

BURKINA FASO
Unité-Progrès-Justice

MINISTRE DES ENSEIGNEMENTS SECONDAIRE
ET SUPERIEUR (MESS)

UNIVERSITE POLYTECHNIQUE DE BOBO-DIOULASSO (UPB)

INSTITUT DU DEVELOPPEMENT RURAL (IDR)



MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

Présenté en vue de l'obtention du
DIPLOME DE MASTER EN SCIENCE DU SOL
Spécialité : GESTION INTEGREE DE LA FERTILITE DES SOLS

THEME :

**Effets des cultures sur la couverture et les paramètres du
sol pour la durabilité des systèmes de culture : cas des sols
ferrugineux tropicaux de la station de recherche
de Farako-bâ.**

Par : **BALBONE Inoussa**

Maitre de stage : Dr. Karim TRAORE

Directeur de mémoire : Dr. Bernard BACYE

TABLE DES MATIERES

TABLE DES MATIERE.....	i
DEDICACE.....	iv
AVANT-PROPOS	v
REMERCIEMENTS	vi
RESUME.....	viii
ABSTRACT	ix
SIGLES ET ABREVIATIONS.....	x
LISTE DES TABLEAUX.....	xi
LISTE DES FIGURES.....	xi
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE 1: SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	3
1.1. GENERALITES SUR LES PLANTES DE COUVERTURE	3
Définition d'une plante de couverture	3
1.1.2. Quelques usages des plantes de couverture en Afrique de l'ouest	3
1.2. EFFETS DES PLANTES DE COUVERTURE SUR LE SOL.....	4
Lutte contre l'érosion.....	4
1.2.2. Conservation de l'eau	5
Restauration de la fertilité des sols	5
1.3. Effets des plantes de couverture sur la production.....	6
1.4. Importance des plantes de couverture dans l'agriculture de conservation.....	7
1.5. Limites de la production les plantes de couverture	9
Chapitre 2 : Matériels et méthodes	10
2.1. MATERIELS.....	10
2.1.1. Présentation du site d'étude.....	10
2.1.1.1. Climat.....	10

2.1.1.2.	Végétation	11
2.1.1.3.	Sol	12
2.1.2.	Matériel végétal	13
2.1.3.	Engrais.....	13
2.2.	Méthodes d'étude	13
2.2.1.	Dispositif expérimental	13
2.2.2.	Conduite de l'essai	15
2.2.2.1.	Labour :.....	15
2.2.2.2.	Mise en place de l'essai :	15
2.2.2.3.	Opérations d'entretien :.....	15
2.2.2.4.	Fertilisation :	15
2.2.3.	Paramètres mesurées	16
2.2.3.1.	Paramètres chimiques du sol.....	16
2.2.3.2.	Suivi de l'humidité du sol	17
2.2.3.3.	Mesure des taux de levée et de couverture du sol des légumineuses de couverture	17
2.2.3.4.	Mesure du taux de couverture du sol par les légumineuses.....	18
2.2.4.	Analyse des données	18
CHAPITRE 3 : RÉSULTATS ET DISCUSSION		19
3.1.	RESULTATS.....	19
3.1.1.	Performance de couverture du sol en fonction des légumineuses	19
3.1.1.1	Taux de levée	19
3.1.1.2.	Taux de couverture du sol en fonction des légumineuses.....	19
3.1.2.	Effets des légumineuses de couverture sur l'humidité du sol.....	21
3.1.3.	Effets des plantes sur les propriétés chimiques du sol.....	22
3.1.3.1.	Effets des cultures sur le pH.....	22
3.1.3.2.	Effets des cultures sur Carbone	23
3.1.3.3.	Effets des cultures sur l'Azote.....	24
3.1.3.4.	Effets des cultures sur le rapport C/N	24
3.1.3.5.	Effets des cultures sur Phosphore total	25
3.1.3.6.	Effets des cultures sur Phosphore assimilable.....	26

3.1.3.7. Effets des cultures sur Potassium total	26
3.1.4. La corrélation des données de l'analyse chimique du sol avec le taux de couverture du sol.....	27
3.1. DISCUSSION.....	28
CONCLUSION ET PERSPECTIVES	31
BIBLIOGRAPHIE	33
ANNEXE	39

DEDICACE

Au Nom d'Allah Clément et Miséricordieux !

Je dédie ce mémoire :

- ✓ à la mémoire de mes défunts parents : mon père BALBONE Seydou, ma mère KERE Assétou, mon grand-père BALBONE Karim, mon oncle BALBONE Baba Yamba et son épouse MINENE Aminata ;
- ✓ à mon épouse, à nos enfants et à la famille BALBONE, pour les soutiens multiformes ;
- ✓ aux vaillants producteurs sahéliens éprouvés par les épisodes de la pauvreté des sols, pour leur courage et leur fierté à surmonter les contraintes et à s'adapter au milieu.

AVANT-PROPOS

Le présent mémoire est le fruit d'une collaboration entre l'Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso (UPB) et l'Alliance pour une Révolution Verte en Afrique (AGRA) à travers son programme Santé du Sol. Il s'inscrit dans le cadre d'un Programme de renforcement des capacités en science du sol des agronomes et pédologues de trois pays du Sahel (Burkina Faso, Mali et Niger) afin de les rendre plus opérationnels auprès des petits producteurs agricoles. Financée par AGRA, la formation de Master en Science du sol, spécialisation : Gestion Intégrée de la Fertilité des Sols (G.I.F.S.) a été conduite par l'Institut du Développement Rural de l'Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso (IDR/UPB) et ses partenaires venant de différents pays de la sous région (Bénin, Burkina Faso, Côte-Ivoire, Mali et Niger).

Nous voulons à travers ces lignes exprimer notre gratitude à l'endroit des autorités de l'UPB, de toute l'équipe du Programme Santé du sol d'AGRA, de l'équipe d'encadrement de l'IDR et de ses partenaires, pour les efforts consentis.

Nous adressons nos remerciements particuliers aux personnes ci-citées :

- ✓ **Pr Anicet OUEDRAOGO**, Président de l'UPB pour avoir facilité le déroulement du Master GIFS ;
- ✓ **Pr Michel SEDEGO**, enseignant-chercheur à l'INERA, l'un des initiateurs de notre Master ;
- ✓ **Pr Irénée SOMDA**, enseignant-chercheur et Directeur de l'IDR, et son personnel pour avoir facilité le bon déroulement du programme de Master ;
- ✓ **Pr Bismarck ILNACRO**, enseignant-chercheur à l'IDR, ancien coordinateur du programme de Master GIFS pour avoir initié et conduit pendant un certain temps ce Master en collaboration avec AGRA et l'IDR ;
- ✓ **Dr Bernard BACYE**, enseignant-chercheur à l'IDR, Coordinateur du programme de Master GIFS et notre Directeur de mémoire, pour sa disponibilité, sa rigueur scientifique, ses critiques et suggestions ;
- ✓ Tout le corps enseignant du Master GIFS venant du Burkina, Niger, Mali, Bénin, Côte-d'Ivoire pour leur disponibilité et la formation scientifique.

