

BURKINA FASO

UNITE-PROGRES-JUSTICE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE ET DE L'INNOVATION

UNIVERSITE POLYTECHNIQUE DE BOBO-DIOULASSO

INSTITUT DU DEVELOPPEMENT RURAL



MEMOIRE DE FIN DE CYCLE

En vue de l'obtention du
DIPLOME D'INGENIEUR DU DEVELOPPEMENT RURAL

OPTION: *Agronomie*

Thème :

Effets des modes de gestion des résidus du bananier (*Musa acuminata* C.) et de la fumure minérale sur le rendement du maïs (*Zea mays* L.) et la fertilité du sol dans les systèmes de rotation bananier / maïs dans l'ouest du Burkina Faso

Présenté par:

ZONGA Abdoul Moumouni

Maître de stage : Dr BACYE Bernard

Directeur de mémoire : Dr BACYE Bernard

DECEMBRE 2016

N:2016 / AGRO

TABLE DES MATIERES

TABLE DES MATIERES	i
DEDICACE	i
REMERCIEMENTS	ii
SIGLES ET ABREVIATIONS	iii
LISTE DE TABLEAUX	iv
LISTE DE FIGURES	iv
RESUME	v
ABSTRACT	vi
INTRODUCTION	1
CHAPITRE I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	3
1.1. Généralités sur le maïs	3
1.1.1. Morphologie du maïs.....	3
1.1.2. Maïsiculture au Burkina Faso	4
1.1.3. Production et consommation du maïs au Burkina Faso	5
1.1.4. Ecologie du maïs	6
1.1.4.1. Climat	6
1.1.4.2. Sol	7
1.1.5. Fertilisation minérale du maïs.....	7
1.1.5.1. Exigences du maïs en azote.....	7
1.1.5.2. Exigences du maïs en phosphore.....	7
1.1.5.3. Exigences du maïs en Potassium	8
1.2. Généralités sur la fertilité du sol	8
1.2.1. Définition de la fertilité du sol.....	8
1.2.1.1. Fertilité physique	9
1.2.1.2. Fertilité chimique.....	9
1.2.1.3. Fertilité biologique.....	10
1.2.2. Incidence de la culture de la banane et de la rotation culturale sur la fertilité des sols	10

1.2.2.1. Effets de la culture de la banane sur la fertilité du sol	10
1.2.2.2. Effets de la rotation culturale sur la fertilité du sol	11
1.2.3. Modes de gestion de la fertilité des sols	11
CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES.....	13
2.1. Présentation de la zone d'étude.....	13
2.1.1. Climat	13
2.1.2. Végétation.....	14
2.1.3. Sols	14
2.1.4. Réseau hydrographique	15
2.2. Matériel.....	15
2.2.1. Matériel végétal.....	15
2.2.2. Fertilisants utilisés.....	15
2.2.3. Caractéristiques de la parcelle utilisés.....	16
2.3. Méthodes.....	16
2.3.1. Dispositif expérimental	16
2.3.2. Conduite de l'essai.....	18
2.3.3. Evaluation des rendements et de ses composantes	18
2.3.4. Evaluation de la caractéristique chimique du sol.....	18
2.3.5. Evaluation de la quantité de résidus restant dans le traitement Paillage après récolte.....	20
2.3.6. Analyse statistique des données.....	20
CHAPITRE III: RESULTATS ET DISCUSSION.....	22
3.1. Résultats.....	22
3.1.1. Effets des différents modes de gestion des résidus du bananier et de la fumure minérale sur les rendements et les composantes de rendement du maïs.....	22
3.1.1.1. Effets des modes de gestion des résidus du bananier sur les rendements du maïs et ses composantes	22
3.1.1.2. Effets de la fumure minérale sur les rendements et es composantes de rendement du maïs.....	22

3.1.1.3. Effets des différents modes de gestion des résidus du bananier et de la fumure minérale sur les rendements et les composantes de rendement du maïs	22
3.1.2. Effets des différents modes de gestion des résidus du bananier et de la fumure minérale sur les caractéristiques chimiques du sol	26
3.1.2.1. Effets des différents modes de gestion des résidus du bananier sur les caractéristiques chimiques du sol	26
3.1.2.2. Effets des traitements de fumure minérale sur les caractéristiques chimiques du sol	29
3.1.2.3. Effets combinés des modes de gestion des résidus du bananier et de fumure minérale sur les caractéristiques chimiques du sol	31
3.1.3. Quantité de la matière sèche (MS) des résidus du bananier perdue durant l'essai sur le traitement Paillage des résidus du bananier	34
3.2. Discussion.....	35
3.2.1. Effets des différents modes de gestion des résidus du bananier et de la fumure minérale sur les rendements et les composantes de rendement du maïs	35
3.2.2. Effets des différents modes de gestion des résidus du bananier et de la fumure minérale sur les caractéristiques chimiques du sol	37
3.2.3. Quantité de la matière sèche (MS) des résidus du bananier perdue durant l'essai sur le traitement Paillage des résidus du bananier	38
CONCLUSION ET PERSPECTIVES.....	39
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	41
ANNEXES	51

DEDICACE

Ce mémoire est dédié :

- *A ma mère OUEDRAOGO Fati qui m'a toujours incité à prendre le chemin de l'école ;*
- *A mon père ZONGA Boureima pour son éducation et ses conseils spirituels ;*
- *A mon frère ZONGA Alassane qui est décédé pendant mon stage, que son âme repose en paix ;*
- *A tous mes parents et amis qui m'ont toujours soutenu et encouragé à aller de l'avant.*

REMERCIEMENTS

Le présent mémoire est la consécration de dix mois de stage effectué dans le département de Bama. Durant notre formation et l'étude, nous avons bénéficié du soutien de plusieurs personnes. C'est le lieu pour nous à travers ces quelques lignes, de présenter nos sincères remerciements à tous ceux ou celles qui, d'une manière ou d'une autre, nous ont aidé à la réalisation de ce travail.

Nos remerciements s'adressent particulièrement:

- Au **Dr Bernard BACYE**, enseignant-chercheur à l'IDR, notre maître de stage et Directeur de ce mémoire, pour tous ses conseils, l'effort et le temps consacrés à notre suivi durant notre stage jusqu'à la rédaction de ce mémoire, qu'il trouve ici l'expression de notre profonde gratitude ;
 - A la direction de l'IDR et tous les enseignants pour notre formation ;
 - A **M. Zan Lassina COULIBALY**, comptable à la mairie centrale de Bobo Dioulasso pour son soutien financier et moral ;
 - A **M. Karim SORE** professeur des lycées et collèges et **Mme SORE Balkissa** pour leur accueil cordial dans leur demeure durant notre séjour à BAMA ;
 - A **M. Amoro Sié OUATTARA** technicien du laboratoire GRN-SP et tout le personnel du laboratoire, pour leur soutien dans l'analyse chimique des échantillons de sols ;
 - A mes frères et sœurs : **Bintou, Awa, Azeta, Mamoudou, Abdou Karim, Noufou, Hassan, Mohamed** et **Moussa** pour l'affection et le soutien multiforme qu'ils ont su m'apporter dans les moments de difficultés, de doute ou de découragement. Je n'oublierais jamais ce que je leur dois ;
 - A Madame **ZONGA** née **SAVADOGO Mariam** ainsi que ses enfants **SAFIATOU, FATIMATA, RACHIDATOU** et **ABDALLAH** pour l'amour et la confiance placée en ma personne ;
 - A nos amis que nous ne pouvons tous citer de peur d'omettre certains, pour leur amitié, leur empathie et leur constante présence tout au long de notre formation ;
 - Aux stagiaires de CAP Matourkou avec qui nous avons noué des liens d'amitié pendant les analyses des échantillons des sols au laboratoire ;
- Enfin à tous ceux dont les noms n'ont pas pu être cités, qu'ils trouvent ici l'expression de notre profonde gratitude.

Que ALLAH l'omnipotent vous gratifie tous à la hauteur de vos aspirations !

SIGLES ET ABREVIATIONS

ANOVA : Analyse de variance

BUNASOLS : Bureau National des Sols

DGESS : Direction Générale des Etudes et des Statistiques Sectorielles

DGPER : Direction Générale de la Promotion de l'Economie Rurale

DGPSA : Direction Générale des Prévisions et des Statistiques Agricoles

FAO : Fonds de Nations Unies pour l'Agriculture et l'Alimentation

GRN/SP : Gestion des Ressources Naturelles/ systèmes de Productions

IDR : Institut du Développement Rural

INERA : Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles

MAHRH : Ministère de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques

MARHASA : Ministère de l'Agriculture des Ressources Hydrauliques, de l'Assainissement et de la Sécurité Alimentaire

TSP : Triple Super Phosphate

NPK : Azote-Phosphore-Potassium

LISTE DE TABLEAUX

Tableau I : Composition chimique des résidus du bananier.....	15
Tableau II : Unités fertilisantes apportées par les engrais minéraux.....	17
Tableau III : Comparaison des rendements et composantes de rendement du maïs en fonction des modes de gestion des résidus du bananier.....	22
Tableau IV: Comparaison des rendements et composantes de rendement du maïs en fonction des traitements de fumure minérale.....	23
Tableau V : Comparaison des rendements et composantes de rendement du maïs en fonction des modes de gestion des résidus du bananier et de fumure minérale.....	27
Tableau VI : Caractéristiques chimiques du sol en fonction des modes de gestion des résidus du bananier	31
Tableau VII : Caractéristiques chimiques du sol en fonction des traitements de fumure minérale.....	33
Tableau VIII : Caractéristiques chimiques du sol en fonction des modes de gestion des résidus du bananier et des traitements de fumure minérale.....	35

LISTE DE FIGURES

Figure 1 : Morphologie du maïs.....	4
Figure 2. Évolution de la production de maïs comparée aux autres productions céréalières au Burkina Faso, 2003-2013.....	6
Figure 3 : Localisation de la commune de Bama.....	13
Figure 4: Pluviosité et nombre de jours de pluie à la vallée du Kou de 2006 à 2015.....	14
Figure 5 : Plan d'un bloc de l'essai.....	17
Figure 6 : Quantité de matière sèche décomposée durant l'essai sur la parcelle « paillage des résidus du bananier »	37

RESUME

Effets des modes de gestion des résidus du bananier (*Musa acuminata* C.) et de la fumure minérale sur le rendement du maïs (*Zea mays* L.) et la fertilité du sol dans les systèmes de rotation bananier / maïs dans l'ouest du Burkina Faso

L'étude a été conduite dans le département de Bama sur un sol ferrugineux tropical vertique, dans le but d'étudier les effets des modes de gestion des résidus du bananier et de la fumure minérale sur les caractéristiques chimiques du sol et sur les rendements du maïs (*Zea mays* L.). L'essai a été implanté selon le dispositif en split-plot avec comme facteur principal les modes de gestion des résidus du bananier à quatre niveaux: ramassage, brûlage, enfouissement et paillage. Le second facteur était constitué de quatre traitements de fumure minérale: témoin sans engrais (T0) ; apport d'urée (T1); apport d'urée et de TSP (T2); apport de NPK et d'urée (T3). Les effets des modes de gestion des résidus du bananier et de la fumure minérale ont été évalués à travers une estimation des rendements grains et paille à la récolte et une détermination du pH et des teneurs en carbone organique, azote total, phosphore et potassium du sol. Les résultats montrent que les apports des résidus du bananier ont amélioré significativement les rendements en grain et paille du maïs, avec une meilleure efficacité pour l'enfouissement des résidus du bananier (soit respectivement 5764,56 kg/ha et 11341,61 kg/ha) par rapport au ramassage (soit respectivement 4648,57 kg/ha et 8923,64 kg/ha). Les apports des résidus du bananier associés aux engrais minéraux ont accru significativement les rendements en grain et paille du maïs par rapport au témoin sans engrais, avec une meilleure productivité pour la combinaison Enfouissement des résidus du bananier + T2 (soit 6492,60 kg/ha pour le rendement grain et 14295,31 kg/ha pour le rendement paille). Les apports des résidus du bananier ont eu d'effets significatifs ($p < 0,05$) sur les teneurs en pH, en carbone organique, en azote et en K disponible, alors qu'ils n'ont pas amélioré significativement les teneurs en P total, en P assimilable et en K total des sols amendés. En somme, nous pensons qu'un apport combiné des résidus du bananier et de la fumure minérale pourrait améliorer la fertilité des sols, accroître le rendement agricole et augmenter le revenu monétaire des producteurs.

Mots clés : Enfouissement des résidus, paillage, paramètres chimiques du sol, productivité du maïs, sol ferrugineux tropical, Burkina Faso.

ABSTRACT

Effects of methods of managing banana residues and mineral fertilizer on soil fertility and yields corn in Banana/Corn rotation system in western Burkina Faso.

To estimate the effects of the methods of managing banana residues and the mineral fertilizer on soil fertility and corn yields (*Zea mays* L.), a study was carried out in the department of Bama on tropical ferruginous soil. The test has been implanted according to the device in split-plot with main factor the methods of managing banana residues to four achievements: banana residues collecting, burning, burying and mulching. The second factor consisted of four treatments of mineral fertilizer: control soil without fertilizer (T0); input of urea (T1); input of urea and TSP (T2); input of NPK and urea (T3). The effects of the methods of managing banana residues and the mineral fertilizer were evaluated via yields in grain and draw corn estimate in the crop. The results show that banana residues bringing improved significantly yields in grain and draw corn, with a better efficacy for banana residues burying (5764.56 kg/ha and 11341.61 kg/ha respectively) in relation to banana residues collecting (4648.57 kg/ha and 8923.64 kg/ha respectively). Banana residues combined to mineral fertilizer increased significantly yields in grain and draw corn in relation to control soil without fertilizer, with a better productivity for the combination: banana residues burying + T2 (6492.60 kg/ha for grain yield and 14295.31 kg/ha for draw yield). The content of pH, organic carbon, nitrogen and available K was significantly improved in amended soils by banana residues which had no significant ($p < 0.05$) effect on the total phosphorus, assimilable phosphorus and total potassium content. In conclusion, we think use combined of residues of banana and mineral fertilizer could improve soil fertility, increase agricultural yield and increase monetary income of producers.

Keywords: Residues burying, mulching, soil fertility, corn productivity, tropical ferruginous soil, system of crops, Burkina Faso.

INTRODUCTION

INTRODUCTION

L'Agriculture demeure la principale activité qui soutient l'économie des pays de la zone soudano-sahélienne de l'Afrique de l'Ouest (KABORE *et al.*, 2015). Au Burkina Faso, le secteur agricole intervient pour près de 40% dans la formation du Produit intérieur brut (PIB) et occupe près de 86% de la population active (MARHASA, 2014). L'agriculture au Burkina Faso est principalement une agriculture pluviale caractérisée par une faible productivité liée entre autres, à la forte variabilité climatique, à la faible fertilité des sols et à des pratiques agricoles souvent inadaptées (SAWADOGO *et al.*, 2008 ; KOULIBALY *et al.*, 2015). Toutefois, le développement de l'irrigation à travers les aménagements hydro-agricoles et la promotion de la « Petite irrigation villageoise » a permis le développement de l'agriculture irriguée qui, a permis d'étendre la production à des cultures comme le bananier et le maïs en plus des cultures irriguées courantes que sont le riz et les légumes.

Dans la zone ouest du Burkina Faso, la présence des périmètres irrigués a favorisé la pratique de la culture du bananier. Selon ARISTE *et al.* (2002), le bananier est l'une des cultures dont l'essor a bénéficié du développement de l'irrigation ces dernières années ; et les superficies cultivées sont estimées à plus de 12 000 hectares. Le bananier est une plante très exigeante en éléments fertilisants dont la culture bénéficie d'une grande quantité de fumure minérale et de fumure organique. Les enquêtes effectuées par BANDAOGO (2008) dans la zone ouest du Burkina Faso, ont montré que la rotation bananier/maïs occupait une part importante dans les systèmes de culture irrigués.

