contextes socio-économiques ;
- inciter à la plantation de ligneux pouvant être utilisés par les exploitants pour le développement de la pratique et la lutte contre la dégradation du couvert végétal.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Akédriin T. N., N'guessan K., Aké-Assi E., Kassi J. et Aké S., 2011.** Evaluation des effets comparatifs de 11 Légumineuses herbacées ou sub-ligneuses sur la croissance du maïs. *Journal of Applied Biosciences*, 37, 2468-2476.
- Aït-Houssa A., Bembella M. et Badraoui M., 2004.** Eléments d'aide au raisonnement de l'échantillonnage du sol en parcelle agricole. *Rev, HTE.*, 129, 20 - 29.
- Albrecht R., Joffre R., Gros R., Le Petit J., Terrom G. et Périssol C. 2007.** Efficiency of near-infrared reflectance spectroscopy to assess and predict the stage of transformation of organic matter in the composting process. *Bioresource Technology* 99 (2), 448 - 455.
- Anderson J. P. E. et Domsch K. H. 1978.** Mineralization of bacteria and fungi in chloroform fumigated soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 10 : 207 - 213.
- Arbonnier M., 2000.** Arbres, arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'Ouest. CIRAD / MNHN / UICN, 541 p.
- Arun Kumar M. A., Gali S. K. et Hebsur N. S., 2007.** Effect of Different Levels of NPK on Growth and Yield Parameters of Sweet Corn. *Karnataka Journal of Agricultural Sciences*, 20, 41-43.
- Asselineau E. et Domenech G. 2007.** De l'arbre au sol : les Bois Raméaux Fragmentés, *Ed. Du rouergue*. Ouvrage grand public sur les BRF et le sol. 190 p.
- Asselineau E., 2008.** Le Bois Raméal Fragmenté dit BRF. 12 p.
- Ayeni L. S., 2010.** Effect of Combined Cocoa Pod Ash and NPK Fertilizer on Soil Properties, Nutrient Uptake and Yield of Maize (*Zea mays*). *Journal of American Science*. 6, 79 - 84.
- Bachelier G., 1978.** La faune des sols, son écologie et son action. Initiation - Documentations Techniques n° 38. O.R.S.T.O.M. Paris, France, 391 p.
- Bado B. V., Sédogo M. P., Cescas M. P., Lompo F. et Bationo A., 1997.** Effet à long terme des fumures sur le sol et les rendements du maïs au Burkina Faso. *Cahiers d'Agricultures*, Burkina Faso. N° 571 - 575.
- Bado B.V., 2002.** *Rôle des légumineuses sur la fertilité des sols ferrugineux tropicaux des zones guinéenne et soudanienne du Burkina Faso.* Thèse de Philosophie Doctor (Ph. D.), Université

Laval, Québec, Canada, 197 p. <http://archimede.bibl.ulaval.ca/archimede/fichiers/20487/20487.pdf>, consulté le 23/02/2013.

**Badolo M., 2008.** Indications sur les incidences potentielles des changements climatiques sur la sécurité alimentaire au Sahel. Cahier des changements climatiques. *Bulletin mensuel d'information sur les changements climatiques de l'Institut d'Application et de Vulgarisation en Sciences*. 6, 9 p.

**Barthès G., Manlay R. J. et Porte O., 2010.** Effets de l'apport de bois raméal sur la plante et le sol : une revue des résultats expérimentaux. *Cahiers Agricultures*, 19 : 280-287.

**Basson F., 2012.** Réponse du maïs (*Zea mays*. L.) à l'application de l'engrais aux sols amendés avec les bois raméaux fragmentés de *Piliostigma reticulatum* (D.C.). Hochst. Mémoire de DEA / Université de Ouagadougou, Burkina Faso, 50 p.

**Bationo A., Koala S. et Ayuk., E., 1998.** Fertilité des sols pour la production céréalière en zone sahélo-soudanienne et valorisation des phosphates naturels. *Cahiers Agricultures*, 7, 365 - 371.

**Bekunda M., Sanginga P. L. et Woomer, 2010.** Restoring Soil Fertility in Sub-Sahara Africa. In: *Advances in Agronomy*. 108 : 183 - 236.

**Bonzi M., 1989.** Etudes des techniques de compostage et évaluation de la qualité des composts : Effets des matières organiques sur les cultures et la fertilité des sols. Mémoire de fin d'étude IDR, Université de Bobo – Dioulasso, Burkina Faso, 66 p.

**Bolan N. S., Adrianob D. C., Natesana R. et Koob B.-J., 2003.** Effects of Organic. Amendments on the Reduction and Phytoavailability of Chromate in Mineral Soil. *Journal of Environmental Quality* 32, 120-128.

**Bray R. H. et Kurtz L. T., 1945.** Détermination des formes totales, organiques, et disponibles de phosphore dans les sols. *Soil Science*, 59, 39-45.

**Bresson L. M., Koch C., Bissonnais Y., Barriuso E. et Lecomte V., 2001.** Soil surface structure stabilization by municipal waste compost application. *Soil Science Society of America Journal* 65, 1804 - 1811.

**BUNASOLS, 1987.** Méthodes d'analyse physique et chimique des sols, eaux et plantes. Documentations techniques N°3, Ouagadougou, Burkina Faso. 163 p.