REMERCIEMENTS

Ce mémoire est le fruit de l'effort conjugué de plusieurs personnes qui m'ont témoigné leur soutien divers et multiformes. Je me dois donc de remercier toutes ces personnes de bonne volonté qui ont contribué à la réalisation de ce document.

Mes remerciements vont particulièrement à l'endroit de :

- **Pr Anicet OUEDRAOGO**, Président de l'UPB pour avoir facilité le déroulement du Master GIFS ;
- **Dr Bernard BACYE**, enseignant-chercheur à l'IDR, notre Directeur de mémoire, pour sa disponibilité, sa rigueur scientifique, ses critiques et suggestions ;
- **Dr Jacob SANOU**, chercheur et Directeur Régional de Recherches Environnementales et Agricoles de l'Ouest et son personnel pour nous avoir accepté le déroulement du stage au sein de sa structure ;
- **Dr Karim TRAORE**, notre maître de stage ; pour tout le soutien et encadrement dont nous avons bénéficié ;
- **Mr Souleymane OUEDRAOGO**, chercheur et chef de Programme Gestion des Ressources Naturelles à la DRREA de l'Ouest, pour son attention particulière au bon déroulement du stage ;
- **Mrs ADAMA TRAORE et Abdramane SANON**, nos Co-encadreurs, pour l'encadrement et le soutien moral, matériel et technique qu'il nous a apporté pour la réalisation de ce travail ;
- **Mr SANOU Alassane, Alpha Y. TRAORE, Issa TRAORE, Adama KONATE** et leur équipe pour leur contribution à la réussite de notre essai,
- **Mr Amaro Oumar OUATTARA** technicien de laboratoire (sol-plante-eau) de l'INERA Farako-Bâ et son équipe, pour les analyses de laboratoire, pour ses soutiens moral et matériel ;
- **Mme Mariam DIAKITE** secrétaire au programme G.R.N. /S.P pour son soutien et ses encouragements ;
- **Mr Denis DARGA et RES-PUBLICA**, pour leurs soutiens moral et financier ;
- **Dr Zacharie SEGDA**, Directeur Général du Centre Agricole Polyvalent de Matourkou, notre service d'origine et tous mes anciens collègues, merci pour les multiples soutiens ;

- **Mr Mouhamed KERE**, Chef de Service de l'Administratif et Financier du Gouvernorat de Bobo-Dioulasso, pour ses soutiens multiformes ;
- **Mr Mamadou MILLOGO**, Chef de Service Réseau à la SONABEL Bobo-Dioulasso, pour ses soutiens multiformes ;
- **Mr Yacouba TIEMTORE**, à ASECNA et Imam du CERFI et sa famille pour leurs soutiens moraux, matériels et ses encouragements ;
- **frères et sœurs** de l'AEEMB et du CERFI ;
- **Mr Ablassé TONDE**, Directeur Général de Comptoir Burkinabé d'Informatique et de la Technologie (CBIT) ;
- **Mr Ali SANOU**, Chef magasinier à JIRMA, pour ses soutiens multiformes ;
- **Mr Inoussa SIDIBE**, commerçant à Matourkou, pour ses soutiens multiformes ;
- **Mr Pascal NONKANE** et de **Cheick Oumar KONE**, pour leurs encouragements et leurs soutiens moraux ;
- tous les camarades étudiants de Master GIFS, sans oublier ceux de la première promotion. Merci pour cette vie de partage, de compréhension et de soutien. Je ne regrette pas cette promotion, merci pour tout et des co-stagiaires du GRN/SP, élèves du CAP/M.

Nous sommes conscients que certains mériteraient d'être cités dans cette page. Qu'ils veuillent bien pardonner nos éventuelles omissions, notre profonde reconnaissance leur est acquise.

RESUME

Les légumineuses de couverture peuvent être une alternative pour améliorer les propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols ferrugineux tropicaux pour la durabilité des systèmes de culture. Une expérimentation a été conduite en 2013 à la station de recherches agricoles de Farako-Bâ selon un dispositif en blocs de Fisher avec 6 blocs et 4 répétitions.

Il s'agissait d'évaluer les performances de couverture du sol des trois légumineuses de couverture (l'arachide, le niébé et le mucuna) et leurs impacts sur le taux d'humidité du sol et les paramètres chimiques du sol à trois dates au cours du cycle de développement des plantes. L'effet de ces plantes sur les propriétés chimiques du sol (pH, C, N, P-ass) comparé à celui des non légumineuses. Le taux d'humidité dû aux différentes légumineuses a été comparé à celui dû au maïs, au coton et au riz, a été fait par la méthode gravimétrique. Les échantillons à analyser ont été prélevés toutes les semaines à partir de la 2^{ème} semaine jusqu'à 90 JAS. Les mesures du taux de couverture du sol ont commencé dès la 2^{ème} semaine et se sont poursuivies jusqu'à l'atteinte de la couverture totale du sol par les différentes légumineuses.

Le mucuna a enregistré le meilleur taux de couverture du sol à partir de 49 JAS après semis suivi du niébé et de l'arachide. A 70 JAS, les plantes ont enregistré les mêmes taux de couverture du sol.

On note un faible taux d'humidité sous les légumineuses de couverture en début de saison. Cependant ce taux devient important en fin de campagne. Ces légumineuses de couverture ont induit des effets significatifs sur le pH, C, N, C/N, P-ass du sol. La teneur en azote a évolué significativement sous légumineuses de couverture comparativement aux plantes céréalières (riz et maïs). Les légumineuses de couverture ont permis de diminuer l'acidité des sols. On a noté une corrélation positive entre légumineuses de couverture et Carbone du sol d'une part ($R^2=0,1711$) et Azote d'autre part ($R^2 = 0,0256$).

L'utilisation de ces légumineuses de couverture du sol peut permettre d'assurer la durabilité des systèmes de culture.

Mots clés : plante, couverture, sol, Fertilité, chimique et physique.

ABSTRACT

Cover crops can be an alternative to improve the physical, chemical and biological properties of ferruginous tropical soils for sustainable cropping systems. An experiment was led in 2013 at the Agricultural Research Station of Farako-Bâ according to block Fisher design.