Le maïs occupe 20,6% des superficies cérésières totales (MARHASA/ DGESS, 2015). De toutes les grandes cultures au Burkina Faso, le maïs possède le potentiel nécessaire à l'intensification dans le cadre d'une politique d'autosuffisance alimentaire. En effet, les variétés de maïs ont non seulement des rendements plus importants de ceux du mil et du sorgho (SANOU, 1996) mais aussi rentabilisent mieux la fumure que les autres cultures (GROS, 1974).

La culture du bananier produit une grande quantité de résidus qui peut atteindre en fin de plantation 100 tonnes de matières sèches par hectare (GODEFROY, 1974). Pourtant, dans les systèmes de cultures à base du bananier, les résidus du bananier sont la plupart du temps brûlés à la fin de la plantation. Dans ces conditions, la matière organique du sol baisse rapidement du fait que sa minéralisation n'est pas compensée par les restitutions organiques adéquates (KOULIBALY *et al.*, 2010). Plusieurs auteurs (SEDOGO, 1993 ; RABAT, 2003 ; KOULIBALY *et al.*, 2010; AKANZA *et al.*, 2016) ont montré que l'absence ou la faible

utilisation des engrais minéraux et des substrats organiques conduit à une baisse importante de la fertilité originelle des sols et des rendements agricoles. Pourtant, La durabilité des systèmes de cultures repose essentiellement sur la gestion rationnelle de la fertilité des sols (KOULIBALY et *al.*, 2010). En effet, la valorisation de ces résidus du bananier pourrait contribuer de façon déterminante à assurer le maintien de la fertilité des sols cultivés. GODEFROY (1974) a suggéré le recyclage des résidus du bananier combiné avec des formules de fumure adaptées pour maintenir la fertilité des sols cultivés. Par ailleurs, les arrières effets des apports de fumures sur la bananeraie et la valorisation des résidus du bananier pourraient être bénéfiques à l'amélioration de la fertilité des sols, et par conséquent, augmenter la productivité du maïs dans un système de rotation bananier/maïs.

Face à cette situation, il est donc nécessaire de développer des techniques de gestion des résidus de bananiers et de fumure minérale permettant d'augmenter la productivité du maïs tout en améliorant la fertilité du sol.

C'est dans ce cadre que la présente étude a été réalisée en 2016 sous le thème, **«Effets des modes de gestion des résidus du bananier (*Musa acuminata* C.) et de la fumure minérale sur le rendement du maïs (*Zea mays* L.) et la fertilité du sol dans les systèmes de rotation bananier / maïs dans l'ouest du Burkina Faso»**.

L'objectif global de ce travail est d'améliorer la productivité des systèmes de culture par une gestion des résidus de récolte et de la fumure minérale. Plus spécifiquement, il s'agit :

- d'évaluer les effets de différents modes de gestion des résidus du bananier et de la fumure minérale sur les rendements du maïs :
- d'évaluer les effets de différents modes de gestion des résidus du bananier et de la fumure minérale sur les caractéristiques chimiques du sol.

A la suite de cette brève introduction, le présent mémoire s'articule autour de trois chapitres. Le premier chapitre est consacré à une synthèse bibliographique. Le second chapitre présente les matériels et les méthodes utilisées. Le troisième chapitre présente les résultats obtenus et les discussions y afférentes: il est suivi par une conclusion.

CHAPITRE 1 : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

1.1. Généralités sur le maïs

1.1.1. Morphologie du maïs

Le maïs est une plante herbacée annuelle à très grand développement végétatif. De nombreuses variétés existent selon les différentes caractéristiques, mais celles couramment cultivées ont une taille variable de 1 à 3 m (ROUANET, 1984). La tige est longue de 1,5 à 3,5 m et d'un diamètre important, variant de 3 à 4 cm (PODA, 1979). Elle est lignifiée, remplie d'une moelle sucrée, formée de nœuds et d'entre-nœuds d'une vingtaine chacune. Au niveau de chaque nœud est insérée une feuille de façon alternative sur la tige. On compte entre 12 et 20 feuilles selon les variétés ; et les feuilles, typiques des graminées, mais de grande taille, ont une gaine enserrant la tige et un limbe allongé en forme de ruban à nervures parallèles (PODA, 1979). Les racines, du type fasciculé, sont superficielles et ne dépassent pas 50 cm de profondeur. Des racines adventives aériennes ou crampons se forment sur les nœuds de la base des tiges. Le Maïs est une espèce à pollinisation croisée où on trouve sur un même pied, une inflorescence mâle et des inflorescences femelles séparées. L'inflorescence mâle est une panicule terminale composée d'épillets contenant chacun deux fleurs mâles. Les fleurs mâles sont composées de glumes et glumelles entourant trois étamines. Les inflorescences femelles sont situées sur l'aisselle des plus grandes feuilles au milieu de la tige. Ce sont des épis enveloppés dans des feuilles modifiées appelées « spathes » qui se dessèchent à maturité. Un pied donne naissance à trois ou quatre épis, mais un seul atteint généralement son développement complet (Figure 1).

Selon les variétés, les grains sont disposés en 8 à 20 rangées verticales le long de l'axe de l'épi, appelé rafle. Ils ont des formes multiples (globulaire, ovoïde, prismatique, etc.), et de différentes couleurs (blanc, jaune roux, doré, violet, noir). Ils sont parfois lisses ou ridés. Un épi peut contenir environ 500 à 1 000 grains avec un poids moyen de 150 g à 330 g à maturité. Chaque grain est composé d'un germe (embryon + cotylédon), d'un albumen et d'un péricarpe qui est une enveloppe extérieure dure qui empêche l'entrée de champignons et de bactéries.

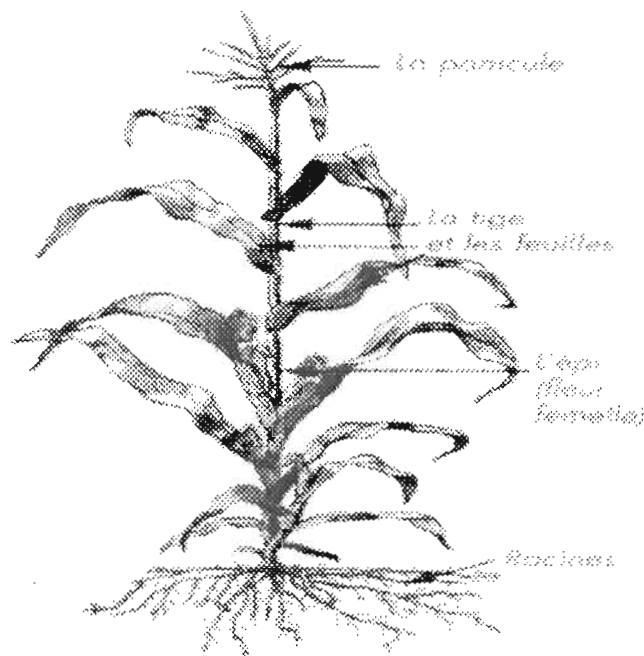


Figure 1: Morphologie du maïs

source : Alveis de Oleveira

1.1.2. Maïsiculture au Burkina Faso

Au Burkina Faso, le maïs occupe la deuxième place parmi les céréales cultivées, tant au niveau des superficies, de la production qu'au niveau de la consommation (FAO, 2016). Les zones climatiques les plus favorables à sa culture sont les zones soudano-sahéliennes et les zones soudaniennes où la pluviométrie varie respectivement de 600-800 mm et de 800-1200 mm. Ainsi, la région de l'ouest du pays avec une superficie de près de 58000 km² soit 20% du territoire national est la zone par excellence de production du maïs en raison des conditions climatiques favorables. La culture du maïs au Burkina Faso est essentiellement pluviale, toutefois un effort est entrepris avec la petite irrigation ces dernières années (ZOMA, 2010 ; SARR et *al.*, 2011). En effet, depuis les années 2000, les superficies emblavées en maïs sont en constante augmentation avec le développement de l'irrigation de contre saison. Selon LE CONTE (1957), la culture pluviale du maïs est caractérisée par trois types de champs, respectivement nommé champ de case, champ de village et champ de brousse. En fonction du type de champ, le maïsiculteur utilise des cultivars locaux différents. En effet, en fonction des zones agroécologiques, l'Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA) au Burkina Faso a mis au point des variétés améliorées de maïs. Les variétés précoces (85 à 94 jours) et les variétés extra-précoces (75 à 84 jours) sont recommandées pour

les zones à pluviométrie inférieure à 900 mm. Quant aux variétés à cycle intermédiaire de l'ordre de 95 à 110 jours, elles sont recommandées pour la zone soudanienne (WEY, 1998).

L'agriculture irriguée au Burkina Faso est longtemps restée faiblement développée, malgré un potentiel de 233 500 hectares de terres irrigables et 500 000 hectares de bas-fonds facilement aménageables (FAOSTAT, 2015). Ainsi, avec seulement 9% de superficies irrigables valorisées dans les années 2000, ce taux est passé à environ 20% en 2013 (MARHASA, 2014). En effet, ces dernières années, on assiste à la promotion de la culture de maïs irrigué (en saison sèche) à travers la petite irrigation et à l'émergence de nouveaux acteurs ayant des objectifs d'agriculture marchande. Les études de DIALLO et *al.* (2012) ont montré que les 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. Selon les mêmes auteurs, les rendements de maïs au Burkina Faso sont assez uniformes en système pluvial et varient entre 1 114 kg/ha et 1 514 kg/ha. Les rendements passent du simple au triple en système irrigué. D'après DPPIV (2003) cité par OUATTARA (2009), les rendements grains du maïs irrigué sont estimés en moyennes de 7 à 8 t/ha.

1.1.3. Production et consommation du maïs au Burkina Faso

Le Burkina Faso est classé parmi les 20 premiers pays producteurs qui, représentent 96 % de la production totale de maïs en Afrique sub-saharienne (FAOSTAT, 2015). En effet, le maïs est passé de 9 % à plus de 33 % de la production céréalière totale du pays entre 1985 et 2013. Les quantités de maïs produites sont passées de 0,8 millions de tonnes en 2005 à plus de 1,5 millions en 2013. Cette croissance est due à l'extension des surfaces comme à la hausse des rendements (FAO, 2016). Le volume de maïs produit a connu un taux d'accroissement annuel moyen de 9,7 % entre 2003 et 2013, contre 3 % en moyenne pour les autres céréales, à tel point que le maïs a détrôné le mil, en 2011, pour devenir la deuxième céréale la plus produite dans le pays (Figure 2).

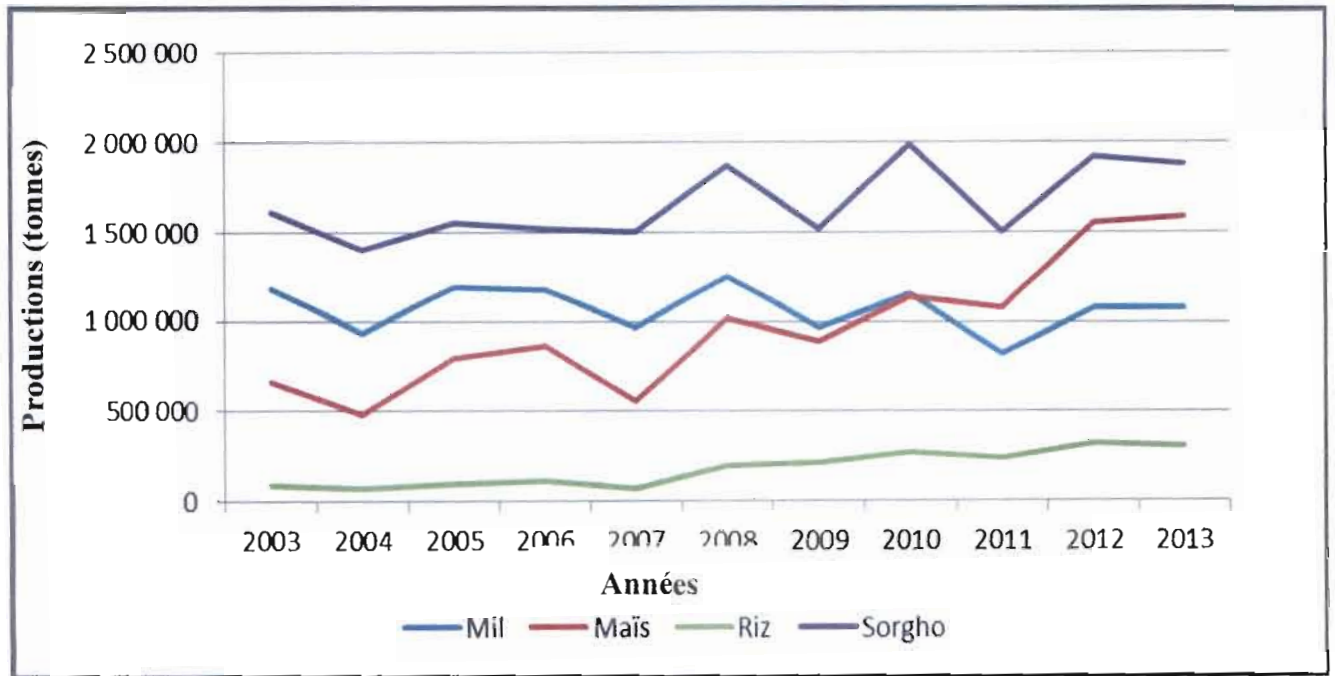


Figure 2. Évolution de la production de maïs comparée aux autres productions céréalières au Burkina Faso, 2003-2013

Source : DGESS (2013)

La consommation du maïs a augmenté au Burkina Faso au cours de ces vingt dernières années. Le maïs est la céréale la plus consommée dans les zones urbaines. En effet, dans les centres urbains, la consommation des produits à base de maïs, notamment la farine, vient en deuxième position après le riz, devant le sorgho et le petit mil. En zone rurale par contre, c'est le sorgho et le petit mil qui sont largement utilisés à tous les niveaux de consommation ; le maïs y demeure peu utilisé dans la consommation, même dans les zones excédentaires (SIMONE et al., 2014 ; FAO.2016). Les données de la FAO (2016) indiquent par ailleurs que le maïs représente, en moyenne, 19% des apports caloriques totaux, par habitant et par jour, et 29% des apports caloriques céréaliers.

1.1.4. Ecologie du maïs

1.1.4.1. Climat

Le maïs est une plante de soleil donc de lumière et de chaleur. Il a des exigences de température assez élevées à la germination et celle-ci est impossible au-dessous de 10°C (ROUANET, 1984).

L'eau est un facteur essentiel du rendement chez le maïs. Selon PODA (1979), les besoins en eau du maïs au Burkina Faso sont estimés à environ 5,2-5,5 mm /jour jusqu'au 60e jour (floraison), 6 mm/jour du 60e au 90e jour et moins de 4 mm après le 90e jour pour les

variétés de 95 à 110 jours. Des études ont montré que le maïs est particulièrement sensible à un déficit hydrique dans une période de 30 à 40 jours encadrant la floraison (ROUANET, 1984). Selon le CIMMYT (1991), durant cette période critique (20 jours avant la floraison et 10 jours après), la plante absorbe 45% des besoins en eau. Un stress hydrique à cette période entraîne des pertes de rendement qui peuvent atteindre 60%.

1.1.4.2. Sol

Le maïs est exigeant et très sensible aux variations de la fertilité des sols. Il préfère des sols riches en matière organique et en éléments fins présentant une bonne structure. Le maïs est tolérant vis-à-vis de l'acidité, il pousse sans inconvénient dans un sol de pH 5,5 à 7.