**BUNASOLS, 1990.** Manuel pour l'évaluation des terres. Document technique n°6, Ouagadougou, Burkina Faso, 181 p.

- Cabral A. S., 2011.** Caractérisation de la ressource en bois raméal à l'échelle du terroir de Loukoura au Burkina Faso, Mémoire de fin de cycle, Ingénieur forestier, AgroParisTech, 115 p.
- Chaussod R., Nicolardot B. et Catroux G., 1986.** Mesure en routine de la biomasse microbienne des sols par la méthode de fumigation au chloroforme. *Science du Sol*, 2 : 201 - 211.
- Cirad-Gret., 2002.** Mémento de l'agronome. 5<sup>ème</sup> ed. 1691 p.
- Compaoré E., Fardeau J. C., Morel J. L. et Sedogo M. P., 2001.** Le phosphore biodisponible des sols: Une des clé de l'agriculture durable en Afrique de l'Ouest. Cahiers Agricultures, 10. Numéro (2). 8 - 15.
- Cotxarrera L., Trillas-Gay M. I., Steinberg C. et Alabouvette C., 2002.** Use of sewage sludge compost and *Trichoderma asperellum* isolates to suppress *Fusarium* wilt of tomato. *Soil Biology and Biochemistry* 34, 467-476 p.
- Cornelis J., 2001.** Un autre regard sur la fertilité du sol. Groupe de Coordination sur les Bois Raméaux. Université Laval, Québec, Canada, 13 p.
- [www.hydrogeochem.qc.ca/pages/publications\\_gcbr/doc144.pdf](http://www.hydrogeochem.qc.ca/pages/publications_gcbr/doc144.pdf), consulté le 20/01/2013.
- CPCS, 1967.** *Classification des sols*. Travaux CPCS 1963-1967 INA, GRIGNON, France.
- CRAAQ, 2003.** *Guide de référence en fertilisation*. 1<sup>ère</sup> édition : première mise à jour (avril 2005), 15 p. [http://pub.craaq.qc.ca/abon/Contenu\\_global.pdf](http://pub.craaq.qc.ca/abon/Contenu_global.pdf), consulté le 25/05/2012.
- Crecchio C., Curci M., Pizzigallo M. D. R., Ricciuti P. et Ruggiero P., 2004.** Effects of municipal solid waste compost amendments on soil enzyme activities and bacterial genetic diversity. *Soil Biology and Biochemistry* 36, 1595 - 1605.
- Davy M., 2011.** Diverses cultures sous tunnel froid et en plein champ. *Intérêts agronomiques et environnementaux du Bois Raméal Fragmenté (BRF) - 4ème année*. Agrobiologie, Chambre d'agriculture Morbihan, 19 p.
- Devisscher S., 1997.** Propriétés et valorisation du compost. Mémoire de DESS. Université de Picardie, France, 60 p.
- DGPER., 2010.** Analyse de la Compétitivité des Filières de Céréales Sèches au Burkina Faso. MAHRH Presse : Ouagadougou, Burkina Faso.
- Diack M., Sene M., Badiane A. N., Diatta M. et Dick R. P., 2000.** Decomposition of a native shrub, *Piliostigma reticulatum*, litter in soils of semiarid Senegal. *Arid Soil Research and Rehabilitation*, 14 (3): 205 - 218.

- Diallo M. D., Chotte J. L., Guissé A. et Sall S. N., 2008.** Influence de la litière foliaire de cinq espèces végétales tropicales sur la croissance du mil (*Pennisetum glaucum* L. R. Br.) et du maïs (*Zea mays* L.). *Sécheresse.*, 19, 207 - 210.
- Dickman S. R. et Bray R. H., 1940.** Colorimetric determination of phosphate. *Ind. Eng. Chem., Anal. Ed.*, 12 : 665 - 668.
- Dodelin et al., 2007.** « *Les rémanents en agriculture et foresterie : les branches, un matériau d'avenir* » Ed. Lavoisier, coll. Tech et Doc. Les actes du premier colloque français sur les BRF.
- Domenech G., 2011.** Le BRF (Bois Raméal Fragmenté) et son utilisation dans le paysagisme et l'agriculture. Conférence donnée par Gilles Domenech à l'école d'Horticulture de Lullier le 26 janvier 2011 dans le cadre du cours de perfectionnement «Le sol, un milieu vivant» : Terre en sève. [www.terreenseve.fr](http://www.terreenseve.fr). consulté le 23/02/2013.
- Dommergues Y., 1960.** La notion de coefficient de minéralisation du carbone dans les sols. *L'Agronomie Tropicale*, 15(1) : 55 - 60.
- DPSAA., 2011.** Direction de la Prospective et des Statistiques Agricoles et Alimentaires : Articles de la Direction des PSAA à des conférences scientifiques. Burkina Faso, 211 p.
- Dumon R., 1982.** La valorisation énergétique du bois et de la biomasse: l'énergie verte. Ed. Masson, Paris, New York, Barcelone, Milan, Mexico, Rio De Janeiro, 70 p.
- Dupéty, J. 2007.** *Le BRF, vous connaissez ? (Bois Raméal Fragmenté)?* Editions de Terran.
- Ellis J. R., Roder W. et Mason S. C., 1992.** Grain-sorghum-soybean Rotation and Fertilization influence on Vesicular - Arbuscular Mycorrhizal fungi. *Soil Science American Society Journal* : 56, 789 - 794.
- Erhart E., Burian K., Hartl W. et Stich K., 1999.** Suppression of *Pythiumultimum* by biowaste composts in relation to compost microbial biomass, activity and content of phenolic compounds. *Journal of Phytopathology - Phytopathologische Zeitschrift* 147, 299 - 305.
- FAO., 2004.** Use of phosphate rocks for sustainable agriculture. *Bulletin FAO Fertiliser and Plants Nutrition.*, 13, 148 p.
- FAO., 2007.** Annuaire statistique de la FAO 2007 - 2008, Rome, Italie.
- Fengel D. et Wegener G., 1984.** Wood, de la chimie, de l'ultrastructure, les réactions New York : Waster, Grugter. 613 p.