Performance of three cover crops (groundnut, cowpea and mucuna), for soil coverage and soil moisture were evaluated. Cover crops effects on soil chemical properties like pH, C, N, assimilable P were monitored at different period. Soil moisture rate under the legumes was compared to maize, cotton and rice by the gravimetric method. Analyzed soil samples were collected weekly from the second week to 90 day after sowing (DAS). Soil cover rates by the legumes were monitored from the second week after planting up the soil full coverage by legumes.

The processing software XLSAT7.1, LSD allowed to compare the processing average on the threshold meaning of five per cent (5 %).

Highest soil cover rate was observed with mucuna, from 49 DAS followed cowpea and groundnut. After 70 DAS, the three legumes induced the same level of soil cover rate.

There was a weak moisture rate under the legumes plants earlier in the season; however this rate becomes high at the end of the season. These cover crops induced significant effects on soil pH, C, N, C / N, P-ass (). Nitrogen content of soil under cover crops was high compared to cereal crops (rice and maize). Cover crops also reduced soil acidity. Soil cover rate by cover crops and Soil carbon in one hand ($R^2=0,1711$) and nitrogen on the other hand ($R^2 = 0.0256$).

Keywords: plant cover, soil fertility, chemical, physical and Farako-Bâ.

SIGLES ET ABREVIATIONS

AGRA : Growing Africa's Agriculture (Alliance pour la Révolution Verte en Afrique)

C/N : rapport carbone/azote

CEC : Capacité d'Echange Cationique

DRREA : Direction Régionale de Recherche Environnementale et Agricole

GIFS : Gestion Intégrée de la Fertilité des Sols

IDR : Institut du Développement Rural

IFDC : International Center for soil Fertility and Agricultural Development

INERA : Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles

MESS : Ministère des Enseignements Secondaire et Supérieur

MO : Matière organique

PCS : plante de couverture du sol

PNCS : plante non couvrante du sol

UPB : Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1: CARACTERISTIQUES PHYSIQUES ET CHIMIQUES DES SOLS DE FARAKO-BA	12
TABLEAU 2 : LISTE DES SPECULATIONS	13
TABLEAU 3: POURCENTAGE DE LEVEE PAR SPECULATION.	19
TABLEAU 4 : TAUX DE COUVERTURE DU SOL EN FONCTION DES SPECULATIONS.....	20
TABLEAU 5: TAUX D'HUMIDITE DU SOL EN FONCTION DES SPECULATIONS.....	21
TABLEAU 6 : CARACTERISTIQUES CHIMIQUES DU SOL DE DEPART.	22
TABLEAU 7 : SYNTHESE DES PH EAU PAR SPECULATION ET PAR DATES.....	23
TABLEAU 8 : SYNTHESE DES TAUX DE CARBONE PAR SPECULATION ET PAR DATES	23
TABLEAU 9 : SYNTHESE DES TAUX D'AZOTE PAR SPECULATION ET PAR DATES	24
TABLEAU 10 : SYNTHESE DES TAUX DE CARBONE/AZOTE (C/N) PAR SPECULATION ET PAR DATES	25
TABLEAU 11 : SYNTHESE DES TAUX DE PHOSPHORE TOTAL PAR SPECULATION ET PAR DATES	25
TABLEAU 12 : SYNTHESE DES TAUX DE PHOSPHORE ASSIMILABLE PAR SPECULATION ET PAR DATES.....	26
TABLEAU 13 : SYNTHESE DES TAUX DE POTASSIUM PAR SPECULATION ET PAR DATES	27

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1: PLUVIOMETRIE DES DIX DERNIERES ANNEES A LA STATION DE FARAKO-BA	10
FIGURE 2 : PRECIPITATIONS DE LA CAMPAGNE AGRICOLE 2013, SOURCE : INERA.....	11
FIGURE 3 : CORRELATION DU TAUX D'AZOTE ET TAUX DE COUVERTURE	27
FIGURE 4 : CORRELATION DU TAUX DE CARBONE EN FONCTION DU TAUX DE COUVERTURE	28
FIGURE 5 : CORRELATION DU TAUX D'AZOTE EN FONCTION DU TAUX DE COUVERTURE	28

INTRODUCTION

En Afrique semi-aride, la production agricole est limitée par les éléments nutritifs du sol et l'eau (Bado et al, 2002). Les études de Bationo et *al.* (1991) ont montré que l'azote et le phosphore sont les deux premiers facteurs limitants des rendements des cultures sur les sols des zones semi-arides d'Afrique de l'Ouest.

Face à une telle situation, il devient urgent de développer des techniques de fertilisation accessibles aux producteurs et permettant d'augmenter la production tout en maintenant la fertilité des sols à long terme.

De nombreuses études ont montré que les engrais permettaient d'accroître les rendements des cultures (Sedogo, 1981 et 1993 ; Pieri, 1989 ; Bationo et Mokwunye, 1991 ; Bado et *al.*, 1997). Cependant, l'utilisation, des engrais minéraux (Pichot et *al.*, 1981 ; Bado et *al.*, 1997), sont restés limités en Afrique à cause de leur coût élevé et/ou de leur disponibilité. L'efficacité des engrais minéraux est également limitée dans le temps. De plus l'utilisation exclusive des engrais minéraux entraîne à long terme une baisse de la fertilité suite à une saturation du complexe d'échange et une acidification du sol (Pichot et Coll., 1981 ; Bado et Coll., 1997 ; Bationo et Coll., 1998).

Les plantes fixatrices d'azote, en particulier les légumineuses constituent une importante source d'azote et pourraient être une alternative pour améliorer la nutrition azotée et augmenter les rendements des cultures. Dans les systèmes de cultures utilisant les rotations culturales comportant des légumineuses fixatrices d'azote comme l'arachide, le niébé ou le mucuna, la gestion de l'azote peut être sensiblement améliorée. L'azote fixé par les légumineuses peut bénéficier en partie aux plantes non fixatrices dans le système (Chalk, 1998 ; Bationo et Coll., 1998).

Alors que l'efficacité des légumineuses à la contribution de la fertilité des sols et aux rendements du sorgho et du mil a été étudiée par de nombreux auteurs (Bationo et *al.*, 1991 et Bado et *al.*, 2002), l'influence des légumineuses de couverture sur les propriétés physiques et chimiques des sols pour la durabilité des systèmes de culture ont fait l'objet de moins d'attention dans la zone sud soudanienne du Burkina Faso.

Le présent travail dont le thème est « Effets de trois légumineuses de couverture sur les paramètres des sols pour la durabilité des systèmes de culture : cas des sols ferrugineux tropicaux de la station de recherche de Farako-bâ » permet de suppléer à ce manque.