1.1.5. Fertilisation minérale du maïs

1.1.5.1. Exigences du maïs en azote

La fertilisation azotée est un facteur essentiel dans la détermination du rendement et de la qualité de la production agricole en milieu tropical. Selon FALISSE et LAMBERT (1994), l'azote est le facteur principal de la croissance des plantes et du rendement des cultures. Il favorise l'augmentation de la densité foliaire des couverts végétaux. Il tend à prolonger la durée du fonctionnement des organes verts; à retarder la sénescence et la maturation. L'absorption de l'azote par le maïs se fait sous la forme nitrique qui est très mobile dans la solution du sol. L'apport d'azote doit se faire donc au moment où son absorption est intense, c'est-à-dire aux phases de croissance et de floraison (FAO, 1986). GROS (1974) évalue les besoins en azote du maïs à 50 kg/ha pour des variétés non améliorées et une pluviométrie incertaine. Ces besoins s'élèvent avec le potentiel de rendement jusqu'à 250 ou 300 kg/ha si l'on peut s'attendre à des rendements de 12 t/ha ou plus.

Les plants du maïs peuvent présenter des symptômes de carence en azote dans le cas où le sol en est dépourvu. Lorsqu'elle survient dès les premiers stades de la croissance, elle-se manifeste par le moindre développement des plantes et l'aspect jaune à vert pâle du feuillage; ce jaunissement est uniforme. On observe une sénescence prématurée des feuilles les plus basses alors que celles se trouvant en haut de la plante restent vertes. Ces signes peuvent parfois être confondus avec un manque d'eau (RABAT, 2003).

1.1.5.2. Exigences du maïs en phosphore

Le phosphore est un élément de qualité qui favorise la croissance de la plante en particulier celle des racines. L'efficacité des engrais azotés et des autres engrais ne peut être

obtenue sans la présence de phosphore en quantité convenable (BANDAOGO, 2008). Selon les travaux de la FAO (1986), les exportations du phosphore par la partie aérienne du maïs sont estimées à 40-60 kg/ha dont 75% migrent dans les grains pour une production de 5-6 tonnes par hectare de maïs grain. Faibles en début de végétation, les besoins en phosphore du maïs tout comme pour l'azote se manifestent surtout au moment de la floraison et de la formation des grains. Au cours de cette période critique la plante absorbe les 2/3 de ses besoins en phosphore (GROS, 1974). Les études sur sol ferrallitique en Côte d'Ivoire ont montré que, dans 96% des cas, le rendement du maïs est déterminé par le phosphore assimilable (AKANZA et al., 2016).

La déficience en phosphore sur maïs se détecte de préférence sur les jeunes plantes. La déficience en phosphore sur les jeunes pieds de maïs se caractérise par une croissance faible et par le développement d'une couleur pourpre sur les feuilles et les tiges. Elle se caractérise aussi par les grains mal remplis et un retard dans la maturation. Ce qui entraîne obligatoirement une baisse des rendements de la culture (FAO, 1986).

1.1.5.3. Exigences du maïs en Potassium

Le maïs absorbe de grandes quantités de potassium dont seulement une faible proportion, environ 5 kg/tonne de grains, est exportée par la récolte. Le potassium est très abondant dans le sol mais la forme assimilable est d'environ 2 à 10%. Les exigences du maïs en potassium sont plus importantes que celles du phosphore et modérément moins que celles de l'azote. Les doses doivent être de 30 à 100 kg/ha de K_2O , en fonction de l'analyse du sol et du rendement attendu (FAO., 1987). L'absorption du potassium est régulièrement étalée tout au long du cycle de maïs.

Les principaux signes de la déficience potassique du maïs sont : une croissance plus faible, un jaunissement et un dessèchement des feuilles. une verse plus ou moins grave et des épis mal conformés (LOUE, 1980).

1.2. Généralités sur la fertilité du sol

1.2.1. Définition de la fertilité du sol

La fertilité du sol est un concept très complexe. Autrefois définie comme l'aptitude d'un sol à produire, la fertilité des sols a connu une évolution dans sa définition avec le temps (PIERI, 1989). Selon GRET (1990), La fertilité d'un sol représente, dans un climat donné, son

aptitude à assurer de façon régulière et répétée la croissance des cultures et l'obtention de récoltes.

Ainsi PIERI (1989) distingue la fertilité « actuelle » et la fertilité « potentielle ». Selon lui la fertilité « actuelle » est évaluée par les récoltes que donne le sol dans son état actuel tandis que la fertilité « potentielle » correspond à la production obtenue lorsque les facteurs modifiables par l'action de l'homme sont optimisés.

La fertilité d'un sol est la résultante de ses bonnes propriétés physiques, chimiques et biologiques (SOLTNER, 1986). Ainsi, il apparaît que les différentes composantes de la fertilité sont liées; d'où la nécessité de les définir succinctement.

1.2.1.1. Fertilité physique

La fertilité physique d'un sol résulte de l'ensemble des propriétés physiques (structure, porosité, différents états sous l'influence de l'humidité). Elle dépend de la topographie, de la profondeur, de la disposition des horizons et de la texture (SOLTNER, 1986).

Pour PIERI (1989) un sol est physiquement caractérisé par une certaine architecture; C'est à dire un ensemble de parties plus ou moins mobiles et actives dans la croissance de la plante. L'argile et la matière organique en sont le ciment et forment le complexe argilo-humique qui a une fonction de stockage et de mise à disposition des éléments minéraux.

Sur ces bases, un sol physiquement riche est friable, poreux et aéré avec environ 60% de matière solide et 40% du volume réservé à l'eau et à l'air, alors que sa dégradation physique se caractérise par l'apparition, de la compaction, de la prise en masse, de l'encroûtement et de la modification de régime hydrique (BERRADA et GANDAH, 1994 cités par MILLOGO, 2002).

En somme, la fertilité physique d'un sol est fonction d'une part de la texture et de la structure, et d'autre part des facteurs agro-climatiques et anthropiques.

1.2.1.2. Fertilité chimique

PIERI(1989) distingue schématiquement les éléments nutritifs de « réserve », intégrés à la matrice des sols, notamment aux argiles, et les éléments « assimilables » par la plante qui sont adsorbés à la surface des colloïdes du complexe argilo-humique. Selon lui, l'importance des réserves mobilisables et leur passage sous forme assimilable, déterminent la capacité d'un sol à se maintenir chimiquement fertile ou au contraire à s'épuiser rapidement. C'est cette

richesse chimique qui est communément assimilée à la fertilité du sol au point de créer une confusion entre les deux notions.

La dégradation des sols se traduit par le remplacement des bases échangeables du complexe absorbant par des éléments minéraux non utiles pour l'alimentation des plantes (ions H^+) ou toxiques (ions Al^{3+} et Mn^{2+}). Il en résulte alors l'acidification qui est une manifestation d'une certaine baisse du potentiel de production d'un sol.

Une autre marque très importante de dégradation tient à la destruction partielle du complexe absorbant à partir duquel sont prélevés les éléments nutritifs. PIERI (1989) souligne que cette perte de substance par érosion sélective et par minéralisation des colloïdes organiques est la plus pernicieuse en ce sens qu'à la différence d'un simple appauvrissement minéral compensable par la fertilisation, on fait face à une réduction de production liée à la disparition de ressources naturelles (argile, humus) difficilement renouvelables.

1.2.1.3. Fertilité biologique

La fertilité biologique d'un sol est la résultante de l'activité de plusieurs groupes d'êtres vivants tels que les vers, les termites, les larves d'insectes (macrofaune), les acariens, les symphytes, les collemboles (mésafaune), les bactéries, les actinomycètes, les champignons (microorganismes) et les racines des plantes.

Selon VILAIN (1993) cité par EDZANG MBA (1999), les activités microbiennes consistent:

- à la transformation de la matière organique et des substrats minéraux:
- à la biosynthèse de l'humus:
- aux actions spécifiques de fixation de l'azote et de dénitrification :
- aux actions diverses (modifications du pH, rôle sur la structure ...).

SOLTNER (1986) souligne que ces activités microbiennes influent sur la fertilité chimique et physique du sol.

1.2.2. Incidence de la culture de la banane et de la rotation culturale sur la fertilité des sols

1.2.2.1. Effets de la culture de la banane sur la fertilité du sol

Les résidus du bananier ont dans l'ensemble un rapport C/N de l'ordre de 30 (GODEFROY, 1974). Ces résidus du bananier vont libérer progressivement à travers le phénomène de la décomposition, des composés transitoires qui ont un effet positif et durable

sur la structure de sol. Les travaux de GODEFROY (1975) en Côte d'Ivoire sur sol ferrallitique montrent que 86% des résidus du bananier sont décomposés dans les deux mois suivant l'apport. Un an après, il ne reste plus que 0.6 % des résidus à la surface du sol.

A partir du 2ème cycle de culture, la culture bananière s'apparente à un système de culture sous couverture végétale (mulch de résidus), c'est-à-dire à un système sans travail du sol associé à une dynamique de l'activité biologique des sols inféodée à une couverture permanente. La présence de mulch de résidus à la surface du sol des bananeraies situées en zone tropicale humide peut en plus de la fourniture en nutriments au système, jouer un rôle de protection permanente du sol. KHAMSOUK (2001), cité par THIEULEUX (2006) montre que cette couverture végétale contribue à l'atténuation du ruissellement et de l'érosion des sols.

1.2.2.2. Effets de la rotation culturale sur la fertilité du sol

La rotation des cultures est une pratique ancestrale et assez répandue dans la zone sahélienne des pays de l'Afrique de l'Ouest. A l'instar des associations culturales, les rotations culturales sont pratiquées pour des raisons d'amélioration de la fertilité et de diversification des revenus. La rotation culturale est la succession ordonnée et cyclique des cultures sur la même parcelle. Elle se fait suivant l'alternance des familles de plantes ou en fonction des périodes de cultures. La rotation des cultures permet aux sols de se régénérer. En effet, une rotation bien menée doit permettre de penser à la nourriture de la faune du sol et d'améliorer les propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols. Les rotations sont plus riches avec l'introduction de plantes de couverture qui permettent de mieux protéger le sol.

1.2.3. Modes de gestion de la fertilité des sols

Les techniques de gestion de la fertilité pratiquées par les agriculteurs des pays d'Afrique sub-saharienne conduisent à un épuisement rapide des sols. Dans la zone cotonnière ouest du Burkina Faso, la mise en culture des sols se traduit par une perte annuelle de 2 à 4 % de la matière organique pour atteindre le seuil de non réponse aux engrais minéraux après 12 à 15 ans de culture continue (HIEN et al., 1994). L'amendement organique constitue un moyen incontournable pour une gestion durable de la fertilité des sols. PIERI (1989) indique en effet, que le maintien de la fertilité des sols passe principalement par le maintien de leur statut organique, à cause des multiples rôles et fonctions joués par la matière organique.

Cependant, l'effet des fumures organiques n'est net que lorsque les apports sont importants et réguliers (BACYE, 1993). Or, dans la plupart des systèmes de culture, les restitutions se limitent à la biomasse racinaire, car les résidus de récolte, notamment ceux des céréales sont utilisés pour l'alimentation du bétail.

L'enfouissement des résidus de récoltes permet de redresser le stock organique du sol. Selon ROOSE (1994), les enfouissements répétés dans l'année de matières organiques fraîches, permettent de maintenir un certain niveau de matière organique dans le sol. Berger et *al.* (1987) ont proposé l'enfouissement direct des résidus au sol ou leur restitution sous forme de fumure organique pour maintenir la fertilité des sols cultivés.

Le paillage des résidus de cultures à la surface du sol est un moyen très efficace de lutte contre l'érosion. En effet, les études ont montré que le paillis complet assure une excellente maîtrise de l'eau, augmente l'infiltration, contrôle l'érosion, augmente la teneur en matière organique, empêche la formation des croûtes et réduit les risques de ruissellement (RISHIRUMHIRWA et ROOSE, 2004). La technique de paillage n'est plus appliquée sur les champs à grande échelle au Burkina Faso à cause de la rareté de la paille (SAWADOGO, 2011).

Au Burkina Faso, 32% des résidus sont brûlés au champ, 22% sont utilisés pour la complémentation alimentaire du bétail, 36% pour la consommation extérieure et seulement 10% pour le champ (PIERI, 1989). Pour lutter contre les graines de mauvaises herbes et certains agents pathogènes, les paysans brûlent leur champ. Pourtant, l'action de brûler systématiquement les résidus de récoltes entraîne souvent des bilans minéraux déficitaires (KOULIBALY et *al.*, 2009).

CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES

CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES

2.1. Présentation de la zone d'étude

L'étude a été conduite dans le département de Bama situé à 25 Km au Nord-Ouest de Bobo-Dioulasso sur l'axe Bobo-Dioulasso-Faramana-Frontière du Mali. Il est localisé à une latitude de 11°22'N, une longitude de 4°22'W, et une altitude de 300m. La parcelle d'expérimentation est située hors du périmètre rizicole de la vallée du Kou.

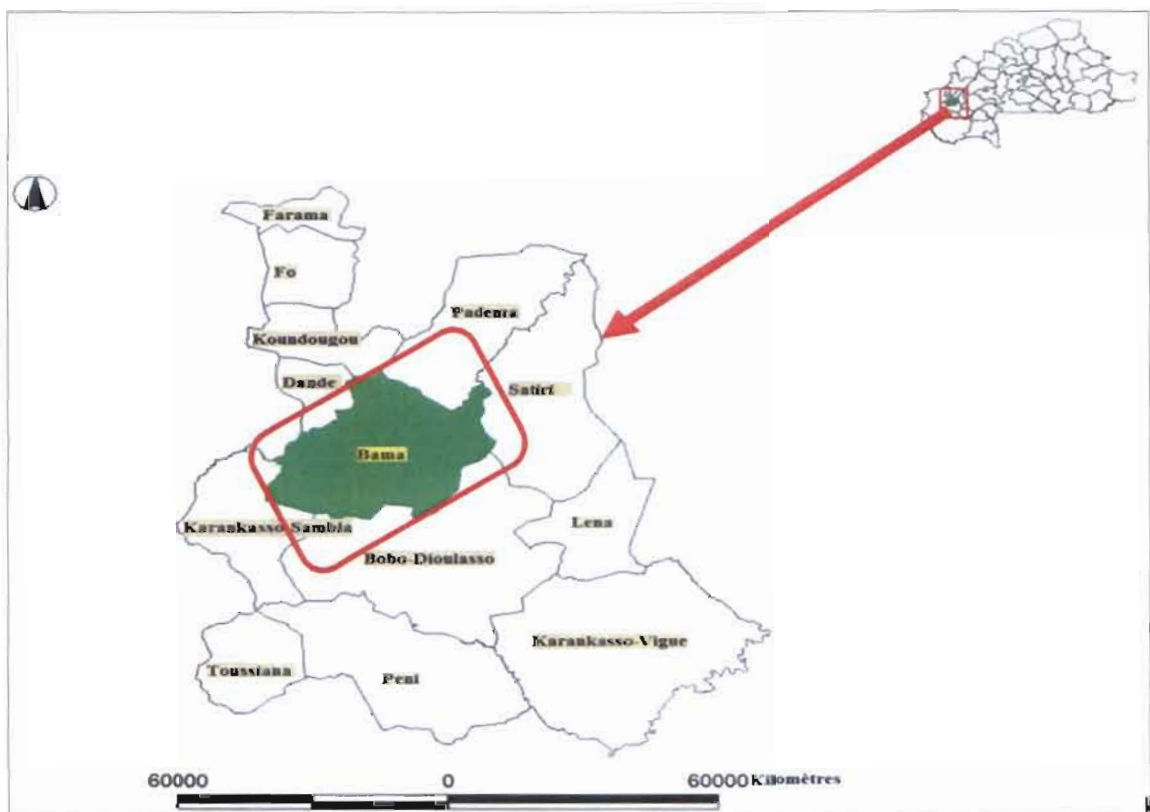


Figure 3 : Localisation de la commune de Bama

Source : [https://fr.wikipedia.org/wiki/Bama_\(d%C3%A9partement\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Bama_(d%C3%A9partement)). Consulté le 15/06/16

2.1.1. Climat

Le climat de Bama est de type sud-soudanien caractérisé par deux grandes saisons : une saison pluvieuse allant de mai à octobre et une saison sèche qui s'étale de novembre à avril (GUINKO, 1984).