**Francou C., 2003.** Stabilisation de la matière organique au cours du compostage: Influence de la nature des déchets et du procédé de compostage - Recherche d'indicateurs pertinents. Thèse de Docteur, Institut National Agronomique Paris Grignon, France, 288 p.

**Fuchs J. S., 2004.** Le compost, c'est quoi? Définition, composition, valorisation, qualité.

Institut de recherches et de consultations en agronomie et écologie appliquées .biophytas, la qualité pour assurer l'avenir ! 10 p.

**Gay J. P., 1984.** Fabuleux maïs: histoire et avenir d'une plante, AGPM, Info compo, Pau. 295 p.

**Germain D., 2007.** L'aggradation des sols via le bois raméal fragmenté. Ing., M. Sc., Ph.D. Québec Canada, GIR 2S7. 9 p.

**Gilli C. et Günther V., 2012.** Le bois raméal fragmenté (BRF). Station de recherche Agroscope Changins-Wädenswil ACW. 2 p.

**Giroux M., Quénum M. et Royer R., 2005.** Influence des systèmes culturaux et des modes de fertilisation sur le bilan de la matière organique, du phosphore et du potassium, l'évolution de teneurs en éléments nutritifs des sols et les rendements des cultures. *Cahier de l'Observatoire de la qualité des sols du Québec*, Canada, N° 4 - 46 p.

**Guittouy-Larcheveque, M. 2004.** Valorisation d'un compost de boues urbaines en garrigue pour le reboisement : Comportement des jeunes arbres d'une plantation et modifications de la dynamique de la végétation naturelle après amendement. Thèse de Doctorat, Université Paul Cezanne, 227 p.

**Gobalt J.M., Aragno M. et Matthey W., 2003.** Le Sol vivant. Base de pédologie. Biologie des sols. 2e éd. revue et augmentée, coll. Gérer l'Environnement, Lausanne (Presse polytechniques et universitaires romandes, éd.), XX - 572 p.

**Gunes A., Alpaslan M. et Inal A., 1998.** Critical nutrient concentrations and antagonistic and synergistic relationships among the nutrients of NFT-grown young tomato plants. *Journal of Plant Nutrition*, **21**, 2035 - 2047.

**Haider K., 1992.** Problems related to the humification processes in soils of temperate climates. In : G. Stotzky & J. M. Bollag (éds.), *Soil Biochemistry* vol. 7. Marcel Dekker, New York, pp. 55 - 94.

**Hema I. et Traoré S., 1996.** *Fiche technique de maïs n°3 variété Kamboinsé Express Jaune*, Ouagadougou, Burkina Faso, 2 p.

**Hendrickson O., D. M. Burgess L. et Chatarpaul, 1987.** Biomass and nutrients in Great Lakes - St. Lawrence forest species : implications for whole-tree and conventional harvest. *Can. J. For. Res.* **17**: 210 - 218.

- Hendrickson O., 1987.** Winter branch nutrients in northern conifers and hardwoods. In *Forest Science*, vol. 33, n°4. 1068 - 1074.
- Henry D., 2005.** Sol et écosystème: manifeste pour un nouveau regard. Groupe de Coordination sur les Bois Raméaux. Université de Laval, Québec, 15p. [www.hydrogeochem.qc.ca/pages/publications\\_gcbr/doc208.pdf](http://www.hydrogeochem.qc.ca/pages/publications_gcbr/doc208.pdf), consulté le 23/02/2013.
- Hien E., 2004.** Dynamique du carbone dans un acrisol ferrique du Centre Ouest Burkina: Influence des pratiques culturales sur le stock et la qualité de la matière organique. Thèse de Doctorat, ENSA Montpellier, France, 138 p.
- Hien E., Masse D., Kaboré W. T., Dugué P. et Lepage M., 2011.** Soil organic inputs and water conservation practices are the keys of the sustainable farming systems in the sub - sahelian zone of Burkina Faso.
- Houot S. et al., 2009.** Compostage et valorisation par l'agriculture des déchets urbains. *Innovations Agron.*, 5, 69 - 81 P.
- DPF, 1999.** Programme amélioration de la production forestière, faunique et halieutique. *In* Bilan de recherche 1995-1999, Ouagadougou, Burkina Faso, pp 12 - 26.
- INERA, 2003.** Recherche sur des technologies de lutte contre la désertification au sahel et étude de leur impact agro écologique. Département GRN / SP, Ouagadougou, Burkina Faso, 91 p.
- INSD, 2008.** Recensement général de la population et de l'habitation de 2006, Burkina Faso, 52 p.
- Jenkinson D. S. et Powlson D. S. 1976.** The effect of biocidal treatments on metabolism in soil. V: A method for measuring soil biomass. *Soil Biology and Biochemistry*, 8 : 209 - 213.
- Käärik A. A., 1974.** Decomposition of wood. In : C.H. Dickinson & G.J.F. Pugh (eds.). *Biology of plant litter decomposition*, Volume I, Academic Press, London, pp. 129 - 174.
- Kaboré T. T., Hien E., Zombré P., Coulibaly A., Houot S. et Masse D., 2011.** Valorisation de substrats organiques divers dans l'agriculture péri-urbaine de Ouagadougou (Burkina Faso) pour l'amendement et la fertilisation des sols : acteurs et Pratiques. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 15(2), 271 - 286 P.
- Kabré G. W., 2010.** Des rameaux ligneux pour fertiliser les sols de savane: quelle disponibilité de la ressource dans le terroir villageois de Guie au Burkina Faso. Mémoire de fin de cycle. Ecole Nationale des Eaux et Forêts (ENEF), Bobo - Dioulasso, Burkina Faso. 56 p.