Il se propose donc d'évaluer l'influence des légumineuses de couverture sur les propriétés physiques et chimiques des sols pendant un cycle de culture de celles-ci.

La question soulevée par cette étude est la suivante : **les légumineuses de couvertures améliorent-elles les paramètres agro-pédologiques des sols ?**

L'Hypothèse de recherche est : **les légumineuses de couvertures améliorent les caractéristiques du sol.**

Le présent mémoire fait la synthèse de nos travaux et est organisé ainsi qu'il suit :

- ❖ la première partie traite des généralités sur les légumineuses de couverture ;
- ❖ dans la deuxième partie les expérimentations sont décrites (matériel et méthodes) ;
- ❖ dans la troisième partie, les résultats sont présentés et discutés, une conclusion générale est tirée et des recommandations sont formulées.

CHAPITRE 1: SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

1.1. GENERALITES SUR LES PLANTES DE COUVERTURE

Définition d'une plante de couverture

Une plante de couverture est une espèce végétale qui au cours de son cycle de vie produit de la biomasse qui couvre la surface du sol. On la désigne aussi sous l'appellation d'engrais vert. Leur utilisation dans les systèmes de culture comme source de nutriments et de matière organique est diversement appréciée (Van, 1998). Par ailleurs, de nombreuses études ont été menées pour étudier la contribution des plantes de couverture à la lutte contre la dégradation des sols en Afrique Sub-Saharienne (IFDC, 2005, 2006 ; Sogbedji *et al.*, 2006).

1.1.2. Quelques usages des plantes de couverture en Afrique de l'ouest

En Afrique de l'Ouest, les besoins d'une grande production réclament l'apport de nutriments aux sols (IFDC, 2007). Ainsi dans les systèmes de production où les cultures sont en rotation avec les légumineuses à graines comme le niébé (*Vigna unguiculata* L), le pois d'angole (*Cajanus cajan* L.), le soja (*Glycine max* L.) ou l'arachide (*Arachis hypogea* L.), la fertilité du sol s'améliore (Hulugalle et Lal, 1986 ; Wilson *et al.*, 1982 ; IFDC, 1993).

Plusieurs espèces de légumineuses annuelles à graines non comestibles comme le pois mascate (*Mucuna pruriens var utilis*), le Kudzu (*Puerovia phaseoloides*) ou le lablab (*Lablab purpureus* L.) sont utilisées comme plante de couverture pour le contrôle de l'érosion hydrique, la lutte contre les adventices et la restauration de la fertilité du sol (Sanginga *et al.*, 1996 ; Franzluebbers *et al.*, 1998 ; Galaba *et al.*, 1998 ; Sedga et Toe, 1998 ; Manyong *et al.*, 1999).

Les atouts de l'usage des légumineuses comme engrais verts ou plantes de couverture sont :

- l'enrichissement du sol avec le N₂ biologique fixé ;
- la conservation et recyclage des nutriments du sol ;
- protection du sol contre l'érosion ((IFDC, 2002 ; Franzluebbers *et al.*, 1998 ; Groot *et al.*, 1998)
- et la diminution d'utilisation d'engrais minéraux.

Les limites de l'utilisation de plantes de couverture résident dans le seul fait qu'elles empêchent la production de nourritures durant une partie de la saison des pluies. Les plantes de couvertures nécessitent donc une production considérable durant les saisons favorables qui précèdent la période de jachère améliorée avec la plante de couverture (Balasubramanian et Blaise, 1993 ; Sogbedji *et al.*, 2006).

1.2. EFFETS DES PLANTES DE COUVERTURE SUR LE SOL

Lutte contre l'érosion

La lutte contre l'érosion constitue un préalable indispensable à l'intensification des systèmes. Elle peut être réduite par des techniques culturales appropriées et des aménagements intégrés : plantations en ligne suivant les courbes de niveau, travail minimum du sol, cordons antiérosifs (constitué de légumineuses fourragères arbustives, bana grass, ...). Mais parmi les différents paramètres déterminant l'érodibilité des sols, la couverture du sol est le plus important. La présence d'une couverture herbacée continue sur le sol permet un contrôle total de l'érosion. Elle protège les agrégats en surface de l'action déstabilisante des gouttes de pluies et diminue très fortement le transport de particules solides (Michellon et Seguy, 1996, Perret *et al.*, 1994 et 1998).

Les études de Fianu (1998) au Ghana, ont montré avec succès que les plantes de couvertures : *Centrosema pubescens*, *Pueraria phaseoloïdes* et *Flemingia congesta* sont efficaces pour le désherbage et l'amélioration de la fertilité des sols épuisés par des cultures des plantations. Le niveau de couverture du sol par ces plantes est un facteur déterminant dans la réduction du ruissellement (Perez, 1994 ; Zougmoré *et al.*, 1998). Ainsi, comme l'ont souligné Roose *et al.* (1992), la protection de la surface du sol assurée par une litière ou un couvert végétal bien développé permet de diminuer les pertes par ruissellement et de ralentir l'évolution des croûtes. Il faudrait donc favoriser l'implantation rapide des cultures et le développement d'une biomasse apte à intercepter efficacement la pluie. Cela impose d'associer étroitement les techniques de gestion de l'eau et de maintien de la fertilité des sols. Selon les travaux conduits par Zougmoré *et al.* (1998), l'association culturale sorgho - niébé s'est montrée plus efficace que leurs cultures pures en entraînant une réduction de l'érosion de 80 % par rapport au sorgho seul et de 45 - 55 % par rapport au niébé seul. En réduisant la vitesse des écoulements, la protection de la surface du sol permet une limitation des déplacements des particules solides, notamment des particules grossières (Roose, 1981).

1.2.2. Conservation de l'eau

La couverture du sol a un effet bénéfique très net sur la plupart des cultures et notamment grâce à une humidité supérieure des horizons (Michellon et Seguy, 1996). Elle assure aussi une meilleure conservation de l'eau si elle est correctement installée et si elle est contrôlée durant la phase de croissance active de la plante cultivée. Elle réduit le ruissellement, et surtout, elle permet un filtrage continu des eaux de surface. Cependant, sous de très fortes intensités de pluies, le ruissellement reste important, et, pour l'absorber, la gestion du sol avec les couvertures doit être complétée par des haies arbustives qui améliorent la conductivité hydrique.

La couverture augmente très sensiblement l'infiltration de l'eau, mais elle modifie aussi le bilan en saison sèche car elle favorise les précipitations occultes (Veillet, 1993). Durant la phase d'installation de la couverture vive ou si cette dernière est mal contrôlée, une compétition pour l'eau sur la culture principale peut être observée. Dans ce contexte, la mise en place de systèmes mixtes combinant la couverture morte sur les rangs jumelés de la culture et une couverture vive entre les bandes, permet de résoudre ce problème.