Les hauteurs d'eau enregistrées de 2006 à 2015 ainsi que le nombre de jours sont présentées dans la figure 4. Les quantités de pluies varient d'une année à l'autre avec une moyenne annuelle de 1004mm pour ces 10 dernières années.

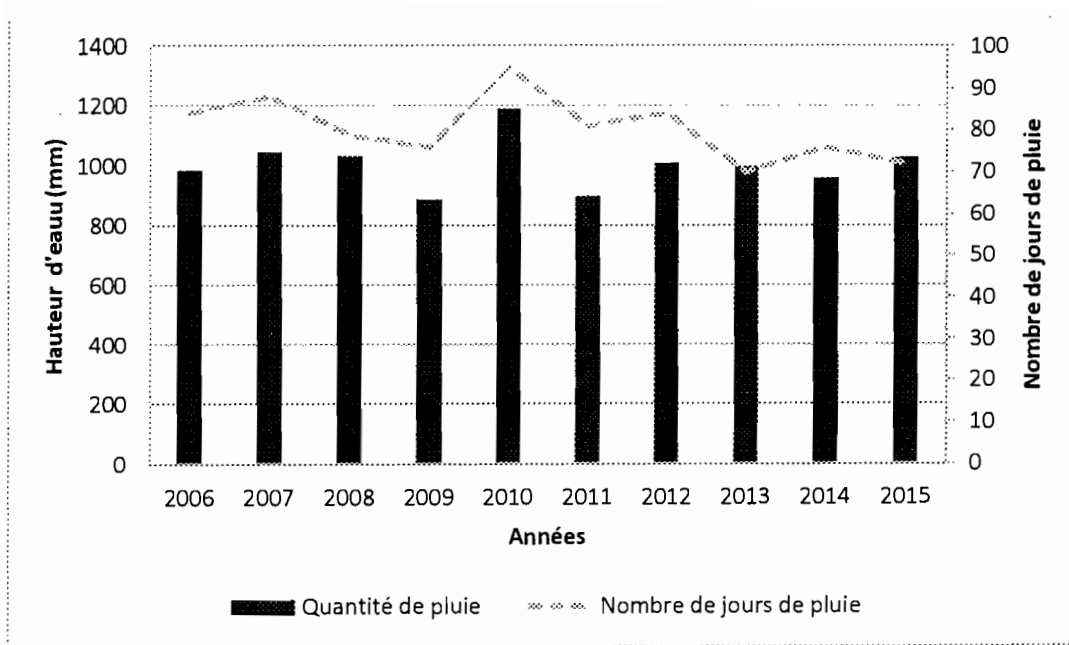


Figure 4: Pluviosité et nombre de jours de pluie à la vallée du Kou de 2006 à 2015

Source : Antenne INERA de la vallée du Kou

2.1.2. Végétation

La végétation naturelle de la région de la Vallée du Kou est de type savane arbustive et arborée. Les formations végétales de la strate boisée se composent essentiellement d'essences telles que *Parkia biglobosa* R.Br., *Detarium microcarpum* Guill et Perr, *Sclerocarya birrea* Hochst, *Vitellaria paradoxa* C. F. Gaertn, *Piliostigma thonningii* Schumach., *Tamarindus indica* L. Le tapis herbacé y est très abondant et largement exploité par les éleveurs. Les espèces les plus rencontrées sont : *Andropogon spp.*, *Pennisetum pedicellatum* Trin et *Eragrostis tremula* Lam.

2.1.3. Sols

Les sols de la Vallée du Kou sont des sols ferrugineux tropicaux très hydromorphes par endroits (BUNASOLS, 1985). Ils sont de texture limono-sableuse à argilo-limoneuse et sont marqués par un lessivage actif des éléments nutritifs, causant parfois des problèmes de fertilité. Ces sols ont surtout une réaction acide (pH eau variant entre 5,5 et 6,5) avec des concrétions ferrugineuses qui font surface dans certaines zones et le mauvais drainage crée par endroit une toxicité de fer (NEBIE, 1995).

2.1.4. Réseau hydrographique

L'espace communal est parcouru par d'importants cours d'eau dont les plus importants sont :

- Le Mouhoun qui occupe la partie centrale. Un des plus grands barrages du pays est en cours de construction sur le site de Natema où passe cet affluent et connu sous le nom de barrage de Samandéni ;
- Le Kou, un affluent du Mouhoun, rivière pérenne alimentée par les sources de la Guinguette. Par dérivation à partir de Diarradougou, village de la commune de Bama, cette rivière constitue la principale source d'eau qui alimente le périmètre rizicole;
- Le Niamé est aussi un autre cours d'eau rendu pérenne à partir de la source de Desso. Il permet aux producteurs de Desso d'irriguer leurs périmètres maraîchers et fruitiers. L'ensemble du réseau appartient au bassin hydrographique du Mouhoun supérieur (PCD, 2013).

2.2. Matériel

2.2.1. Matériel végétal

La variété de maïs (*Zea mays* L.) utilisée est la SR 21 qui a un rendement potentiel de 5,1 t/ha. C'est une variété à grains blancs, d'un cycle de 97 jours. Elle est résistante à la verse et à la casse (annexe 1).

2.2.2. Fertilisants utilisés

• Matière organique

Les feuilles et les stipes de la campagne précédente de bananier ont été utilisés comme matière organique au cours de l'essai. La composition chimique de ces résidus de bananier utilisés dans les essais est reprise dans le tableau I.

Tableau I : Composition chimique des résidus du bananier

	C(%)	N(%)	C/N	P (mg/kg)	K (mg/kg)
Résidus de bananiers	49,51	1,064	46,53	1277	27589

Légende : C : carbone, N : azote, P : phosphore, K : potassium

• Fertilisants minéraux

Les engrais minéraux utilisés sont respectivement le NPK (15-15-15-6B-1S), l'urée à 46% de N et le TSP à 45% de P₂O₅.

2.2.3. Caractéristiques de la parcelle utilisés

L'étude a été menée sur un sol ferrugineux tropical à caractère vertique. Il s'agit de sol dont la profondeur est limitée par la présence de la cuirasse entre 40 et 100 cm. La texture est argilo-limoneuse avec la présence de concrétions ferrugineuses en profondeur. La parcelle utilisée avait porté la culture de bananier durant trois années.

2.3. Méthodes

2.3.1. Dispositif expérimental

L'essai a été implanté selon le dispositif en split-plot comportant quatre (04) blocs ou répétitions. Chaque bloc a été subdivisé en quatre (04) sous blocs comportant chacun quatre parcelles élémentaires de 12 m² (4m×3m) chacune.

Chaque bloc était composé comme suit :

- les modes de gestion des résidus de bananier constituent le facteur principal avec 4 niveaux : le ramassage, le paillage, l'enfouissement et le brûlage. Les quantités de résidus utilisées sur la parcelle après la culture du bananier ont été estimées à environ 37,5 t/ha ;

- le second facteur est constitué de quatre formules de fumure minérale ou traitements qui sont:

- T0 : témoin sans engrais ;
- T1 : 396,48 g d'urée en deux fractions soit 198,24 g au 15° JAS et 198,24 g au 45° JAS
- T2 : 79,98 g de TSP + 198,24 g d'urée au 15 JAS et 198,24 g d'urée au 45° JAS
- T3 : 240 g de NPK au 15° JAS + 120 g d'urée au 45° JAS

Ces traitements ont été installés sur les parcelles élémentaires séparées par des allées de 0,40 m. Soit au total 64 parcelles élémentaires. La distance qui sépare chaque sous bloc est de 0,70 m et celle séparant chaque bloc est de 4,80 m (figure 5).

Les doses de N, P et K qui ont été appliquées sur les parcelles élémentaires ont été calculées sur la base des doses recommandées pour la fertilisation du maïs en système intensif soit 200 kg/ha de NPK et 100 kg/ha d'urée (tableau II).

Tableau II : Unités fertilisantes apportées par les engrais minéraux

Traitements	N (kg/ha)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)
T0	0	0	0
T1	76	0	0
T2	76	30	0
T3	76	30	30

↑ N

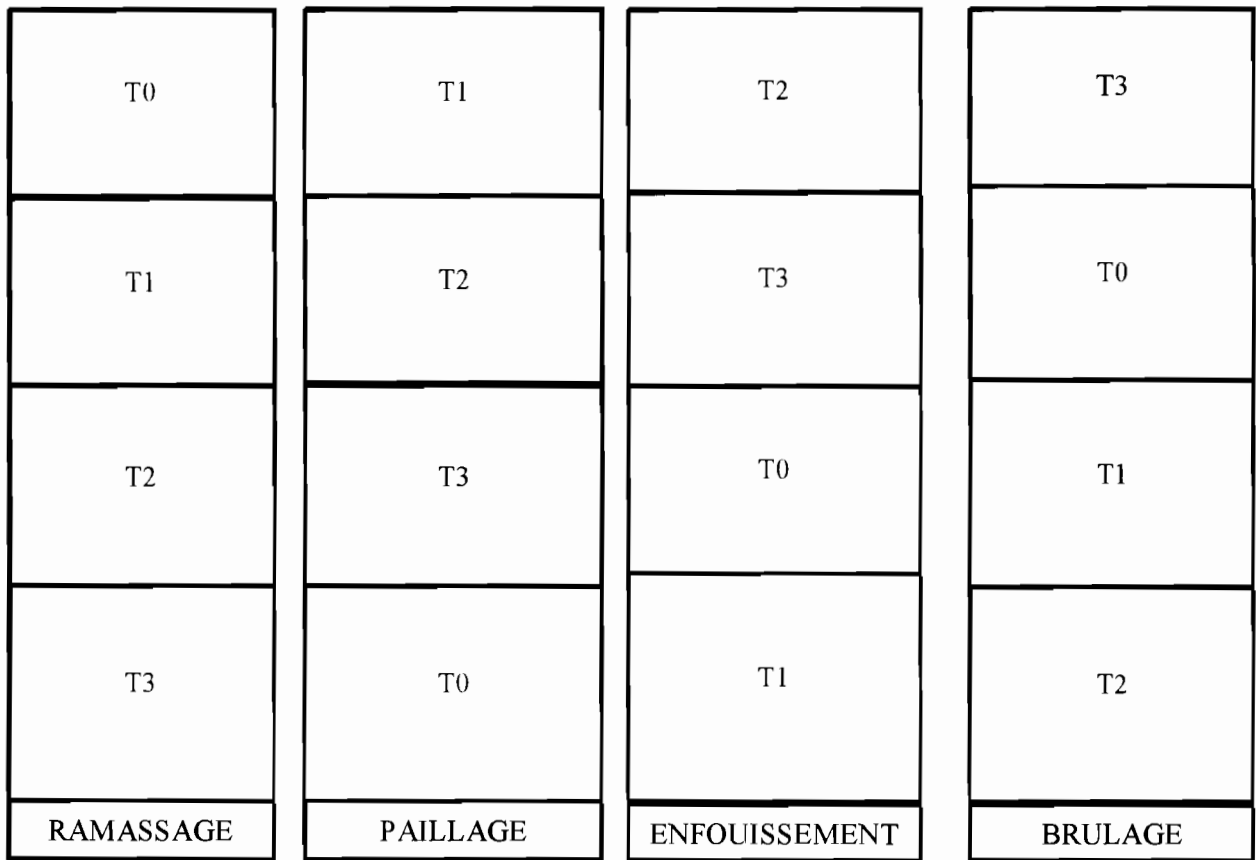


Figure 5 : Plan d'un bloc de l'essai

2.3.2. Conduite de l'essai

• Préparation du sol

Elle a consisté à un nettoyage de la parcelle suivi d'un scarifiage à l'aide d'une daba afin de préparer le lit de semis. Le paillage a été fait après le scarifiage du sol.

• Semis

Les semis ont été réalisés le 18 février 2016. Le maïs a été semé à la main sur des lignes avec un espacement de 0,8 m entre les lignes et de 0,4 m entre les poquets. Ce qui donne une densité de semis de 31250 poquets à l'hectare. Le démariage a été fait à deux pieds par poquet.

• Entretien

La fumure minérale préalablement définie a été appliquée dans une raie le long de la ligne et enfouie le même jour. Un premier sarclage est effectué au 14^e jour après semis (JAS). L'application de la première fraction de l'urée et des autres engrais minéraux a été effectuée au 15^e JAS. Un deuxième sarclage a eu lieu le 39^e JAS et la deuxième fraction de l'urée a été appliquée au 45^e JAS. L'irrigation a été faite à la raie tous les trois (03) à (04) quatre jours selon les besoins de la plante.

2.3.3. Evaluation des rendements et de ses composantes

Les rendements ont été évalués à la récolte sur des carrés de rendements de 4,8 m² en tenant compte des effets de bordures. Les paramètres mesurés pour chaque carré de rendement sont le nombre de plants/ha, le nombre d'épis/ha, le rendement en grains, le poids de 1000 grains et le rendement paille. La technique de récolte a consisté à détacher l'épi des spathes et à garder les spathes sur la tige. La paille et les grains ont été séchés au soleil et leur poids mesuré à l'aide d'une balance. Dans les calculs de rendement, les différents résultats obtenus ont été extrapolés en kilogramme par hectare (kg/ha).

2.3.4. Evaluation de la caractéristique chimique du sol

Un prélèvement de sol a été effectué suivant la diagonale. Au total 5 échantillons élémentaires ont été prélevés après la récolte dans l'horizon 0-20 cm pour constituer un échantillon composite par parcelle. Après séchage à l'ombre, un échantillon de 500 g tamisé à 2 mm a été prélevé pour analyser au laboratoire les caractéristiques chimiques. Les effets des

modes de gestion des résidus de bananier et de la fumure minérale sur la fertilité chimique des sols ont été étudiés en mesurant le potentiel hydrogène du sol, la matière organique du sol, l'azote total, le carbone, le potassium total et disponible, le phosphore total et le phosphore assimilable de sols. Les analyses chimiques au laboratoire GRN-SP de l'INERA de Farakô Bâ ont concerné tous les échantillons prélevés sur les parcelles.

➤ **Détermination du pH du sol**

Le pH eau et le pH KCl ont été mesurés à l'aide d'un pH-mètre électronique dans une suspension de l'échantillon respectivement dans de l'eau distillée et une solution de KCl selon le rapport 1/2,5 (normes AFNOR, 1981).

➤ **Détermination du carbone et de la matière organique**

Le carbone organique est dosé par la méthode de WALKLEY et BLACK modifiée par GRAHAM (1948). Le principe repose sur la propriété du dichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$) à oxyder le carbone de la matière organique en milieu sulfurique. L'oxydation du carbone entraîne la réduction du chrome Cr^{3+} dont la couleur verte est utilisée comme mesure directe de la quantité de CO_2 oxydé. Cette quantité de CO_2 est proportionnelle à la teneur en quantité de carbone et est déterminée en colorimétrie à 650 nm. La teneur en carbone est obtenue par la formule suivante:

$$\% C = (A - Ab) * VT * K / (P * 10\ 000)$$

A : absorbance de l'échantillon ;

Ab : absorbance du blanc ;

VT : volume total (32,5ml) ;

K : constance de la série standard ;

P : poids de la prise d'essai.