**Kambiré S. H., 1994.** Systèmes de culture paysans et productivité des sols ferrugineux lessivés du Plateau Central (Burkina Faso): Effets des restitutions organiques. Thèse en sciences de l'Environnement, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal, 153 p.

**Kelly V. A., 2006.** Factors affecting demand for fertilizer in Sub-Saharan Africa, *Agricultural and Rural Development Discussion Paper 23*, World Bank, Washington D.C, 89 p. [http://siteresources.worldbank.org/INTARD/Resources/ARD\\_DP23\\_FINAL.pdf](http://siteresources.worldbank.org/INTARD/Resources/ARD_DP23_FINAL.pdf), consulté le 15/01/2013.

**Kini J., 2007.** Analyse des déterminants de l'adoption des technologies de conservation des eaux et des sols dans le plateau central du Burkina Faso. Mémoire de DEA / Université de Ouagadougou, Burkina Faso, 49 p.

**Kwabiah A.B., Stoskopf N. C., Palm C. A., Voroney R. P., Rao M. R. et Gacheru E., 2003.** Phosphorus availability and maize response to organic and inorganic fertilizer inputs in a short term study in western Kenya. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 95, 49 - 59.

**Landry P. C., 2011.** Evaluation de l'efficacité fertilisante en N et P, et l'ISB de la fraction solide de lisier de porcs conditionnée. Conseil pour le Développement de l'Agriculture au Québec, Canada, 95 p.

**Larochelle L., Pagé F., Beauchamp C. et Lemieux G., 1993.** Rôle de la mésofaune dans la dynamique de transformation de la matière lignee appliquée au sol. *Agrosol*. 6, 36 - 43.

**Lebrun J. P., Toutain B., Gaston A. et Boudet G., 1991.** Catalogue des plantes vasculaires du Burkina Faso, IEMYT, 341 p.

**Le Gall A. C., 2004.** Effets des dépôts atmosphériques de soufre et d'azote sur les sols et les eaux douces en France. INERIS, Ministère de l'Écologie et du Développement Durable, France, 116 p.

**Lemieux G., 1986.** Le bois raméal et les mécanismes de fertilité du sol. Institut de Technologie Agroalimentaire, Saint - Hyacinthe, Groupe de Coordination sur les Bois Raméaux, Université Laval, Québec, Canada, 20 p. [www.hydrogeochem.qc.ca/pages/publications\\_gcbr/doc6.pdf](http://www.hydrogeochem.qc.ca/pages/publications_gcbr/doc6.pdf), consulté le 23/01/2013.

**Lemieux G. et Tétreault J. P., 1994.** *Seule la vie du sol est le siège de la fertilité: le bois raméal en est la clef.* Groupe de Coordination sur les Bois Raméaux, Université de Laval, Québec, Canada, 37 p. [www.hydrogeochem.qc.ca/pages/publications\\_gcbr/doc44.pdf](http://www.hydrogeochem.qc.ca/pages/publications_gcbr/doc44.pdf), consulté le 23/01/2013.

**Lemieux G., 1995.** *Les germes économiques et scientifiques de la révolution verte au Sahel.* Groupe de Coordination sur les Bois Raméaux, Université Laval, Québec, Canada. 26 p.  
[www.hydrogeochem.qc.ca/pages/publications\\_gcbr/doc55.pdf](http://www.hydrogeochem.qc.ca/pages/publications_gcbr/doc55.pdf), (23/01/2013).

**Lemieux G., Lachance L., Genest S. et Hamel C., 1998.** La technologie pédogénétique du Bois Raméal Fragmenté (BRF), une ressource naturelle qui contribue à l'établissement et au maintien de la fertilité des sols au Sénégal et au Bénin. Publication n<sup>o</sup> 98. Département des Sciences du Bois et de la Forêt, Québec, Canada, 34 p.

**Lemieux G. et Germain D., 2001.** Le bois raméal fragmenté, la clé de la fertilité. Groupe de coordination sur les bois raméaux. Département des sciences du bois et de la forêt. Université Laval, Québec, Canada. Publication n<sup>o</sup> 129. 26 p.

**Lemieux, G. et Lachance, L., 2000.** Une tentative d'évaluation de la technologie BRF pour des fins maraîchères. Département des Sciences du bois et de la forêt, Faculté de Foresterie et de géomatique, Université Laval, Québec, Canada, 34 p.

**Lemieux G., Lachance L., Genest S. et Hamel C., 2000.** Amélioration et maintien de la fertilité dans les sols en Afrique : le rôle de la technologie du Bois Raméal Fragmenté. Groupe de Coordination sur les Bois Raméaux, Université Laval, Québec, Canada, 43 p,  
[www.hydrogeochem.qc.ca/pages/publications\\_gcbr/doc115.pdf](http://www.hydrogeochem.qc.ca/pages/publications_gcbr/doc115.pdf), consulté le 23/01/2013.

**Lompo D., 2009.** Evaluation de l'efficacité agronomique de quelques déchets urbains solides : effet sur la croissance du maïs. Rapport de Technicien Supérieur CAP / M, Burkina Faso, 41 p.