Restauration de la fertilité des sols

Grâce à la fourniture au sol de résidus organiques qui favorisent l'activité microbienne et la minéralisation, les couvertures mortes participent à la restauration de la fertilité (Py, Clariond, 1989). La comparaison de divers systèmes de culture montre le rôle prépondérant des couvertures végétales dans la restauration de la fertilité des sols grâce à leur réactivation biologique par la macrofaune (Boyer et al, 1994) et l'activité racinaire (Burle, 1993). Leurs caractéristiques physiques et hydriques sont modifiées, en particulier la macroporosité, la stabilité structurale des agrégats, la conductivité hydrique et la rétention en eau sont augmentées (Michellon et Seguy, 1994 et 1996). La création d'un milieu plus aéré permet une activité microbienne intense qui assurera un recyclage des éléments minéraux. Les plantes de couverture fournissent des résidus qui favorisent une activité microbienne très élevée, parfois équivalente à celle observée sous friche (Doree, 1989). La minéralisation dont bénéficie la culture est accrue ; les apports de matière organique pourraient être fortement diminués (Michellon et al 1992). Dans le cas des associations avec les légumineuses de couverture, la fixation symbiotique de l'azote atmosphérique pourrait contribuer à enrichir le sol et améliorer la nutrition de la culture. La fixation du lotier semblerait très active et une part importante de cet azote serait

transférée au géranium. Cet apport d'azote pourrait être supprimé dans son association avec le maïs (Michellon et al., 1994).

La fertilité du sol est également améliorée par l'utilisation du mulch des légumineuses pérennes à croissance rapide. Des études menées en Afrique ont montré que l'incorporation dans le sol du mulch provenant de la croissance rapide des légumineuses pérennes comme le leucaena (*Leucaena sp.*), le pois d'angole (*Cajanus cajan* L.), le sesbania (*Sesbania sesban* M.) ou le glyricidia (*Glyricidia sepium*) améliorent significativement la fertilité du sol (Barrios et al., 1997 ; Bashir et al., 1998 ; IFDC, 2002, 2005). La grande contribution des plantes de couverture au sol est l'accroissement de sa fertilité par le biais de l'addition annuelle de N. Il a été estimé que les légumineuses (à graines comestibles ou non) peuvent apporter au sol 50 kg N ha⁻¹.an⁻¹ (Akobundu et Okigbo, 1984 ; Greenland, 1985). Dans de bonnes conditions de culture (1000 - 2500 mm.an⁻¹ de pluie, température de 19 - 27°C, pH = 4,5 et une élévation de 0 - 1600 m), le mucuna apporte au sol 7-9 t.ha⁻¹.an⁻¹ de biomasse sèche avec une teneur de 2,96% de N, 0,32% de P et 1,57 % de K. Ce qui représente un apport en nutriments de 207 - 266 kg N ha⁻¹, 22-29 kg P ha⁻¹ et de 110-141 kg K.ha⁻¹ (FAO, 1990 ; Lal, 1990 ; Vissoh et al., 1998).

1.3. EFFETS DES PLANTES DE COUVERTURE SUR LA PRODUCTION

En Afrique de l'Ouest, l'usage des légumineuses à graines en rotation avec le maïs permet une augmentation de 50% du rendement du maïs (Hulugalle et Lal, 1986 ; IFDC, 1993 ; Breman et van Reuler, 2000). Au Burkina Faso, les études ont démontré que le rendement du maïs a accru de 0,7 à 1 tonne .ha⁻¹ en utilisant les plantes de couverture comme *Calopogonium mucunoides*, *Mucuna sp.*, *Lablab purpureus* et *Cajanus cajan*. Sur sol ferrallitique au sud du Togo, le mucuna a engendré une augmentation du rendement de maïs de 16 – 67 % avec un indice de récolte de 0,37 - 0,50 et une efficacité agronomique de N (EA-N) de 4 - 17 Kg.ha⁻¹ (IFDC, 2002). Lamboni (2000) a rapporté une augmentation du rendement du maïs de 25% alors que Sogbedji et al., (2006) parlent de 32,1 - 37,5% dans le sud du Togo. Dans cette même région, la légumineuse a entraîné l'accroissement du rendement du basilic (*Ocimum basilicum* L.) de 30 - 50% suivant le type de sol et la saison de culture (Adden, 2005). Au Malawi, Mac Coll (1989) rapportait que le rendement du maïs installé après la culture du cajan a accru de 2,8 Mg.ha⁻¹ par rapport à la culture du maïs continu recevant 35 kg N ha⁻¹. Au Bénin, l'adoption du mucuna a augmenté le rendement du maïs de 0,48 01,14 Kg.ha⁻¹ (Manyong et al, 1999). Galiba et al. (1998) ont rapporté que la biomasse de mucuna a fait croître les rendements du maïs de 0,6 à

2,2Kg.ha⁻¹. Des essais menés au Mali ont montré que le rendement du sorgho (*Sorghum sp.*) a augmenté de 40% en rotation avec le soja (Kouyaté *et al.*, 1998) ou en rotation avec le lablab (*Dolichos lablab*) (Kouyaté et Juo, 1998). De même, les rendements du coton grain et de l'arachide ont accru de 60% et de 40% respectivement dans la rotation coton - arachide (Kouyaté, 1998).

1.4. IMPORTANCE DES PLANTES DE COUVERTURE DANS L'AGRICULTURE DE CONSERVATION

La couverture permanente du sol fait partie des principes fondamentaux de l'agriculture de conservation (AC). Cette couverture peut être assurée en gardant les résidus de cultures sur le sol, mais si le délai entre la récolte et l'installation de la prochaine culture est grand, il est peut être nécessaire d'installer les plantes de couvertures pendant cet intervalle. Les plantes de couverture renforcent la stabilité des systèmes d'AC, pas seulement en améliorant les propriétés du sol mais aussi en augmentant la biodiversité de l'agro-écosystème.

Tandis que les cultures de rente ont une valeur commerciale, les plantes de couverture sont surtout cultivées pour leurs effets positifs sur la fertilité du sol ou en raison de leur valeur fourragère. Dans des zones où la production de biomasse est faible comme dans la régions semi arides, et les environnements où les sols sont érodés et dégradés, les plantes de couverture présentent plusieurs intérêts :

- protection du sol pendant la période de jachère ;
- mobilisation et recyclage des éléments nutritifs ;
- amélioration de la structure du sol, décompaction des couches encroûtées ;
- permettent de faire des rotations dans un système basé sur la monoculture ;
- peuvent être utilisés pour lutter contre l'enherbement et les ravageurs.