La teneur en matière organique est obtenue par la formule suivante:

$$MO (\%) = C (\%) * 1,724$$

Le coefficient 1,724 provient du fait que la matière organique est composée d'environ 58 % de carbone.

➤ **Détermination de l'azote total**

L'azote total a été déterminé après minéralisation par la méthode KJELDAHL (HILLEBRAND et *al.*, 1953). Pour cela, 2,5 g d'échantillon de sol a été attaqué à chaud par l'acide sulfurique concentré. Après ajout d'une pincée de catalyseur sélénium, le produit

intermédiaire a été porté progressivement à chaud jusqu'à décoloration. Le dosage a été fait par calorimétrie automatique.

➤ **Détermination du phosphore total**

La minéralisation par la méthode KJELDAHL a été identique à celle de l'azote. Le molybdate d'ammonium utilisé en présence d'acide ascorbique donne une coloration bleue avec le phosphore. L'intensité de la coloration est proportionnelle à la quantité de phosphore. Le dosage se fait par calorimétrie automatique.

➤ **Détermination du phosphore assimilable**

Il est déterminé par la méthode Bray I (BRAY and KURTZ, 1945) qui utilise le fluorure d'ammonium (NH_4F) 0,03 N et l'acide chlorhydrique 0,1 M comme solution d'extraction dans un rapport 1/5. Cette solution permet l'extraction du phosphore acido-soluble, une grande fraction du phosphore lié au calcium, une partie liée à l'aluminium et au fer. Le dosage est réalisé par colorimétrie automatique.

➤ **Détermination du potassium total**

Le dosage du K s'est fait également sur le minéralisât. Le potassium a été dosé par un spectromètre à émission de flamme.

➤ **Détermination du potassium disponible**

L'extraction du potassium dans le sol s'est faite avec une solution de 0.1N de HCl et 4N d'acide oxalique ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$). Le potassium est déterminé au photomètre à flamme par la comparaison des intensités des radiations émises par les atomes de K avec celles des solutions standards.

2.3.5. Evaluation de la quantité de résidus restant dans le traitement Paillage après récolte

La paille restée sur les parcelles de paillage des résidus du bananier après récolte a été ramassée, séchée et pesée pour déterminer la quantité de paille perdue durant l'essai.

2.3.6. Analyse statistique des données

Les données ont été saisies et préparées avec le logiciel Office Excel 2010. Le logiciel XLSTAT version 2016.03.31199 a été utilisé pour les analyses de variances (ANOVA) et la comparaison des variables selon la méthode Newman-Keuls avec un intervalle de confiance à 95%.

CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSSION

CHAPITRE III: RESULTATS ET DISCUSSION

3.1. Résultats

3.1.1. Effets des différents modes de gestion des résidus du bananier et de la fumure minérale sur les rendements et les composantes de rendement du maïs

3.1.1.1. Effets des modes de gestion des résidus du bananier sur les rendements du maïs et ses composantes

Le tableau III présente les composantes de rendement et les rendements du maïs en fonction des modes de gestion des résidus du bananier sur quelques composantes du rendement du maïs.

L'examen de ce tableau montre que les rendements obtenus sont globalement comparables aux rendements potentiels de la variété du maïs. L'enfouissement des résidus du bananier a donné des rendements supérieurs au rendement potentiel moyen de la variété (5764,56 kg/ha de rendement grains obtenu contre 5100 kg/ha de rendement potentiel de la variété). L'analyse de la variance montre une différence significative ($p < 0,05$) entre les modes de gestion des résidus du bananier pour le rendement en grains et le rendement en paille.

Concernant le nombre de plants/ha, le nombre d'épis/ha et le poids 1000 grains, la différence enregistrée entre les modes de gestion des résidus du bananier n'a pas été significative au seuil de 5 %.

Le rendement en grains obtenu a oscillé de 4324,02 à 5764,56 kg/ha ; l'enfouissement des résidus du bananier a donné les valeurs les plus élevées alors que les valeurs les moins élevées ont été observées au niveau du paillage des résidus du bananier.

Le rendement en paille a oscillé entre 8923,64 et 11341,61 kg/ha ; le rendement le plus performant a été obtenu avec l'enfouissement des résidus du bananier tandis que le ramassage des résidus a donné le plus faible rendement.

Tableau III: Comparaison des rendements et des composantes de rendement du maïs en fonction des modes de gestion des résidus du bananier

Modes de gestion	Densité (pieds/ha)	Nombre d'épis/ha	Rendement grains (kg/ha)	PMG (g)	Rendement paille (kg/ha)
Ramassage	51302,65±4863,59	52083,33±10513,44	4648,57 ^b ±795,14	293,97±13,36	8923,64 ^b ±3153,65
Paillage	48958,33±5432,67	50651,04±7165,32	4324,02 ^b ±629,80	288,70±17,90	9942,10 ^{ab} ±2832,03
Enfouissement	52864,58±2833,64	57291,67±8539,13	5764,56 ^a ±577,13	301,61±16,92	11341,61 ^a ±2438,66
Brûlage	49088,54±5484,02	50000,00±6454,97	4646,07 ^b ±630,40	296,49±14,16	8679,69 ^b ±2868,95
Probabilité	0,070	0,066	0,025	0,144	0,004
Signification	NS	NS	S	NS	HS

Légende :

*Les moyennes affectées d'une même lettre dans une même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% par la méthode de Newman-Keuls. Chaque valeur est la moyenne de 4 répétitions ;

*HS : Hautement Significatif, S : Significatif, NS : Non Significatif, PMG : poids de mille grains (g).

3.1.1.2. Effets de la fumure minérale sur les rendements et ses composantes de rendement du maïs

Le tableau IV montre les résultats de l'évaluation du rendement et de certaines composantes du rendement du maïs en fonction de la fumure minérale.

Les rendements obtenus en appliquant les différents traitements des engrais minéraux ont été supérieurs au rendement potentiel de la variété du maïs. Par contre, sans apport d'engrais minéraux (T0), le rendement obtenu a été inférieur au rendement potentiel de la variété. L'analyse statistique des résultats du rendement du maïs et ses composantes indique une différence significative entre les traitements au seuil de 5% selon le test de Newman-Keuls.

Le nombre de pieds/ha le plus élevé a été enregistré sur le traitement T2 avec une moyenne de 52734,38 pieds/ha, et la plus faible valeur sur le traitement T0 avec une moyenne de 47395,83 pieds/ha.

L'examen du tableau montre que le nombre d'épis/ha a varié de 44010,42 à 56250,00 épis/ha. Le traitement T1 a le nombre d'épis/ha le plus élevé (56250,00 épis/ha), et T0 a le nombre d'épis/ha le plus faible (44010,42). Les résultats obtenus avec les traitements (T1, T2 et T3) ne sont pas statistiquement différents ($p > 0,05$).

Pour le rendement en grains, les résultats montrent que le traitement T2 a le rendement le plus performant (5742,92 kg/ha). Ce traitement n'est pas significativement différent de celui des autres traitements ayant reçus des apports d'engrais (T1 et T3). Le rendement le plus bas a été obtenu avec T0 (2943,39 kg/ha).

L'analyse des résultats des poids de 1000 grains montre que ce dernier présente une situation similaire à celle des rendements en grains. En effet, les meilleurs poids de 1000 grains ont été obtenus avec les traitements T1, T2 et T3 avec des valeurs variant entre 300,09 et 303,85 g mais statistiquement équivalents entre eux selon le test de Newman-Keuls. Le traitement T0 a enregistré le plus faible poids de 1000 grains (276,70 g).

S'agissant du rendement paille, le meilleur rendement a été obtenu avec le traitement T2 (11678,63 kg/ha) suivi du T1 et T3 respectivement. Le rendement le plus bas a été obtenu avec le traitement T0 (5836,85 kg/ha).

D'une manière générale, les traitements avec la fumure minérale (T1, T2 et T3) sont plus compétitifs que le traitement sans engrais (T0) en termes des rendements du maïs.

Tableau IV: Comparaison des rendements et des composantes de rendement du maïs en fonction des traitements de fumure minérale

Traitements	Densité (pieds/ha)	Nombre d'épis/ha	Rendement grains (kg/ha)	PMG (g)	Rendement paille (kg/ha)
T0	47395,83 ^b ±6061,99	44010,42 ^b ±7860,10	2943,39 ^b ±475,03	276,70 ^b ±14,85	5836,85 ^b ±1835,50
T1	50260,42 ^{ab} ±3943,69	56250,00 ^a ±7795,12	5489,52 ^a ±515,07	300,09 ^a ±12,35	11194,54 ^a ±1361,46
T2	52734,38 ^a ±3545,24	55208,33 ^a ±5793,51	5742,92 ^a ±309,90	303,85 ^a ±10,18	11678,63 ^a ±1853,05
T3	51822,92 ^a ±4492,47	54557,29 ^a ±6855,77	5207,75 ^a ±494,74	300,13 ^a ±10,25	10177,01 ^a ±2336,18
Probabilité	0,010	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Significatif	S	THS	THS	THS	THS

Légende :

*Les moyennes affectées d'une même lettre dans une même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% par la méthode de Newman-Keuls, Chaque valeur est la moyenne de 4 répétitions ;

*THS : Très Hautement Significatif, S : Significatif PMG : poids de mille grains (g) ;

*T0 : témoin sans engrais, T1 : Urée, T2 : Urée +TSP, T3 : NPK + Urée.

3.1.1.3. Effets des différents modes de gestion des résidus du bananier et de la fumure minérale sur les rendements et les composantes de rendement du maïs

Les effets combinés des modes de gestion des résidus du bananier et de la fumure minérale sur certaines composantes du rendement du maïs sont consignés dans le tableau V. Les rendements obtenus sont d'une manière générale supérieurs aux rendements potentiels de la variété du maïs.

L'analyse de la variance montre une différence significative ($p < 0,05$) entre les traitements pour le nombre d'épis/ha, le rendement en grains, le poids 1000 grains et le rendement paille. S'agissant du nombre de plants/ha, la différence enregistrée entre les traitements n'a pas été significative au seuil de 5 % selon le test Newman-Keuls.

L'analyse du tableau V montre que sur les parcelles où les résidus du bananier ont été ramassés, les meilleures valeurs en rendements grains, en nombre de pieds/ha et en poids de 1000 grains ont été obtenues avec les traitements T2 (Urée + TSP), T1 (Urée) et T3 (NPK + Urée) respectivement suivi du T0 (témoin sans engrais). Et les meilleures valeurs en rendements paille et en nombre d'épis/ha ont été obtenus avec les traitements T1 et T2 respectivement suivi du traitement T3 et du témoin T0.

L'examen du tableau V montre que sur les parcelles où les résidus du bananier ont été paillés, enfouis ou brûlés, les meilleures valeurs en nombre de plants/ha, en nombre d'épis/ha, en rendements grains et en poids de 1000 grains ont été obtenues avec l'apport conjoint de la fumure minérale et les résidus du bananier.

Les valeurs en nombre d'épis/ha varient de 40104,17 à 61458,33 épis/ha. La meilleure valeur en nombre d'épis/ha (61458,33 épis/ha) a été obtenue avec l'enfouissement des résidus du bananier combinés avec le traitement T2, alors que la plus faible valeur a été obtenue avec le ramassage des résidus du bananier joint au T0 (40104,17 épis/ha).

S'agissant des rendements en grain, ils ont varié de 2388,50 à 6492,60 kg/ha. La meilleure valeur en rendement grains (6492,60 kg/ha) a été obtenue avec l'enfouissement des résidus du bananier combinés avec le traitement T2, alors que la plus faible valeur a été obtenue avec le ramassage des résidus du bananier joint au T0 (2388,50 kg/ha).

Pour ce qui concerne les rendements en paille, ils ont varié de 4308,69 à 13419,72 kg/ha. Le rendement le plus performant en paille (14719,79 kg/ha) a été obtenu avec le paillage des résidus du bananier associé avec T2, tandis que l'association de ramassage des résidus du bananier + T0 (6008,33 kg/ha) a donné le rendement le moins performant.

Les valeurs de poids de 1000 grains ont oscillé de 262,90 et 310,08 g. Le poids de 1000 grains le plus élevé (310,08 g) a été obtenu avec l'enfouissement des résidus du bananier + T2, alors que le plus faible poids (262,90 g) a été obtenu avec le paillage des résidus du bananier + T0.

De façon générale, les rendements les plus compétitifs ont été obtenus avec la combinaison de l'enfouissement des résidus du bananier et du traitement T2. Il est important de noter également que les traitements T2, T1 et T3 présentent des rendements similaires. Aussi, l'enfouissement seul des résidus du bananier offre des rendements satisfaisants en comparaison avec le ramassage, le paillage et le brûlage exclusifs des résidus du bananier.

Tableau V : Comparaison des rendements et des composantes de rendement du maïs en fonction des modes de gestion des résidus de bananiers et des traitements de fumure minérale

Modes de gestions	Traitement	Densité	Nombre	Rendement	PMG (g)	Rendement
		(pieds/ha)	d'épis/ha	Grains (Kg/ha)		Paille (Kg/ha)
Ramassage	T0	48437,50±8224,11	40104,17 ^d ±5961,21	2388,50 ^c ±266,32	279,73 ^c ±11,68	4308,69 ^e ±229,59
	T1	52604,17±3125,00	59895,83 ^{ab} ±13107,35	5572,40 ^{ab} ±549,02	297,75 ^{abc} ±9,86	11835,37 ^{abc} ±1512,33
	T2	53125,00±3989,28	54687,50 ^{ab} ±1994,64	5753,23 ^{ab} ±199,38	306,30 ^{abc} ±7,51	10611,91 ^{abcd} ±532,63
	T3	51041,67±2689,57	53645,83 ^{abc} ±6669,92	4880,17 ^{ab} ±725,60	292,10 ^{abc} ±10,24	8938,58 ^d ±1897,93
Paillage	T0	44791,67±4336,80	44270,83 ^{cd} ±9528,07	2442,08 ^c ±309,72	262,90 ^d ±8,48	6054,39 ^e ±458,12
	T1	46354,17±3943,69	52604,17 ^{abc} ±1994,64	4815,83 ^{ab} ±271,92	299,35 ^{abc} ±5,67	10140,32 ^{abcd} ±979,95
	T2	53645,83±3943,69	52083,33 ^{abc} ±5103,10	5255,48 ^{ab} ±286,46	295,63 ^{abc} ±12,70	13419,72 ^a ±1495,37
	T3	51041,67±5511,98	53645,83 ^{abc} ±7864,41	4782,67 ^{ab} ±489,45	296,93 ^{abc} ±11,99	10153,95 ^{abcd} ±553,01
Enfouissement	T0	51562,50±2621,47	50000,00 ^{bcd} ±8838,83	4261,82 ^b ±364,03	282,43 ^{abc} ±18,82	8058,56 ^{cd} ±2024,53
	T1	51562,50±2621,47	58854,17 ^{ab} ±7291,67	6350,16 ^a ±650,52	310,08 ^a ±19,14	11612,58 ^{ab} ±1866,04
	T2	54166,67±1701,03	61458,33 ^a ±7701,76	6492,60 ^a ±111,52	309,95 ^a ±4,37	12590,92 ^{ab} ±1204,33
	T3	54166,67±3803,63	58854,17 ^{ab} ±8568,72	5953,65 ^{ab} ±352,67	304,00 ^{abc} ±2,37	13104,39 ^{ab} ±103,70
Brulage	T0	44791,67±6909,63	41666,67 ^d ±6133,17	2679,69 ^c ±319,70	281,75 ^{bc} ±14,02	4925,77 ^c ±1272,41
	T1	50520,83±3943,69	53645,83 ^{abc} ±4619,49	5219,69 ^{ab} ±369,44	293,2 ^{abc} ±7,93	11189,91 ^{bcd} ±525,24
	T2	50000,00±3803,63	52604,17 ^{abc} ±1994,64	5470,38 ^{ab} ±278,26	303,53 ^{abc} ±11,54	10091,98 ^{abcd} ±1781,42
	T3	51041,67±6250,00	52083,33 ^{abc} ±4500,51	5214,54 ^{ab} ±272,02	307,48 ^{ab} ±8,92	8511,12 ^{cd} ±2489,57
	Probabilité	0,064	0,002	<0,0001	<0,0001	<0,0001
	Signification	NS	HS	THS	THS	THS

Légende :

**Les moyennes affectées d'une même lettre dans une même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% par la méthode de Newman-Keuls. Chaque valeur est la moyenne de 4 répétitions ;*

**THS : Très Hautement Significatif, HS : Hautement Significatif, NS : Non Significatif, PMG : Poids 1000 grains (g) ;*

**T0 : témoin sans engrais, T1 : Urée, T2 : Urée + TSP, T3 : NPK + Urée.*

3.1.2. Effets des différents modes de gestion des résidus du bananier et de la fumure minérale sur les caractéristiques chimiques du sol

Les normes d'interprétation des caractéristiques chimiques sont celles du BUNASOL (1987), annexe 2 (tableau 20).