**Larochelle L., Pagé F., Beauchamp C. et Lemieux G., 1993.** Rôle de la mésofaune dans la dynamique de transformation de la matière ligneuse appliquée au sol. *Agrosol.*, 6, 36-43.

**Lundquist E. J., Jackson L. E., Scow K. M. et Hsu C., 1999.** Changes in microbial biomass and community composition, and soil carbon and nitrogen pools after incorporation of rye into three California agricultural soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 31 (2) : 221 - 236.

**MAFAP / SPAAA, 2012.** Analyse des incitations et des pénalisations pour le maïs au Burkina Faso, 43 P.

**Maldague M., 2010.** La Forêt, ultime espoir pour notre Terre ? Conseil international d'éducation mésologique (CIEM), Copie de la Capitale, Québec, Canada, 112 p.

**Masse D., Cadet P., Chotte J-L., Diatta M., Floret C., N'Diaye-Faye N., Pate E., Pontanier R., Thioulouse J. et Villenave C., 1998.** L'exploitation des jachères naturelles : un facteur

compromettant son influence sur la restauration de la fertilité du milieu semi-aride au Sénégal. *Agriculture et Développement*, n°18 :31 - 38.

**Melesse A. H., Steingass J., Boguhn M. et Schollenberger, Rodehutschord M., 2012.** Effects of elevation and season on nutrient composition of leaves and green pods of *Moringa stenopetala* and *Moringa oleifera*. *Agroforest Syst.* 14 p.

**Menon P., 2007.** L'approvisionnement en BRF grâce à la coupe de rénovation. 21-22 p. In: *Colloque international francophone à Lyon sur Les Rémanents en Foresterie et en Agriculture - Les branches : matériau d'avenir*. [www.leca.univ-savoie.fr/tmp/brf/Summary\\_Colloque\\_BRF\\_2007.pdf](http://www.leca.univ-savoie.fr/tmp/brf/Summary_Colloque_BRF_2007.pdf), (22/01/2013).

**Mutonkolé S. P., 2013.** Caractérisation chimique de bois de tiges et de branches de *Trema orientalis* (L.) Blume et de *Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit. Mémoire présenté à la Faculté des études supérieures et postdoctorales de l'Université Laval pour l'obtention du grade de Maître ès sciences (M Sc). 68 p.

**Mustin M., 1987.** Le compost : gestion de la matière organique. Ed. François Dubusc, Paris, France, 954 p.

**Nacoulma I. et Ouedraogo (O.G.), 1996.** Plantes médicinales et pratiques traditionnelles au BF : Cas du plateau central. Tome I et Tome II : Thèse d'Etat, Université de Ouagadougou, Burkina Faso, 261 p.

**Nardi S., Pizzeghello D., Muscolo A. et Vianello A., 2002.** Physiological effects of humic substances on higher plants. *Soil Biology and Biochemistry.* **34**, 1527 - 1536.

**Ndayegamiye A. et 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*, n° 66. 623 - 631

**N'dayegamiye A., 1991.** Comment maintenir l'équilibre biologique des sols. *Agrosol.* **4**, 16 - 20.

**N'dayegamiye A. et Drapeau A., 2009.** Influence de la nature des fertilisants apportés sur la dynamique de la structure et les teneurs en carbone et en substances humiques pour un loam argileux Sainte Rosalie. *Agrosolutions.* **20**, 14 - 22.

**N'Goran A., Gnahoua G. M., Oualou K. et Balle P., 2002.** Evolution du rendement du maïs après une jachère arborée en zone de forêt humide de Côte d'Ivoire. *Cahier Agriculture.* **11**, 145 - 149.

**Noël B., 1997.** *Mémoire de l'usage du B.R.F : le comment et le pourquoi.* Groupe de Coordination sur les Bois Raméaux, Université Laval, Québec, Canada, 15 p. [www.aggra.org/documents-pdf /doc\\_download/86-memorandum-de-lusage-du-brf-le-comment-et-le-pourquoi.html](http://www.aggra.org/documents-pdf/doc_download/86-memorandum-de-lusage-du-brf-le-comment-et-le-pourquoi.html), consulté le 17/08/2011.

**Noël B., Matthieu A. et Denis B., 2006.** Le bois raméal fragmenté : un outil pour doper les sols en matière organique. Techniques culturales simplifiées N° 37. 10 - 13.

**Noël B., 2006.** Mise en œuvre de la technique du Bois Raméal Fragmenté (BRF) en agriculture wallonne. Centre des Technologies Agronomiques - Strée, rapport final du projet. Belgique, 168 p.

**Norman M. J., Paerson C. J. et Searle P. G. E., 1995.** The ecology of tropical food crops. Cambridge University Press, New York, NY, USA, 430 p.

**Novozansky I. V. J. G. H., Van Eck R. et Van Vark W., 1983.** A novel digestion technique for multi-element analysis. In : commun. Soil Sci. Plant Anal. pp 239 - 249.

**Olivier M., 1998.** Valorisation des plantes médicinales des jachères au Burkina Faso. Programme "Jachères" (Coopération C.E.E. Afrique). Burkina Faso, 96 p.

**Otrysko B., Pagé F., 2001.** Effets d'apports de bois raméaux fragmentés et d'un compost combinés à des rotations avec les engrais verts sur les rendements en pomme de terre et l'incidence de la gale. *Agrosol.* 12, 108 - 117.