Les plantes de couverture sont cultivées pendant la période de jachère, entre la récolte et le semis de culture de rente. Leur croissance est interrompue soit avant ou après le semis de la prochaine culture, mais avant que la compétition entre les deux cultures ne commence. Les plantes de couverture permettent d'accroître la production, mais elles présentent également quelques exigences que sont :

- ✓ exigent une maîtrise technique et de bonnes capacités de gestion du système de culture ;
- ✓ la décomposition des plantes de couverture peut entraîner un déficit en azote au début de la phase de croissance.

Mais, elles ont des avantages qui peuvent être résumés comme suit :

- ↳ protègent le sol ;
- ↳ maintiennent l'azote sous la forme organique, pour éviter sa lixiviation ;
- ↳ luttent contre l'enherbement ;
- ↳ augmentent la quantité de matière organique, améliorent la fertilité du sol et facilitent la conduite des opérations de préparation du sol ;
- ↳ décompactent des sols ;
- ↳ améliorent la porosité du sol et du drainage interne, donc diminution des risques d'inondation ;
- ↳ les légumineuses augmentent la teneur du sol en azote.

Les plantes de couverture sont utiles pour :

- apporter de la matière organique, qui améliore la structure du sol ;
- recycler et mobiliser les éléments nutritifs (particulièrement P et K) le long du profil du sol pour les rendre accessibles aux prochaines cultures ;
- permettre le labour biologique; les racines de certaines plantes, les crucifères notamment, sont pivotantes et peuvent pénétrer les couches compactées et denses ;
- Utilisation des éléments nutritifs lessivés (l'azote notamment).

Différentes espèces avec des systèmes racinaires variés explorent les différents horizons du sol. Certaines espèces ont l'aptitude d'absorber différentes quantités de nutriments et de produire des exsudats racinaires (acides organiques) diversifiés. Ceci présente un intérêt pour le sol et les organismes qui y vivent.

La présence d'une couche de mulch (paille) en AC empêche la baisse de l'humidité du sol tout en favorisant l'infiltration de l'eau dans le sol. La proportion des eaux de pluies qui s'infilte dépend de la densité du mulch.

Un bon paillage (> 4t/ha) empêche la levée des mauvaises herbes, augmente l'infiltration de l'eau et réduit l'érosion.

La quantité de biomasse produite, et par conséquent la capacité à augmenter l'infiltration de l'eau, varie selon les plantes de couverture.

Une couverture végétale dense couvre bien le sol. C'est un critère important pris en compte dans le choix des plantes de couverture (Segda *et al.*, 1999).

La couverture végétale est importante pour protéger le sol contre l'impact des gouttelettes des pluies et des rayons solaires; et garder la plus grande humidité possible. Elle a aussi un effet physique, et peut être allélopathique sur les mauvaises herbes dont elle

freine le développement, permettant ainsi de limiter le recours aux herbicides chimiques et de minimiser les coûts de production.

Les résidus de tiges permettent de réduire la compaction du sol, car ils jouent un rôle de coussin qui amortit et réduit la pression exercée par les pneus des tracteurs et les sabots des animaux.

1.5. LIMITES DE LA PRODUCTION DES PLANTES DE COUVERTURE

Bien que la mise au point de technologies correspondant bien aux conditions des producteurs constitue un avantage décisif, l'importance de l'environnement économique et de la diffusion de l'information ne doit pas être ignorée. Plusieurs problèmes défavorisent les cultures de légumineuses à graines par rapport aux céréales : faible productivité, difficultés de conservation et de transformation, voire pour certaines, l'existence d'aspects nutritifs défavorables. Certains attribuent d'ailleurs à ces facteurs la tendance des sociétés rurales à limiter la production de légumineuses au fur et à mesure de leur développement (Eveno, 2000). Présentement, la demande de soja et de niébé en Afrique paraît loin d'être satisfaite, mais de toute évidence les marchés locaux et régionaux sont limités et les producteurs africains pourraient difficilement se placer sur les marchés internationaux. Le prix mondial du soja est en effet nettement inférieur au prix actuellement pratiqué sur le marché nigérian. À l'avenir, dans le contexte de libéralisation des échanges, les décisions des agriculteurs de produire telle ou telle denrée, tout comme la recherche de systèmes de production vivrière durables, devront prendre en compte la mondialisation des marchés.

Les politiques agricoles nationales peuvent cependant influencer sur l'économie des exploitations paysannes. Eveno (2001) a par exemple montré que l'avantage comparatif de l'agriculture en couloirs a augmenté au Cameroun après l'arrêt des subventions et la dévaluation du Franc CFA. Des politiques peuvent sûrement être en mesure d'encourager ou de décourager la culture des légumineuses à graines.

Un facteur clé de la réussite des rotations incluant ces légumineuses à graines réside en effet dans la fixation biologique de l'azote dont les performances dépendent de la nutrition minérale des plantes, en particulier en phosphore, et donc de la disponibilité des engrais. Des politiques agricoles favorisant la distribution des intrants, le financement de l'agriculture, ou la régulation des marchés, peuvent donc énormément influencer l'adoption par les paysans de systèmes techniques innovants permettant une gestion durable des terres agricoles (Eveno, 2001).

CHAPITRE 2 : MATERIELS ET METHODES

2.1. MATERIELS

2.1.1. Présentation du site d'étude

Les travaux ont été conduits au niveau de la station de Farako Bâ située dans la zone ouest du Burkina Faso, sur l'axe Bobo-Banfora à 10 km de Bobo-Dioulasso. Ses coordonnées géographiques sont : latitude 11°06 Nord, longitude 04°20 ouest et une altitude 405 m (Bado, 2002).

2.1.1.1. Climat

Le climat de la zone est de type sud-soudanien (Guinko, 1984), caractérisé par une période fraîche de novembre à février et une période chaude de mars à juin. La saison des pluies ou période de végétation est de 130 à 150 jours, avec une pluviométrie monomodale variant entre 950 et 1100 mm. L'essentiel des précipitations s'étale de juin à septembre avec un nombre de jours de pluies variant de 50 à 70 jours.