3.1.2.1. Effets des différents modes de gestion des résidus du bananier sur les caractéristiques chimiques du sol

Le tableau VI présente les caractéristiques chimiques du sol en fonction des différents modes de gestion des résidus du bananier. L'analyse de la variance des résultats montre que les différents modes de gestion des résidus du bananier ont eu un effet significatif sur les valeurs du pH, sur les teneurs en carbone organique, en azote, en K disponible des sols par rapport au ramassage des résidus de bananier au seuil de 5%. Pour ce qui concerne les teneurs en P total, en P assimilable et en K total, la différence enregistrée entre les différents modes de gestion des résidus de bananier n'a pas été significative ($P > 0,05$) par rapport au ramassage.

Les résultats montrent que le pH du sol se situe dans la gamme du pH fortement acide. Les meilleures valeurs du pH_{eau} et du pH_{KCl} des sols ont été obtenues avec l'enfouissement des résidus du bananier (5,41 et 4,30 respectivement). Les plus faibles teneurs ont été obtenues avec le ramassage des résidus de bananiers (5,02 et 3,90 respectivement).

Concernant le carbone et la matière organique des sols, les résultats montrent qu'ils appartiennent à la catégorie des sols qui ont des teneurs élevées en ces éléments (2-3% MO). La plus grande teneur en matière organique des sols a été obtenue avec l'enfouissement des résidus du bananier (2,43 mg/kg de sol). La plus faible teneur a été obtenue avec le ramassage des résidus (2,03 mg/kg de sol). Les teneurs en carbone organique statistiquement identiques entre le paillage et l'enfouissement des résidus du bananier, ont été significatifs par rapport au ramassage et au brûlage des résidus du bananier. Les teneurs en carbone organique du sol ont été identiques entre Ramassage et Brûlage des résidus du bananier.

L'examen du tableau montre que dans les parcelles où les résidus de bananiers ont été apportés, les sols présentent des teneurs élevées en azote (0,10-0,14%) par rapport à la parcelle où les résidus de bananiers ont été ramassés (0,06-0,01). La plus forte teneur en azote du sol a été enregistrée avec le paillage et l'enfouissement des résidus du bananier (0,11% pour chacun).

Les teneurs en potassium disponible des sols sont élevées (100-200 mg/kg de sol). La plus forte teneur en potassium disponible a été obtenue avec Brûlage des résidus du bananier (199,63 mg/kg de sol). L'analyse statistique des résultats montre que le brûlage des résidus du bananier a été significativement différent au ramassage, au paillage et à l'enfouissement des résidus du bananier qui sont tous les trois identiques.

Tableau VI : Caractéristiques chimiques du sol en fonction des différents modes de gestion des résidus du bananier

Modes de gestion	pH_{eau}	pH_{kcl}	MO (%)	C (%)	N (%)	C/N	P total mg/kg sol	P ass mg/kg sol	K total mg/kg sol	K dispo mg/kg sol
Ramassage	5,02 ^b ±0,18	3,90 ^c ±0,10	2,03 ^b ±0,20	1,18 ^b ±0,205	0,093 ^b ±0,02	12,69±1,12	349,00±88,00	69,06±29,4	769,51±249,56	111,83 ^b ±38,82
Paillage	5,34 ^a ±0,20	4,18 ^{ab} ±0,18	2,41 ^a ±0,22	1,40 ^a ±0,224	0,111 ^a ±0,02	12,64±0,78	402,65±101,47	88,03±36,8	729,04±259,93	146,28 ^b ±55,34
Enfouissement	5,41 ^a ±0,28	4,30 ^a ±0,28	2,43 ^a ±0,22	1,41 ^a ±0,225	0,111 ^a ±0,02	12,75±0,63	354,43±44,98	63,29±18,0	744,97±265,61	152,07 ^b ±54,64
Brûlage	5,35 ^a ±0,29	4,14 ^b ±0,23	2,19 ^{ab} ±0,23	1,27 ^{ab} ±0,234	0,100 ^{ab} ±0,02	12,67±0,70	398,08±116,92	80,03±36,2	934,41±284,36	199,63 ^a ±83,90
Probabilité	<0,0001	<0,0001	0,011	0,011	0,011	0,984	0,220	0,119	0,117	0,002
Signification	THS	THS	S	S	S	NS	NS	NS	NS	HS

Légende :

*Les moyennes affectées d'une même lettre dans une même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% par la méthode de Newman-Keuls, Chaque valeur est la moyenne de 4 répétitions ;

*THS : Très Hautement Significatif, HS : Hautement Significatif, S : Significatif, NS : Non Significatif, **PMG** : poids de mille grains (g) ;

*C : carbone ; N : azote ; **P total** : Phosphore total ; **Pass.** : Phosphore assimilable ; **K total** : Potassium total ; **K dispo** : Potassium disponible.

3.1.2.2. Effets des traitements de fumure minérale sur les caractéristiques chimiques du sol

Le tableau VII présente les caractéristiques chimiques du sol en fonction des traitements de fumure minérale. L'analyse de la variance des résultats révèle qu'il n'y a pas eu une différence significative entre les traitements sur les valeurs du pH, les teneurs en carbone, en azote, en phosphore assimilable et total, et en potassium disponible du sol. Concernant le potassium total, la différence enregistrée entre les différents traitements de fumure minérale a été très hautement significatif ($P < 0,05$).

L'examen du tableau VII montre que les teneurs en potassium total du sol est faible. Les teneurs en potassium total du sol ont varié entre 484,55 et 961,46 mg/kg de sol. La plus forte teneur (961,46 mg/kg de sol) a été enregistrée avec le traitement T0 (témoin sans engrais), tandis que la teneur la plus faible (484,55) a été obtenue avec le traitement T1 (urée).

Tableau VII : Caractéristiques chimiques du sol en fonction des traitements de fumure minérale

Traitements	pHeau	pHKCl	C (%)	N (%)	C/N	P total (mg/kg sol)	P ass (mg/kg sol)	K total (mg/kg sol)	K dispo (mg/kg sol)
T0	5,42±0,35	4,21±0,25	1,37±0,270	0,11±0,02	12,67±0,74	385,50±81,02	78,55±23,8	961,46 ^a ±142,82	171,28±70,93
T1	5,24±0,27	4,09±0,20	1,29±0,215	0,10±0,02	13,07±0,66	354,73±86,28	69,78±35,7	484,55 ^c ±251,49	144,45±60,88
T2	5,26±0,23	4,11±0,21	1,22±0,195	0,10±0,02	12,65±0,87	373,25±116,00	73,76±36,5	772,92 ^b ±194,86	136,83±56,79
T3	5,19±0,23	4,11±0,22	1,37±0,249	0,11±0,02	12,35±0,76	390,68±89,46	78,32±31,9	959,00 ^a ±163,71	157,26±77,95
Probabilité	0,120	0,564	0,190	0,069	0,092	0,711	0,849	<0,0001	0,493
Signification	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	THS	NS

Légende :

*Les moyennes affectées d'une même lettre dans une même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% par la méthode de Newman-Keuls, Chaque valeur est la moyenne de 4 répétitions ;

***THS** : Très Hautement Significatif, **NS** : Non Significatif, **PMG** : poids de mille grains (g) ;

***C** : carbone ; **N** : azote ; **P total** : Phosphore total ; **Pass.** : Phosphore assimilable ; **K total** : Potassium total ; **K dispo** : Potassium disponible ;

***T0** : témoin sans engrais, **T1** : Urée, **T2** : Urée + TSP, **T3** : NPK + Urée.

3.1.2.3. Effets combinés des modes de gestion des résidus du bananier et de fumure minérale sur les caractéristiques chimiques du sol

Les effets combinés des modes de gestion de résidus du bananier et de fumure minérale sur les caractéristiques du sol sont résumés dans le tableau VIII. L'analyse statistique du tableau montre qu'il existe une différence significative au seuil de 5% entre la valeur du pH et entre la teneur du potassium total des sols selon le test de Newman-Keuls. S'agissant des teneurs en carbone organique, en azote, en phosphore totale, en phosphore assimilable, et en potassium disponible ; l'analyse des variances ne révèle aucune différence significative ($p > 0,05$).

Le tableau VIII montre que le sol est acide avec des valeurs de pH_{eau} variant de 4,97 à 5,61 et celles du pH_{KCl} variant par ailleurs entre 3,88 et 4,43. La meilleure valeur du pH_{eau} et pH_{KCl} a été obtenue avec l'enfouissement des résidus et le traitement T0 (5,61 et 4,43 respectivement).

Les teneurs en potassium total du sol ont été bas (500-1000 mg/kg de sol) avec le ramassage, le paillage et l'enfouissement des résidus du bananier. Par contre les teneurs ont été moyens avec le brûlage des résidus du bananier atteignant 1086,16 mg/kg de sol.

Les teneurs en potassium total ont oscillé entre 337,75 et 1086,16 mg/kg de sol. Les teneurs en potassium total sont plus élevés sur les parcelles où on a brûlé les résidus du bananier en combinaison avec le traitement T3 (1086,16 mg/kg de sol).

Tableau VIII : Caractéristiques chimiques du sol en fonction des différents modes de gestion des résidus du bananier et des traitements de fumure minérale

Modes de gestion	Traitement	pH _{eau}	pH _{kcl}	C	N	C/N	P total	P ass	K total	K dispo
				(%)	(%)		mg/kg sol	mg/kg sol	mg/kg sol	mg/kg sol
Ramassage	T0	5,04 ^{ab} ±0,14	3,89 ^d ±0,07	1,14±0,24	0,091±0,02	12,67±1,16	341,81±79,54	70,47±23,1	915,16 ^{ab} ±171,15	102,68±18,41
	T1	5,08 ^{ab} ±0,29	3,91 ^d ±0,15	1,16±0,20	0,088±0,01	13,12±0,34	337,29±80,72	75,84±39,3	601,87 ^{cd} ±320,13	144,15±53,34
	T2	4,99 ^b ±0,18	3,93 ^{cd} ±0,09	1,18±0,20	0,092±0,02	12,92±1,64	320,93±72,10	57,73±25,7	640,84 ^c ±211,01	78,29±22,31
	T3	4,97 ^b ±0,11	3,88 ^d ±0,08	1,22±0,26	0,101±0,02	12,04±1,13	395,96±128,21	72,20±36,5	920,17 ^{ab} ±130,44	122,20±26,53
Paillage	T0	5,42 ^{ab} ±0,25	4,19 ^{ab} ±0,26	1,41±0,19	0,113±0,02	12,46±0,49	401,20±112,94	88,56±26,8	929,50 ^{ab} ±181,62	174,63±57,44
	T1	5,34 ^{ab} ±0,15	4,16 ^{ab} ±0,13	1,38±0,24	0,104±0,02	13,32±0,67	367,12±80,93	79,30±29,8	367,07 ^{de} ±37,09	149,02±69,49
	T2	5,34 ^{ab} ±0,25	4,17 ^{ab} ±0,22	1,30±0,19	0,104±0,02	12,64±0,78	423,80±155,19	98,75±61,4	719,19 ^{bc} ±97,61	141,71±66,57
	T3	5,25 ^{ab} ±0,17	4,19 ^{ab} ±0,15	1,50±0,31	0,123±0,02	12,14±0,88	418,48±73,95	85,49±33,5	900,42 ^{ab} ±162,36	119,76±26,53
Enfouissement	T0	5,61 ^a ±0,32	4,43 ^a ±0,38	1,50±0,23	0,116±0,01	12,87±0,73	382,58±18,93	70,87±12,03	949,80 ^{ab} ±75,62	180,73±82,53
	T1	5,33 ^{ab} ±0,27	4,23 ^{ab} ±0,24	1,39±0,24	0,109±0,01	12,70±1,02	349,15±78,48	53,23±17,38	337,75 ^e ±104,05	117,32±17,53
	T2	5,43 ^{ab} ±0,11	4,32 ^{ab} ±0,21	1,26±0,20	0,098±0,02	12,86±0,41	335,35±18,07	59,70±17,70	763,07 ^{bc} ±52,82	156,34±48,68
	T3	5,26 ^{ab} ±0,35	4,23 ^{ab} ±0,34	1,49±0,22	0,119±0,02	12,59±0,40	350,64±40,93	69,39±24,28	929,27 ^{ab} ±103,16	153,90±51,99
Brûlage	T0	5,60 ^a ±0,37	4,32 ^{ab} ±0,40	1,44±0,35	0,113±0,02	12,68±0,71	416,39±96,02	84,31±33,08	1051,39 ^a ±137,13	227,07±64,39
	T1	5,23 ^{ab} ±0,34	4,06 ^{abc} ±0,18	1,23±0,17	0,094±0,01	13,16±0,52	365,35±131,14	70,77±55,62	631,52 ^c ±327,52	167,32±94,04
	T2	5,27 ^{ab} ±0,11	4,05 ^{abc} ±0,09	1,13±0,22	0,092±0,01	12,20±0,86	412,93±163,09	78,85±20,77	968,56 ^{ab} ±233,95	170,98±46,51
	T3	5,29 ^{ab} ±0,17	4,14 ^{ab} ±0,08	1,27±0,10	0,101±0,01	12,65±0,56	397,65±114,73	86,20±41,61	1086,16 ^a ±225,08	233,17±122,70
	Probabilité	0,008	0,016	0,215	0,114	0,730	0,943	0,920	<0,0001	0,063
	Signification	HS	S	NS	NS	NS	NS	NS	THS	NS

Légende :

**Les moyennes affectées d'une même lettre dans une même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% par la méthode de Newman-Keuls, Chaque valeur est la moyenne de 4 répétitions ;*

**THS : Très Hautement Significatif, HS : Hautement Significatif, S : Significatif, NS : Non Significatif, PMG : poids de mille grains (g) ;*

**C : carbone ; N : azote ; P total : Phosphore total ; P ass. : Phosphore assimilable ; K total : Potassium total ; K dispo : Potassium disponible ;*

**T0 : témoin sans engrais, T1 : Urée, T2 : Urée + TSP, T3 : NPK + Urée.*

3.1.3. Quantité de la matière sèche (MS) des résidus du bananier perdue durant l'essai sur le traitement Paillage des résidus du bananier

Dans les parcelles Paillage des résidus du bananier, les résultats présentés dans la figure 6 ont montré que le taux de perte en matière sèche varie de 71,89% à 72,69%. Le traitement T2 enregistre le plus fort taux de perte en matière sèche (72,69%) et le plus faible taux de perte en MS a été évalué dans le traitement T0 (71,89%).