**Ouédraogo E., Mando A. et Zombré N. P., 2001.** Use of compost to improve soil properties and crop productivity under low input agricultural system in west Africa. *Agriculture-Ecosystems and Environment*, Burkina Faso. 84, 259 - 266.

**Ouédraogo S., 2006.** Potentialités fourragères et essais d'amélioration de la valeur nutritive de trois ligneux fourragers: *Piliostigma thonningii* Schumacher Mile-Redh, *Piliostigma reticulatum* (D.C.) Hoscht et *Khaya senegalensis* (Desr.) A. Juss. Mémoire de fin de cycle, Institut du Développement Rural / Université Polytechnique de Bobo- Dioulasso, Burkina Faso, 61 p.

**Ouédraogo S. et Lompo D., 2006.** Rapport pilote d'évaluation de l'impact des recherches en gestion de ressources naturelles en Afrique de l'Ouest et du Centre, INERA, Ouagadougou, Burkina Faso.

**Ouédraogo M., Dembélé Y. et Somé L., 2010:** Perceptions et stratégies d'adaptation aux changements des précipitations: cas des paysans du Burkina Faso, 96 p.

**Pagliai M., Vignozzi N. et Pellegrini S., 2004.** Soil structure and the effect of management

practices. *Soil and Tillage Research* 79, 131 - 143.

**Persson T., 1989.** Role of soil animals in C and N mineralization. *Plant and Soil* 115: 241 - 245.

**Pichot J., Sédogo M. P. et Poulain J. F., 1981.** Évolution de la fertilité d'un sol ferrugineux tropical sous l'influence des fumures minérales et organiques. *Agronomie Tropicale*. 36, 122 - 133.

**Rana R., Langenfeld-Heyser R., Finkeldey A. et Polle, 2009.** FTIR spectroscopy, chemical and histochemical characterization of wood and lignin of five tropical timber wood species of family of *Dipterocarpaceae*. *Wood Sci Technol*. 44 : 225 - 242.

**Rey F., Breton V. et Crosaz Y., 2009.** Le bois raméal fragmenté (BRF) en végétalisation pour la lutte contre l'érosion de surface. Rapport de recherche, 45 p. [www.risknat.org/pages/programme\\_dep/docs/cemagref\\_epm/2008\\_Rey-dec2009.pdf](http://www.risknat.org/pages/programme_dep/docs/cemagref_epm/2008_Rey-dec2009.pdf), consulté le 20/01/2013.

**Rayner A. D. M. et Boddy L., 1988.** Fungal decomposition of wood: its biology and ecology. John Wiley & Sons, Chichester, 587 p.

**Salau O. A., Opara-Nadi O. A. et Swennen R., 1992.** Effects of mulching on soil properties, growth and yield of plantain on a tropical ultisol in southeastern Nigeria. *Soil & Tillage Research*. 23, 73 -93.

**Salawu A., 2009.** Influence des modes de gestion de la fertilité des sols sur l'activité microbienne dans un système de cultures de longue durée au Burkina Faso. Doctorat d'état ès-sciences naturelles, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Institut du Développement Rural, Burkina Faso, 191 p.

**Samson R., Zan C., Hanley A. et Mailhot S., 2010.** Analyse stratégique des régions du Québec pour la valorisation agricole des Bois Raméaux Fragmentés pour leur digestion au sol. Rapport de projet, 23 p. [WWW.reapcanada.com/online\\_library/IntDev/sustainable\\_agri/1%20](http://WWW.reapcanada.com/online_library/IntDev/sustainable_agri/1%20). (10/01/2013).

**Sanchez P. A., Shepherd K. D., M. J., Place F. M., Buresh R. J. et Izac A. M. N., 1997.** Soil fertility replenishment in Africa: An investment in natural resource capital : Replenishing Soil fertility in Africa. Special Publication Number 51: 1 - 47.

**Sanou S., 2005.** *Piliostigma reticulatum* (D.C.) Hochst : Potentialités fourragères et essai d'amélioration de la valeur nutritive des gousses. Mémoire de fin de cycle, Institut du Développement Rural, Université Polytechnique de Bobo- Dioulasso, Burkina Faso, 56 p.

- Sarr B., Kafando L. et Atta S., 2011.** Identification des risques climatiques de la culture du maïs au Burkina Faso, *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 5(4): 1659-1675.
- Sawadogo H., Bock L., Lacroix D. et Zombré N. P. 2008:** Restauration des potentialités de sols dégradés à l'aide du zaï et du compost dans le Yatenga (Burkina Faso). *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 12 (3) :279-290.
- Sédogo M., Hien V., Lompo F., Salawu A. et Bado B., 1992.** Gestion de la matière organique. Note présentée au comité technique national de recherche agronomique, INERA, Ouagadougou, Burkina Faso, 33p.
- Serra-Wittling C., Houot S. et Alabouvette C., 1996.** Increased soil suppressiveness to *Fusarium* wilt of flax after addition of municipal solid waste compost. *Soil Biology and Biochemistry*. **28**, 1207 - 1214.
- Séréme A., Mey P. et Zombré N. P., 1998.** Composition et qualité du lombricompost des ordures ménagères de la ville de Ouagadougou, Burkina Faso. *Sci. Techn. Sci. Nat*, 23 (1), 38 - 43 P.
- Sinaj S., Buerkert A., El - Hajj G., Bationo A., Traoré H. et Frossard E., 2001.** Effect of fertility management strategies on phosphorus bioavailability in four West African soils. *Plant and Soil*, 233,71 - 83.
- Soltner D., 2003.** Les bases de la production végétale Tome 1. Le sol et son amélioration 14ème édition : collection sciences et techniques agricoles, 472 p.
- Soltner D., 2005.** *Les bases de la production végétale : le sol et son amélioration*, 1, 24e éd, coll. Sciences et Techniques Agricoles, 472 p.
- 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 ».
- Stevanovic T. J. et D. Perrin, 2009.** Chimie du bois. 1<sup>ère</sup> éd. Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, Suisse, 241 p.
- Swift M. J., 1982.** Basidiomycetes as components of ecosystems. In : J.C. Frankland, J. N. Hedger & M. J. Swift, *Decomposer basidiomycetes : their biology and ecology*. Cambridge University Press, London, 307 - 337.
- Swift M. J., Heal O. W. et Anderson J. M., 1979.** Decomposition in Terrestrial Ecosystems. *Studies in Ecology*, Vol. 5. University of California Press, Bekerley, USA, 372 p.