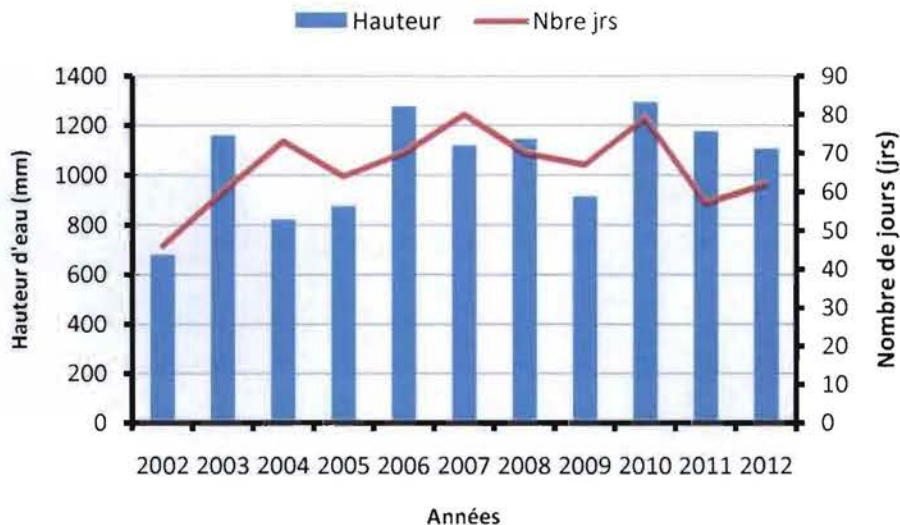


Figure 1 : Pluviométrie des dix dernières années à la station de Farako-Bâ

Source : INERA, 2013

Durant la période d'expérimentation, la pluviométrie enregistrée a été de 1126,4 mm (2013) et le nombre de jours de pluies a été de 69 jours. La figure 3 récapitule les hauteurs et les nombres de jours par mois de janvier à octobre 2013.



Figure 2 : Précipitations de la campagne agricole 2013, Source : INERA

La circulation générale des masses d'air atmosphérique constitue un facteur fortement déterminant du régime pluviométrique. On distingue deux (02) types de vents :

- ✓ les vents de saison sèche : il s'agit des vents du secteur Nord-Est à Est appelés Harmattan, secs et chauds, qui soufflent pendant toute la période sèche de l'année avec des vitesses moyennes atteignant 15 à 20 km/h, (INERA 2006) ;
- ✓ les vents de saison des pluies : ce sont des vents humides dominants en saison pluvieuse du secteur Sud-Ouest à Sud appelés Mousson avec une vitesse moyenne de 7,2 km/h. (INERA 2006).

2.1.1.2. Végétation

La végétation de la station de Farako-bâ est une savane herbeuse et arborée assez dense par endroit. Les espèces rencontrées sont : *Gmelina arborea*, *Parkia biglobosa* Benth, *Adansonia digitata* (L), *Mangifera indica*, *Vitellaria paradoxa* Gaerth, *Khaya senegalensis* A. La strate herbacée est composée essentiellement des espèces telles que : *Andropogon gayanus* kunth, *Brachiaria sp.* *cynodon dactylon* (L) pers Da., *Digitaria horizontalis* Wild (Meda, 2004).

2.1.1.3. Sol

Les sols de la station appartiennent à la classe des sols à sesquioxydes de fer, de manganèse et au sous-groupe des sols ferrugineux tropicaux lessivés indurés peu profonds (lixisols ferriques, phase pétroferrique) (Bado, 2002). Le sol du site est pauvre en argile et en matière organique, ce qui explique sa faible capacité d'échange cationique (CEC) (1,82 meq/100g). Ce sont des sols très sableux à texture sablo-limoneuse, légèrement acides (Segda, 1993 et Bado, 2002). Ils sont pauvres en azote et en phosphore (Zoungrana, 2001).

Tableau 1: Caractéristiques chimiques du sol de l'essai

	Horizon (cm)	
	0-20	20-40
pH _{eau}	5,57	5,54
pH _{KCl}	4,04	4,00
Carbone total (%)	0,39	0,39
Matière organique total (%)	0,67	0,673
C/N	11	12
N total (mg Kg ⁻¹)	0,035	0,032
P Bray I (mg Kg ⁻¹)	1,04	0,46
P total (mg Kg ⁻¹)	88	89
K total (mg Kg ⁻¹)	1547	2088

Source : INERA 2013

2.1.2. Matériel végétal Nous avons utilisé les spéculations représentées dans le tableau 2 :

Tableau 2 : Liste des spéculations

cultures	Noms botaniques	Variétés
Arachide	<i>Arachis hypogaea</i>	RMP 91
Niébé	<i>Vigna unguiculata</i>	KVX-4-5-2D
Mucuna	<i>Mucuna cochinchinensis</i>	
Maïs	<i>Zea mays</i>	Espoir
Riz	<i>Oryza sativa</i>	FKR 45
Coton	<i>Gossypium sp</i>	FK 37

2.1.3. Engrais

L'engrais complexe NPK (14-23-14-6S+1B) d'éléments et l'urée (46 % N) sont les deux types d'engrais qui ont été utilisés.

2.2. METHODES D'ETUDE

2.2.1. Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental est un essai bloc de Fisher, avec 4 répétitions. La dimension des parcelles élémentaires était de 10,5 m x 8,5 m. Les traitements sont constitués de 6 parcelles élémentaires. Chaque bloc représente une répétition, répétée quatre fois.



Figure 3 : Le dispositif expérimental

2.2.2. Conduite de l'essai

2.2.2.1. Labour :

Il a été effectué le 10 juin 2013 à la traction animale à une profondeur de 15 à 20 cm. Le labour a été suivi du planage le 12 juin 2013 afin de niveler le champ.

2.2.2.2. Mise en place de l'essai :

La mise en place de l'essai a été effectuée immédiatement après le planage, c'est-à-dire le 13 juin 2013. Elle a consisté à la délimitation du champ expérimental, et des parcelles élémentaires à l'aide de piquets.

Le rayonnage a été effectué le 21 juin 2013 et a été suivi immédiatement du semis. Les semis effectués le 21 juin, ont été repris le 12 juillet pour les manques à la levée. Cette mauvaise levée était due à la mauvaise installation de la saison des pluies (cf. annexe 1). Le niébé a été semé aux écartements de 0.4 m x 0.4 m avec deux plants par poquet soit 125 000 plants par hectare. L'arachide et mucuna ont été semée aux écartements de 0.4 m x 0.4 m à raison d'un plant par poquet soit 62 500 plants par hectare. Le semis du coton et du maïs ont été fait en poquet, aux écartements de 0,80 m x 0,40 m, avec deux plants par poquet, soit 62 500 plants par hectare. Le riz a été semé en lignes continues aux écartements de 0,20 m entre les lignes. La dose de semence utilisée était de 80kg/ha soit 8 g de semences par ligne de semis.

Les semences ont été préalablement traitées au Cruiser.

2.2.2.3. Opérations d'entretien :

Elles ont été les suivantes :

- le premier est intervenu à 14 JAS pour toutes les spéculations et le second à 45 JAS pour les légumineuses.
- le buttage a été fait manuellement à 45JAS pour le coton, le maïs et le riz.