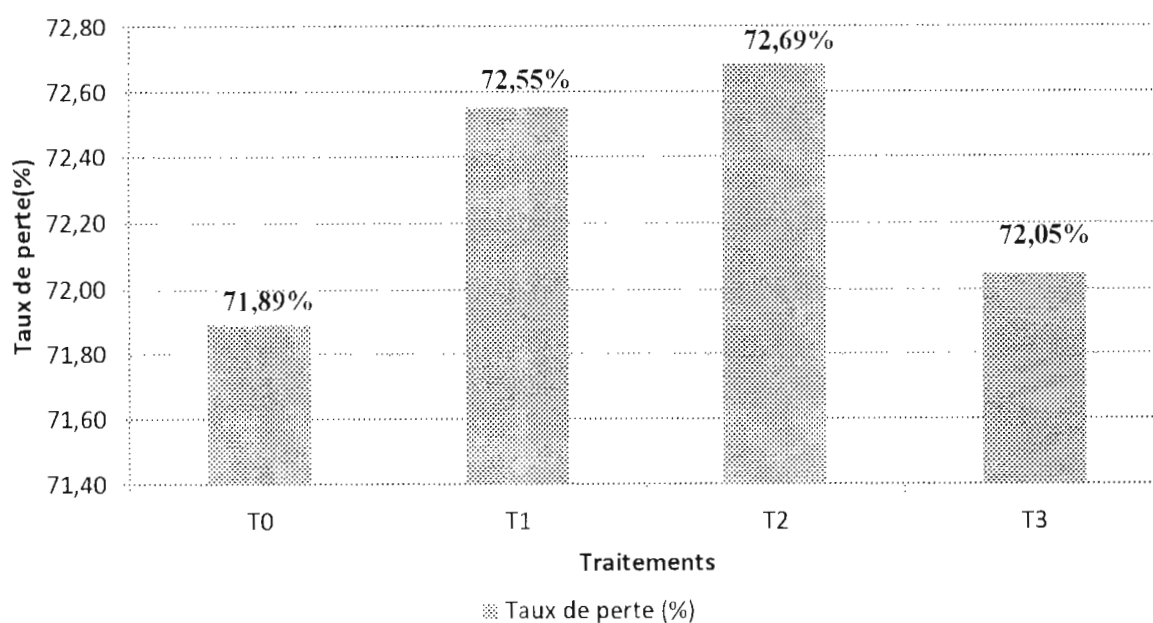


Figure 6 : Quantité de matière sèche perdue durant l'essai sur la parcelle « paillage des résidus du bananier »

Légende : les barres représentent les moyennes; T0 : témoin sans engrais, T1 : Urée, T2 : Urée +TSP, T3 : NPK + Urée.

3.2. Discussion

3.2.1. Effets des différents modes de gestion des résidus du bananier et de la fumure minérale sur les rendements et les composantes de rendement du maïs

Les résultats indiquent que l'utilisation des résidus du bananier a amélioré de façon positive les rendements du maïs surtout l'enfouissement des résidus du bananier par rapport au paillage, brûlage et ramassage des résidus. L'amélioration des rendements du maïs après l'enfouissement des résidus du bananier, pourrait s'expliquer par l'amélioration des propriétés physique, chimique et biologique du sol par ce mode de gestion des résidus (KOULIBALY et *al.*, 2010).

Le paillage n'a pas eu d'effet significatif ($p > 0,05$) sur les rendements du maïs par rapport au ramassage et au brûlage des résidus du bananier. Ces résultats contrastent avec ceux de SAWADOGO (2009) qui a travaillé sur un thème similaire et dans la même zone. En effet, l'auteur a montré que le paillage et l'enfouissement des résidus du bananier ont eu un effet positif comparable sur les rendements du maïs. Ces faibles niveaux ou l'absence des différences observées par le paillage des résidus du bananier sur les rendements du maïs au cours de notre étude, pourraient être dû par la levée difficile du maïs constatée sur ces parcelles. En effet, l'attaque des acridiens et rongeurs était forte au niveau du paillage ; la paille constituait un refuge pour ces agresseurs qui ont occasionné un retard considérable sur la levée du maïs, et partant un décalage de la date de semis avec de nombreux ré-semis. Aussi, cette différence s'expliquerait par le fait que notre étude a été conduite pendant la saison sèche avec irrigation, contrairement à celui de SAWADOGO (2009) qui a été menée pendant la saison pluvieuse. En effet, l'un des avantages du paillage est qu'il permet de maintenir l'humidité du sol entre deux pluies.

Nos résultats montrent que le brûlage n'a pas eu d'effet significatif sur les rendements du maïs, confirmant les travaux de nombreux auteurs. En effet, les travaux de RAISON et *al.* (1985) cités par GILLON (1990) et KANTE (2001) ont montré que le brûlage des résidus entraîne une perte en éléments minéraux dans l'atmosphère, par volatilisation sous forme gazeuse ou par convection de fines particules dans la fumée.

L'analyse des effets de la fumure minérale sur les rendements du maïs montre que les meilleurs rendements sont obtenus sur les parcelles ayant reçu les engrais minéraux. Malgré l'effet positif de l'arrière effet des résidus du bananier, l'utilisation de la fumure minérale est toujours nécessaire pour l'augmentation de rendement du maïs.

Les meilleurs rendements obtenus avec les trois traitements de fumure minérale 165 kg/ha d'urée, 165 kg/ha d'urée + 65 kg/ha de TSP et 200 kg/ha de NPK +100 kg/ha d'urée indiquent que chacun d'eux induit un accroissement de rendement et les composantes de rendement du maïs. Les trois traitements différents de fumure minérale présentent des rendements comparables. Aussi, la fumure azotée (Urée) seule a-t-elle permis d'atteindre des rendements comparables à ceux de la fumure (Urée + TSP) et ceux de la fumure minérale complète (NPK + Urée). Ces résultats s'expliqueraient par une carence azotée du sol, l'azote serait donc le facteur le plus limitant du sol pour une production agricole. Ces résultats corroborent ceux de AKANZA et *al.* (2016), qui affirment que l'azote et le phosphore constituent les principaux éléments qui limitent la productivité des sols ferrugineux tropicaux. Ces résultats confirment aussi ceux de PIERI (1989) qui indique que les sols ferrugineux tropicaux présentent une carence en azote.

La combinaison des résidus du bananier et de la fumure minérale a hautement améliorée d'une manière générale les rendements du maïs par rapport au ramassage des résidus. Cela s'expliquerait par la satisfaction des besoins du maïs en éléments nutritifs N, P et K qui sont des facteurs principaux de croissance du maïs. L'efficacité de la fertilisation minérale a été mise en valeur par l'accroissement des rendements qu'elle permet d'obtenir, quelles que soient les modes de gestion des résidus du bananier. Sur les parcelles où les résidus du bananier ont été ramassés, l'apport de la fumure minérale permet d'augmenter les rendements en grains et paille, le nombre d'épis/ha et le poids de 1000 grains du maïs. En effet, les éléments nutritifs libérés par les engrais minéraux sont utilisables directement par les plantes (KABORE, 2004). Sur les parcelles où les résidus du bananier ont été paillés, enfouis ou brûlés, les analyses statistiques des résultats montrent que les trois formules de fumure à savoir 165 kg/ha d'urée, 165 kg/ha d'urée + 65 kg/ha de TSP et 200 kg/ha de NPK +100 kg/ha d'urée ont accru les rendements en grains et paille, le nombre d'épis/ha et le poids de 1000 grains. Par ailleurs, de nombreux travaux ont démontré que l'application combinée de la fumure minérale et de la fumure organique induit une augmentation des rendements (SEDOGO, 1981 ; PIERI, 1989 ; RABAT, 2003 ; YIRA, 2008 ; SAWADOGO, 2009 ; KOULIBALY et *al.*, 2010 et 2015 ; AKANZA et *al.*, 2016). Cet accroissement des rendements s'expliquerait par la prépondérance de la matière organique. Comme l'a montré RABAT (2003), la fumure minérale apporte aux plantes une partie des éléments minéraux dont elles ont besoin et la fumure organique contribue à compléter la fourniture de ces éléments en les libérant progressivement.

3.2.2. Effets des différents modes de gestion des résidus du bananier et de la fumure minérale sur les caractéristiques chimiques du sol

Les caractéristiques chimiques du sol ont évolué de façon générale sous les différents modes de gestion des résidus de bananiers.

Les valeurs du pH du sol sous le paillage et l'enfouissement des résidus du bananier sont plus élevées par rapport au ramassage des résidus. Ces résultats s'expliqueraient par l'augmentation de la teneur en matière organique qui contribue à rehausser le pH du sol. En effet, au cours d'essai d'incubation d'un sol acide en présence des résidus organiques, NARAMABUYE *et al.* (2007) cité par SOMA (2010) notent une augmentation du pH par rapport au témoin sans apport. Cependant, l'acidité du sol qui est restée un peu élevée, même après les apports de résidus du bananier, suggère le recours à des amendements calcomagnésiens pour corriger le pH (FALISSE et LAMBERT, 1994 ; FABRE et KOCKMANN, 2002 cité par KOULIBALY *et al.*, 2015).

Nos résultats montrent que les apports des résidus du bananier ont eu d'effets significatifs sur les teneurs en carbone et en azote dans la couche 0-20 cm du sol. En effet, le paillage et l'enfouissement des résidus du bananier a plus impacté les teneurs en azote et en carbone du sol par rapport au brûlage et au ramassage des résidus du bananier. Nous pouvons constater comme RISHIRUMUHIRWA (1993) et KOULIBALY *et al.*, 2010, l'importance de l'apport des résidus de cultures sous forme paillis ou enfouis.

Les apports de résidus du bananier n'ont pas influencé significativement ($p > 0,05$) les teneurs en P total et en P assimilable, cependant les teneurs en ces éléments ont été nettement amélioré avec le paillage et le brûlage par rapport au ramassage et à l'enfouissement des résidus de bananiers. En effet, HAFNER *et al.* (1993) cités par SOMA (2010) notent une amélioration du phosphore du sol suite à un apport de résidus culturaux sous forme de paille. Les teneurs en K total et en K disponible ont été améliorées positivement sous le brûlage par rapport au ramassage, à l'enfouissement et au paillage des résidus du bananier. Ce rehaussement des teneurs en K s'expliquerait par la richesse en potassium des cendres (GILLON, 1990).

Les résidus du bananier, associés à la fumure minérale, présente une augmentation des teneurs en carbone organique et en azote. En effet, les apports des résidus du bananier sous forme paillis et enfouis en combinaison avec la fumure minérale T3 (NPK + Urée) induit une augmentation de la teneur en carbone organique ; confirmant les travaux de nombreux auteurs (SEDOGO ,1981 et 1993 ; LOMPO, 2009). En effet, ces auteurs ont montré que sur des sols

ferrugineux tropicaux, la fumure organo-minérale permet de maintenir à long terme la teneur en carbone des sols sous culture, contrairement à la fumure minérale seule qui entraîne une baisse du taux de carbone des sols.

S'agissant des modes de gestion des résidus du bananier et de fumure minérale sur les teneurs en N du sol, le paillage et l'enfouissement des résidus du bananier en combinaison avec le traitement T3 ont le plus amélioré les teneurs en azote du sol.

L'apport combiné des résidus de bananiers sous forme brûlis et de la fumure minérale a impacté considérablement les teneurs en K total du sol par rapport au paillage, à l'enfouissement et au ramassage des résidus du bananier. Cette observation pourrait s'expliquer par le fait que les résidus du bananier sont très riches en potassium (27589 mg/kg de matière sèche).

3.2.3. Quantité de la matière sèche (MS) des résidus du bananier perdue durant l'essai sur le traitement Paillage des résidus du bananier

L'analyse des données sur la perte en MS montre une décomposition rapide des résidus du bananier sur le sol (plus de 71% sur chacun des traitements), ce qui confirme les études de GODEFROY (1974) et THIEULEUX (2006). En effet, les travaux de GODEFROY (1974) en Côte d'Ivoire sur sol ferrallitique montrent que 86% des résidus du bananier sont décomposés dans les deux mois suivant l'apport. Par ailleurs, les études de THIEULEUX (2006) sur la décomposition en matière sèche des résidus de bananiers *in situ* montrent que 86,87% des résidus de bananiers sont décomposés en 111 jours d'incubation.

La décomposition rapide des résidus du bananier montre que les résidus ont un C/N qui se décompose normalement sur le sol. En plus, le taux de pertes en MS des résidus du bananier est élevé au niveau des traitements T2 et T1, suivi respectivement des traitements T3 et T0. Ces résultats s'expliqueraient par une accélération du processus de décomposition des résidus du bananier par les engrais minéraux.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

L'étude menée dans le département de Bama à l'ouest du Burkina Faso est une contribution à la valorisation de la grande quantité de biomasse produite par la culture du bananier en rotation avec le maïs. Elle avait pour objectif d'étudier d'une part les effets des différents modes de gestion des résidus du bananier en combinaison avec la fumure minérale sur les rendements du maïs et les caractéristiques chimiques du sol. Au terme de l'étude, les résultats obtenus permettent de tirer un certain nombre de conclusions.

Les résultats des évaluations agronomiques obtenus en fonction des différents modes de gestion des résidus du bananier et de la fumure minérale montrent que l'enfouissement des résidus du bananier permet d'accroître significativement les rendements en grain et le rendement paille du maïs par rapport au paillage, brûlage et au ramassage des résidus du bananier. Malgré l'amélioration des rendements du maïs liée à la gestion des résidus du bananier, la fumure minérale est toujours nécessaire pour l'obtention des plus hauts rendements du maïs. L'enfouissement au sol des résidus du bananier en combinaison avec la fumure minérale permet d'accroître significativement les rendements du maïs par rapport au paillage, au brûlage et au ramassage des résidus du bananier combinés à la fumure minérale. En testant l'efficacité des trois formules de fumure minérale avec le paillage, l'enfouissement, le brûlage et le ramassage des résidus du bananier, il ressort que ces trois formules permettent un accroissement des rendements du maïs. Aussi, la fumure azoté seule (N) pourrait être utilisée dans les systèmes de cultures à base du bananier au regard des rendements comparables à ceux de la fumure complète NPK qu'elle permet d'obtenir.