- Taonda S. J. B., 1995.** *Evolution de la fertilité des sols sur un front pionnier en zone nord soudanienne du Burkina Faso.* Thèse de doctorat, Nancy, France, 133 p.
- Toutain B., 1980.** Le rôle des ligneux pour l'élevage dans les régions soudanaises de l'Afrique de l'Ouest. *In : les fourrages ligneux en Afrique, état actuel des connaissances.* Addis Abeba. Ethiopie, 8 - 12 avril, pp 105 - 110.
- Tran T. S.; Giroux M. et Cescas M. P., 1996.** Utilisation de l'engrais azoté marqué au  $^{15}\text{N}$  par le maïs selon les modes d'application et les doses d'azote. *Canadian journal of Soil Science*, **77**, 9-19.
- Traoré M., 2000.** Etude de la phénologie, de la régénération naturelle et des usages de *Piliostigma reticulatum* (DC) Hochst en zone Nord soudanienne du Burkina Faso. Mémoire de fin de cycle, Institut du Développement Rural, Université Polytechnique de Bobo - Dioulasso, Burkina Faso, 68 p.
- Tremblay J. et Beauchamp C. J., 1998.** Fractionnement de la fertilisation azotée d'appoint à la suite de l'incorporation au sol de bois raméaux fragmentés : modifications de certaines propriétés biologiques et chimiques d'un sol cultivé en pomme de terre. *Can. J. Soil Sci.* **78** : 275 – 282.
- Tremblay G. et Beausoleil J. M., 2000.** Réponse du soya à la fertilisation minérale en éléments majeurs NPK sur des sols classés de riches à excessivement riches en phosphore ou en potassium des Basses Terres du Saint - Laurent. *Canadian Journal of Plant Science*, **80**, 261 - 270.
- Truong B., Pichot J. et Bernard P., 1978.** Caractérisation et comparaison des phosphates naturels tricalciques d'Afrique de l'Ouest en vue de leur utilisation directe en Agriculture. *Agronomie Tropicale.*, **33**, 136 - 145.
- Tschakert P., Khouma M. et Sene M., 2004.** Biophysical potential for soil carbon sequestration in agricultural systems of the Old Peanut Basin of Senegal. *Journal of Arid Environments.* **59**, 511-533.
- Vanlauwe B., Tittonell P. et Mukalama J., 2006.** Within-farm soil fertility gradients affect response of maize to fertilizer application in western Kenya. *Nutrient Cycling Agroecosystem.* **76**, 171 - 182.
- Walkley A. et Black I. A., 1934.** An examination method of the Dedtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, **37** : 29 - 38.
- Weigel J., 1994.** Agroforesterie et pratique à l'usage des agents de terrain en Afrique tropicale sèche, *Techniques rurales en Afrique*, 211 p.

- Wezel A. et Böcker R., 1999.** Mulching with branches of an indigenous shrub (*Guiera senegalensis*) and yield of millet in semi-arid Niger. *Soil & Tillage Research*. **50**, 341 - 344.
- Yaméogo G., Yélémo B. et Traoré D., 2005.** Pratique et perception paysannes dans la création de parc agroforestier dans le terroir de Vipalogo, Burkina Faso. **4** : 241 - 8.
- Yélémo B., Yaméogo G., Millogo J. et Hien V., 2007a.** Germination sexuée et dynamique de développement de *Piliostigma reticulatum* (DC) Hochst, une espèce agroforestière au Burkina Faso, *Sécheresse* Vol18, n°3, 185 - 192.
- Yelemou B., Bationo B. A., Yameogo G. et Millogo R. J., 2007b.** Gestion traditionnelle et usages de *Piliostigma reticulatum* sur le Plateau central du Burkina Faso. *Bois et forêts des tropiques*, Burkina Faso, N° 291 (1). P 55 - 65.
- Zerbo D., 2011.** Gestion paysanne, densités et production de biomasse aérienne de *Piliostigma reticulatum* (D.C.) Hochst dans les agrosystèmes du Centre Nord: cas des villages de Yilou et de Barsa dans la province du Bam, Institut du Développement Rural, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, 42 p.
- Zombré N. P., Ilboudo J.B. et Mando A., 1998.** Réhabilitation des terres dégradées par l'association de techniques de conservation des eaux et des sols à Loago et Nienea. *In* Recherche sur l'amélioration et la gestion de la jachère en Afrique de l'Ouest, rapport scientifique et technique, Burkina Faso, 9 - 18.
- Zombré N. P., 2003.** *Les sols très dégradés "zipella" du Centre Nord du Burkina Faso : Dynamique, caractéristiques morpho-bio-pédologiques et impacts des techniques de restauration sur leur productivité.* Thèse de Doctorat ès-Sciences Naturelles, Université de Ouagadougou, Burkina Faso, 374 p.
- Zongo E., 2009.** Inventaire des pratiques d'amendement par les bois raméaux fragmentés au Burkina Faso: caractérisation et impacts sur les rendements agricoles et les ressources naturelles. Mémoire de Licence Professionnelle en Génie de l'Environnement. IGEDD, Université de Ouagadougou, Burkina Faso, 62 p.