Les résultats de l'évaluation des caractéristiques chimiques en fonction des différents modes de gestion des résidus du bananier et de la fumure minérale montrent que les résidus du bananier permettent d'améliorer les niveaux de la matière organique, de pH et de K disponible, sans pour autant, augmenter significativement le P total et le P assimilable. L'apport combiné des résidus du bananier et de la fumure minérale permet d'améliorer significativement le pH et le K total, sans pour autant, accroître significativement le P total et le P assimilable. Les résultats obtenus dans cette étude diagnostique, conduisent à dégager les perspectives suivantes pour les investigations ultérieures :

- poursuivre l'étude dans d'autres zones agroécologiques pour confirmer les résultats et étendre son champ d'application ;
- continuer l'étude pour évaluer les caractéristiques physique et biologique du sol ;

- poursuivre l'étude avec d'autres modes de gestion des résidus du bananier tel que le compostage des résidus ;
- étudier l'effet des différents modes de gestion des résidus du bananier sur plusieurs années.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. **AKANZA K.P., SANOGO S., et N'DA H.A., 2016.** Influence combinée des fumures organique et minérale sur la nutrition et le rendement du maïs : Impact sur le diagnostic des carences du sol ; *Tropicultura*, **34**, 2, 208-220.
2. **ARISTE C. et KAMBOULE J.C., 2002.** La culture de la banane au Burkina Faso: manuel de producteur, première édition; 55p.
3. **BACYE B., 1993.** Influence des systèmes de culture sur l'évolution des sols ferrugineux en région sahélo-soudanienne. Province du Yatenga, Burkina Faso. Thèse de doctorat troisième cycle. 243p.
4. **BANDAOGO A., 2008.** Gestion de la fertilité des sols pour la culture du maïs pluvial et irrigué dans la province du Houet à l'ouest du Burkina Faso. Mémoire de fin d'études, diplôme d'ingénieur, option agronomie. IDR, UPB, Burkina Faso, 45p.
5. **BERGER M., BELEM P.C., DAKOUO D. & HIEN V., 1987.** Le maintien de la fertilité des sols dans l'Ouest du Burkina Faso et la nécessité de l'association agriculture-élevage. *Cot. Fib. Trop.* **42**, 3. 201-211.
6. **BUNASOLS, 1985.** Etat de connaissance de la fertilité des sols au Burkina Faso. Document technique N°1 ; 50p+ annexes.
7. **BUNASOLS., 1987.** Manuel pour l'évaluation des terres 109-121pp.
8. **CIMMYT, 1991.** Réalités et tendances: potentiel maïsicole de l'Afrique Subsaharienne, Mexico, Mexique, 71p.

9. **DIALLO B., DEMBELE N., STAATZ J., 2012.** Compétitivité du maïs local en Afrique de l'Ouest depuis la hausse des prix alimentaires mondiaux. , MSU-SRAI/AfricaRice, 13p.
10. **DJIRE A. S., 2012.** Effets des feux de brousse sur les caractéristiques chimiques et biologiques d'un sol d'une savane soudanienne. Mémoire d'Ingénieur. IDR, UPB, Burkina Faso, 66p.
11. **EDZANG MBA J.J., 1999.** Incidence des systèmes de culture sur la productivité d'un sol ferrallitique dans l'ouest du Burkina Faso. Mémoire de fin de cycle d'ingénieur du développement rural, IDR, UPB, Burkina Faso. 99p.
12. **FALISSE A. et LAMBERT J., 1994.** Fertilisation minérale et organique, In : Agronomie moderne. Bases physiologiques et agronomiques de la production végétale. TAYEB A., E-H. Persoons E., 1994, Hatier; pp. 377-398.
13. **FAO, 1987.** Guide sur les engrais et la nutrition des plantes. Bulletin FAO, Engrais et nutrition végétale, 190p.
14. **FAOSTAT, 2015.** <http://Faostat.fao.org> (consulté le 14 juin 2016)
15. **FAO, 2016.** Analyse des incitations par les prix pour le maïs au Burkina Faso, par S.S Kissou, B. Lanoset A. Mas Aparisi. Série de notes techniques, SAPAA. Rome, 60p.
16. **GILLON D., 1990.** Les effets des feux sur la richesse en éléments minéraux et sur l'activité biologique du sol. Revue Forestière Française, n° Spécial (Espaces forestiers et incendies), P. 295-302.
17. **GODEFROY J., 1974.** Evolution de la matière organique du sol sous culture du bananier et de l'ananas. Relations avec la structure et la capacité d'échange cationique. Thèse de Docteur-Ingénieur, Université de NANCY, France. 166p.

18. **GODEFROY J., 1975.** Evolution des teneurs des sols en éléments fertilisants sous culture d'ananas. Caractéristiques chimiques des sols de Cote d'Ivoire. *Fruits*, 30, 12, 749-756.
19. **GRET., 1990.** Manuel d'agronomie tropicale. Appliquée à l'agriculture haïtienne. 489p.
20. **GROS A, 1974.** Engrais, guide pratique de la fertilisation. Edit. Maison-Rustique, 436p.
21. **HIEN V., SEDOGO P.M. et LOMPO F., 1994.** Gestion de la fertilité des sols au Burkina Faso. Bilan et perspectives pour la promotion de systèmes agricoles durables dans la zone soudano-sahélienne. Rome : FAO, 47-59.
22. **KABORE B., 2004.** Les contributions en azote des légumineuses, des amendements organo-minéraux dans les systèmes de culture : Impact sur les rendements des céréales et sur la fertilité des sols à long terme. Mémoire d'Ingénieur du Développement Rural, Option : Agronomie. IDR, UPB. Burkina Faso, 85p.
23. **KABORE N.P., OUEDRAOGO A., SOME L., et MILLOGO-RASOLOUDIMBY J., 2015.** Les facteurs déterminants de la production de céréales sèches en zone soudano-sahélienne du Burkina Faso, *International Journal of Innovation and Applied Studies*, Vol. 11 No. 1 Apr. 2015, 214-230.
24. **KANTE S., 2001.** Gestion de la fertilité des sols par classe d'exploitation au Mali SUD. Thèse; Wageningen University, 239p.
25. **KOULIBALY B., TRAORE T., DAKUO D. et ZOMBRE P.N., 2009.** Effets des amendements locaux sur les rendements, les indices de nutrition et les bilans culturaux dans un système de rotation coton-maïs dans l'Ouest du Burkina Faso. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, **13**, 103-111.

26. **KOULIBALY B., TRAORE O., DAKUO D., ZOMBRE P.N. et BONDE D., 2010.** Effets de la gestion des résidus de récolte sur les rendements et les bilans culturaux d'une rotation cotonnier-maïs-sorgho au Burkina Faso, *Tropicultura*, **28**, 3, 184-189.
27. **KOULIBALY B., DAKUO D., OUATTARA A., TRAORE O., LOMPO F., ZOMBRE P.N et YAO-KOUAME A., 2015.** Effets de l'association du compost et de la fumure minérale sur la productivité d'un système de culture à base de cotonnier et de maïs au Burkina Faso, *Tropicultura*, **33** ; 2, 125-134.
28. **LE CONTE. J., 1950 :** Le maïs hybride aux Etats-Unis d'Amérique. Archives de l'Institut de Recherche Agronomique de l'Indochine, n 5. 187p.
29. **LE CONTE. J., 1957.** Enquêtes sur la culture et l'amélioration génétique des mils et des maïs cultivés en Haute Volta. Compte rendu de missions réalisées du 15 au 20 Octobre 1965 et du 2 au 8 Octobre 1967. IRAT. -62p.
30. **LOMPO F., SEGDA Z., GNANKAMBARY Z. et OUANDAOGO N., 2009.** Influence des phosphates naturels sur la qualité et la biodégradation d'un compost de pailles de maïs, *Tropicultura*, **27**, 2, 105-109.
31. **LOUE A., 1980.** Le potassium et le maïs. Dossier K₂O, n° : 16, 48p.
32. **MARHASA, 2014.** Rapport d'évaluation des performances du Burkina Faso pour l'eau et l'assainissement en 2013.
33. **MARHASA/ DGESS, 2015.** Résultats définitifs de la campagne agricole 2014/2015 et perspectives de la situation alimentaire et nutritionnelle, 73p.
34. **MILLOGO D., 2002 :** Diagnostique des modes de gestion de la fertilité des sols dans les systèmes de culture motorisés en zone cotonnière ouest du Burkina Faso. Diplôme d'Ingénieur du Développement Rural, Option : Agronomie. IDR, UPB, Burkina Faso, 94p.

35. **NEBIE B., 1995.** Etudes des facteurs agro-pédologiques déterminant la production du riz irrigué à la Vallée du Kou au Burkina Faso. Thèse de Docteur-ingénieur Université Nationale de Côte d'Ivoire, Abidjan. 167p.
36. **PALLO F. J. P. et THIOMBIANO L., 1989.** Sols ferrugineux tropicaux lessivés à concrétion du Burkina Faso: Caractéristiques et contraintes pour l'utilisation agricole. *Bunasol. Soltrop* 89. 307-327.
37. **PALLO F.J.P., SAWADOGO N., ZOMBRE N.P. et SEDOGO P.M., 2009.** Statut de la matière organique des sols de la zone nord soudanienne au Burkina Faso, *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, **13**, 1, 139-142.
38. **PCD, 2013.** Plan Communale de Développement de la Commune de Bama 2014-2018.
39. **PIERI C., 1989.** Fertilité des terres de savane. Bilan de trente ans de recherches et de développement au sud du sahara. Ministère de la coopération française et CIRAD/IRAT (Montpellier) ; 444p.
40. **PODA, E., 1979.** L'amélioration du maïs pour la productivité et la valeur nutritionnelle: Etude de la prolificité en épis et des facteurs de richesse en lysine du grain. DESTOM, INRA Montpellier, 106 p.
41. **RABAT. 2003.** Les engrais et leurs applications; 4è édition. 77p.
42. **RISHIRUMUHIRWA T., 1993.** Potentiel du bananier dans la gestion et la conservation des sols ferrallitiques du Burundi. *Cah. ORSTOM, Pédol.*, **28**, 2, 367-383.
43. **RISHIRUMUHIRWA T. et ROOSE, E., 2004.** Influence de la gestion de la biomasse sous bananeraie sur l'érosion hydrique, le carbone et les propriétés d'un sol ferrallitique acide des hauts plateaux du Burundi. 177p. Consulté le 11/10/2016 sur <http://www.documentation.ird.fr/hor/fdi:010034986>.

44. **ROOSE E., 1994.** Introduction à la gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (GCES). Bulletin pédologique, FAO 70, 420p.
45. **ROUANET G., 1984.** Le technicien d'agriculture tropicale: le maïs. Edition la Maisonneuve et Larose, Paris. 142p.
46. **SANOU J., 1996.** Analyse de la variabilité génétique des cultivars locaux de maïs de la zone de savane Ouest africaine en vue de sa gestion et son utilisation, Thèse de Doctorat, ENSA Montpellier, France, 98p.
47. **SANOU J., 2003.** Production du maïs au Burkina Faso. Effort de recherche pour le maïs riche en protéine. INERA, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, 5p.
48. **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.
49. **SAWADOGO H., 2011.** Revue de littérature zone nord-ouest Burkina Faso. WAHARA/INERA, Scientific Reports n° 8, 27p.
50. **SAWADOGO H., BOCK L., LACROIX D. et ZOMBRE N.P., 2008.** Restauration des potentialités de sols dégradés à l'aide du zaï et du compost dans le Yatenga (Burkina Faso), *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, **12**, 3, 279-290p.
51. **SAWADOGO M.O., 2009.** Gestion de la fumure du maïs dans les systèmes de rotation bananier/maïs dans la province du Houet dans l'ouest du Burkina Faso. Diplôme d'Ingénieur du Développement Rural, Option : Agronomie. IDR, UPB, Burkina Faso, 58p.
52. **SEDOGO M.P., 1981.** Contribution à la valorisation des résidus culturaux en sol ferrugineux et sous climat tropical semi-aride (Matière organique du sol et nutrition azotée des cultures). Thèse de Docteur Ingénieur INPL-ENSAIA Nancy, France, 195p.

- 53. SEDOGO M.P., 1993.** Evolution des sols ferrugineux lessivés sous culture: incidence des modes de gestion sur la fertilité. Thèse d'Etat, FAST/ Université Nationale de Côte d'Ivoire, 345p.
- 54. SIMONE S.K., BARTHELEMY L., ALBAN M.A., 2014.** Analyse des incitations par les prix pour le maïs au Burkina Faso. Série de notes techniques, SAPAA, FAO, Rome, 60p.
- 55. SOLTNER D., 1986.** Les bases de la production végétale. 14^e édition. Tome 1 : le sol. 464p.
- 56. SOMA D.M., 2010.** Effet des apports répétés de diverses sources d'amendements organiques dans un sol ferrugineux tropical lessivé (Saria, Burkina Faso) sur la biodisponibilité du phosphore et la production du sorgho. Diplôme d'Etudes Approfondies en Gestion Intégrée des Ressources Naturelles, Option : Production Végétale .IDR, UPB, Burkina Faso, 35p.
- 57. THIEULEUX L., 2006.** Biodisponibilité de l'azote en cultures bananières sur nitisol. Application à la gestion de la fertilisation azotée. Thèse de Doctorat, Université des Antilles et de la Guyane, Martinique, 117p.
- 58. WEY J., 1998.** Etude de la variabilité du rendement du maïs au Burkina Faso. Thèse de doctorat, INPL, Nancy, 200p.
- 59. YIRA Y., 2008.** Evaluation de différentes formules de fumure du maïs dans les systèmes de cultures dans le terroir de Guéna, province du Kéné Dougou, en zone cotonnière ouest du Burkina Faso. Mémoire d'Ingénieur du Développement Rural/Option : Agronomie, IDR, UPB. Burkina Faso, 71p.
- 60. ZOMA W.O., 2010.** Amélioration de la variété Espoir de maïs en vue de l'intensification de sa culture. Mémoire de fin de cycle d'ingénieur du développement rural, IDR, UPB, Burkina Faso, 51 p.

ANNEXES

ANNEXES

Annexe 1 : Fiche descriptive du maïs (variété SR 21)

Nom: Streak Resistant n 21

Synonyme: EV 8421 SR

Origine génétique : Blanco cristallino

Origine géographique : Ibadan Nigéria (IITA)

Type variétale : variété composite

VOCATION

Aire de culture : *pluviométrie >-900mm

Intensification : *agriculture semi intensif

*agriculture intensif

*périmètres irrigués

CARACTERES AGRO MORPHOLOGIQUES

Cycle semis-floraison mâle	: 59 jours après semis
Cycle semis-maturité	: 95 jours en grain
Hauteur de la plante	: 180 cm
Hauteur d'insertion de l'épi	: 90 cm
Résistance à la verse	: Bonne
Résistance à la casse	: Bonne
Maladies et ennemies de la culture	
- Helminthosporiose	: Tolérante
- Rouille	: Tolérante
- Viroses	: Résistance au MSV

Annexe 1 (suite) : Fiche descriptive du maïs (variété SR 21)

CARACTERES DU GRAIN	
Couleur	Blanc
Texture	Semi-corné
RENDEMENT	
En grain	5,1 t/ha
UTILISATION	
Humaine	: To, couscous, bouillie, maïs à griller
Animale	: Fourrage, grain
Industrielle	: Semoulerie
POINTS FORTS	POINTS FAIBLES
<ul style="list-style-type: none">➤ Résistance au MSV➤ Potentialités de rendements élevés➤ Adaptation à l'intensification de la culture	<ul style="list-style-type: none">➤ Exige de bonnes conditions de cultures

Annexe 2 : Normes d'interprétations du BUNASOL (1987) pour l'appréciation qualitative de quelques caractéristiques chimiques des sols du Burkina Faso sur les 40 premiers centimètres

CLASSE (interprétation)	TRES BAS	BAS	MOYEN	ELEVE	TRES ELEVE
Matière organique (%)	<0,5	0,5 à 1,0	1 à 2,0	2 à 3	>3
Azote total (%)	<0,02	0,02 à 0,10	0,06 à 1	0,10 à 0,14	>0,14
Phosphore assimilable (ppm) Bray I	<5	5 à 10	10 à 20	20 à 30	>30
Phosphore total (ppm)	<100	100 à 200	200 à 400	400 à 600	>600
Potassium disponible (ppm)	<25	25 à 50	50 à 100	100 à 200	>200
Potassium total (ppm)	<500	500 à 1000	1000 à 2000	2000 à 4000	>4000
C/N		<12,5	12,5	>12,5	

Classe	Extrêmement acide	Très fortement acide	Fortement acide	Moyennement acide	Faiblement acide à neutre	Légèrement alcalin	Moyennement alcalin	Fortement alcalin
pH	<4,5	4,6 à 5	5,1 à 5,5	5,6 à 6	6,1 à 7,3	7,4 à 7,8	7,9 à 8,4	>9