## ANNEXES

### Annexe 1. Caractéristiques physiques et chimiques du profil pédologique.

Caractéristiques	Profondeur (cm)			
	0-16	16-50	50-77	77-113
Couleur	brun grisâtre très foncé	brun vif	jaune brunâtre	jaune brunâtre
Granulométrie (%)				
Argile	13,73	39,22	45,10	43,14
Limon	23,52	15,68	15,68	13,72
Sable	62,75	45,10	39,22	43,14
Texture	LS	AS	A	A
Matière organique (%)				
Matière organique totale	0,902	0,721	0,829	0,497
Carbone total	0,523	0,418	0,481	0,288
Azote total	0,041	0,034	0,041	0,024
C/N	13	12	12	12
Phosphore (ppm)				
Phosphore total	203,8	254,8	249,1	249,1
Phosphore assimilable	8,64	6,17	5,93	4,94
Potassium disponible	37,5	149,2	227,3	45,7
PHeau	5,76	5,54	5,43	6,64

(Source : SAWADOGO et BASSON (2011) cités par Basson (2012))

NB: LS= Limono-sableux ; AS = Argilo-saleux ; A = Argileux

**Annexe 2: Normes d'interprétation des paramètres chimiques des sols du Burkina Faso**

Paramètre chimiques		Très bas Défavorable	Bas	Moyen	Elevé	Très élevé Favorable
MO	%	< 0,5	0,5-1,0	1,0-2,0	2,0-3,0	> 3,0
	Cotation	1	2	3	4	5
Azote total	%	< 0,02	0,02-0,06	0,06-0,10	0,10-0,14	> 0,14
(N)	Cotation	2	2,5	3	3,5	4
Phosphore	Ppm	< 5	5-10	10-20	20-30	> 30
Assimilable (P)	Cotation	2	2,5	3	3,5	4
Phosphore	Ppm	< 100	100-200	200-400	400-600	> 600
Total (P')	Cotation	2,50	2,75	3,0	3,25	3,5
pHeau (H)	Valeurs	> 9,0 < 4,5	8,5-9,0 4,6-	7,9-8,4 5,1-	7,4-7,8	6,1-7,3
	Cotation	1	2	3	4	5
			Rapport			
C/N	Valeurs	< 8	8 à 10	10 à 15	15 à 25	> 25

(Source: Manuel technique pour l'évaluation des terres, documentations techniques n°6, BUNASOLS/Ouagadougou; 181p. 1990).

### **Annexe 3. Fiche technique de maïs variété KEJ (Kamboinsé Express Jaune).**

#### **Aire de culture**

Zones du Nord, extrême Nord avec une pluviosité supérieure ou égale à 600 mm.

#### **Caractéristiques**

Type de variété	: Pollinisation libre
Rendement	: 3-4 tonnes/ha
Cycle	: 2 mois et demi
Résistance	: Striure
Hauteur de la plante	: 1,50-1,60m
Forme de l'épi	: Cylindrique
Type de grain	: Corné
Couleur du grain	: Jaune
Couleur des soies	: Rougeâtre / blanche

#### **Préparation du terrain**

Labour de 15 à 20 cm de profondeur

#### **Semis**

1 -15 juillet après une bonne pluie de 20 mm

Ecartements entre les lignes et poquet: 80 x 40 cm

Dose de semences: 3 graines/poquet

Démariage: 2 plants /poquet à 2 semaines après semis

#### **Entretien**

Fumure Organique: 5 t/ha à incorporer au labour

Fumure Minérale:

NPK: 150 à 200 kg/ha au démariage

Urée: 100 kg/ha à fractionner

Sans herbicide

1<sup>er</sup> sarclage: 2 semaines après semis

2<sup>ème</sup> sarclage: 4-5 semaines après semis

Avec herbicide: Selon les recommandations

### Récolte

Maïs frais: 10 jours après la floraison femelle

Maïs sec: 35 jours après la floraison femelle

### Séchage et stockage

Bien sécher le maïs (14% d'humidité)

Eliminer les épis malades ou attaqués par les insectes

Après un traitement (actellic 100, Kothrine, Percal) bien stocker dans un endroit propre, sec et bien aéré.

**Annexe 4:** Tableau récapitulatif des rapports de croissance des plants de maïs en fonction des traitements

Traitements	BRF6T	BRF6T+F	BRF6T +C	BRF1,5T	BRF1,5T +F	BRF1,5T+C	Té	Té+F	Té+C
BRF 6T									
BRF 6T+F	29,49								
BRF6T+C	18	9,74							
BRF 1,5T	62,92	110,96	92,24						
BRF1,5T+F	19,27	8,57	1,08	84,31					
BRF1,5T+C	2,23	0,32	20,63	59,36	21,93				
Té	37,78	78,41	62,58	18,25	64,33	34,77			
Té+F	18,33	9,44	0,28	92,77	0,79	20,97	63,03		
Té+C	19,77	55,10	41,33	36,02	21,93	17,16	15,03	42,86	