2.2.2.4. Fertilisation :

La fumure minérale a été apportée en fumure de couverture sous forme de NPK et l'urée.

L'engrais NPK a été appliqués au 14^{ème} jour après semis à la dose de 100 Kg.ha⁻¹ pour l'arachide et le niébé et 150 Kg.ha⁻¹ pour le coton, le maïs et le riz.

L'urée a été appliquée sur le maïs et le coton au 45^{ème} jour après le semis, 100 Kg.ha⁻¹. Pour le riz, l'urée a été apportée en deux fractions :

- la première fraction a été appliquée au 30^{ème} jour après semis, à raison de 50 kg/ha ;
- la deuxième fraction a été appliquée au 45^{ème} jour après semis à raison 50kg/ha.

2.2.3. Paramètres mesurés

2.2.3.1. Paramètres chimiques du sol

Les effets des légumineuses de couverture sur les propriétés des sols ont été évalués en différentes périodes. L'échantillon de départ a été prélevé avant la mise en place de l'essai dans les horizons 0-20 cm et 20-40 cm. En cours de végétation, les sols des différentes spéculations ont été échantillonnés à différents périodes (14 JAS, à 45 JAS, à 90 JAS et à 120 JAS) dans l'horizon 0-20 cm. Les paramètres suivants ont été analysés pour les:

➤ pH du sol

Les pH-H₂O et pH-KCl des sols ont été mesurés par lecture directe au pH-mètre selon un rapport sol/eau distillée de 1 : 2.5 et sol/KCl 1M de 1 : 2.5 respectivement après un temps d'équilibre de 4 heures (McLean, 1982). L'acidité d'échange a été mesurée par une solution de KCl 1M et titré avec du NaOH (Houba et al., 1995).

➤ Carbone total et matière organique

La teneur en carbone total a été déterminée selon la méthode de Walkley et Black (1934) qui consiste en une oxydation à froid du carbone du sol avec du bichromate de potassium (K₂Cr₂O₇) 1N en présence de H₂SO₄ concentré. L'excès du bichromate est dosé par du sel de Mohr Fe(SO₄)₂(NH₄)₂ en présence d'indicateur coloré. La teneur en matière organique a été déterminée à partir de la teneur en carbone organique, en utilisant le coefficient multiplicateur de 1,724.

➤ Azote total

L'azote total a été dosé par la méthode KJELDAHL (1956) qui comprend deux étapes : la minéralisation de l'échantillon qui transforme l'azote en azote ammoniacal (NH₄) sous l'action oxydative de l'acide sulfurique concentré et d'un catalyseur à ébullition ;

➤ **Phosphore total**

Concernant la minéralisation du phosphore, elle est identique à celle de l'azote total. Le dosage est fait par colorimétrie automatique au SKALAR. Le molybdate d'ammonium et le potassium antimoine tartrate réagissent en milieu acide avec l'acide ascorbique en formant un complexe coloré en bleu en présence de P dont l'absorbance est mesurée à 880 nm. L'intensité de la coloration est proportionnelle à la quantité de P dans le milieu

➤ **Phosphore assimilable**

La méthode BRAY 1 a été utilisée au pH 3,5 ; un rapport d'extraction de 1/7 (2g de sol pour 14 ml de solution BRAY1) et un temps d'extraction de 1 minute. L'acide chlorhydrique (HCl) est utilisé pour retirer les formes de P solubles dans l'acide. Le fluorure d'ammoniac (NH₄F) dissout les phosphates de Fe et d'Al en formant un complexe entre ces ions et ceux des métaux en solution acide.

➤ **Potassium assimilable**

L'extraction du potassium disponible a été effectuée à l'aide de la solution formée par l'acide chlorhydrique (0,1N) et l'acide oxalique (H₂C₂O₄) 0,4 N. Ensuite la détermination a été réalisée grâce au photomètre à flamme.

2.2.3.2. Suivi de l'humidité du sol

L'humidité a été suivie dans l'ensemble des parcelles. Ces mesures des taux d'humidité ont été faites par la méthode gravimétrique. Les échantillons à analyser ont été prélevés toutes les semaines à partir de la 2^{ème} semaine jusqu'à 90 JAS sur l'horizon 0-20 cm.

Cette méthode de référence consiste à prélever un échantillon de matériau, à le peser à l'état humide, puis à le faire sécher à l'étuve à 105 °C jusqu'à atteindre une masse constante (24 heures). Ce taux d'humidité est donné par la formule suivante :

$$\text{taux d'humidité (\%)} = \frac{\text{masse humide} - \text{masse sèche}}{\text{masse sèche}} \times 100$$

2.2.3.3. Mesure des taux de levée et de couverture du sol des légumineuses de couverture

Le taux de levée a été évalué dans chaque bloc et par traitement. Elle a consisté à déterminer le nombre de poquets levés sur l'ensemble des traitements, avant le démariage.

Les mesures du taux de couverture du sol ont été effectuées au champ. Ces mesures ont commencées dès la 2^{ème} semaine (14 JAS) jusqu'à l'atteinte de la couverture totale du sol par les différentes légumineuses.

2.2.3.4. Mesure du taux de couverture du sol par les légumineuses

Le taux de couverture du sol pour cette étude c'est faite par l'estimation de la surface foliaire des plantes d'une parcelle rapportée à la surface de cette parcelle. L'estimation de la surface foliaire des plantes a été faite par la mesure de l'épaisseur de végétation en mesurant la distance des dernières feuilles de part et d'autres de la ligne de semis.

Les mesures du taux de couverture du sol ont été effectuées au champ du 14JAS, jusqu'à la couverture totale du sol par les différentes légumineuses, c'est-à-dire jusqu'à ce que les feuilles des plantes des différentes lignes de semis se touchent.

2.2.4. Analyse des données

Les données collectées ont été saisis dans le logiciel Excel et l'analyse de variances (ANOVA) a été effectuée par le logiciel de traitement des données XLSAT7.1. Les moyennes ont été séparées en utilisant le test de Newman Keuls (au seuil de 5%). L'ANOVA est significative lorsque le niveau de probabilité (P) est inférieur à 5.

CHAPITRE 3 : RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1. RESULTATS

3.1.1. Performance de couverture du sol en fonction des légumineuses

3.1.1.1 Taux de levée

Les taux de levée des plantes sont présentés au tableau 3. On constate en général une très bonne levée pour toutes les spéculations (en moyenne 98 %).

Tableau 3: Pourcentage de levée par spéculation.

Spéculations	Taux de levée (%)
Arachide	99
Niébé	97
Mucuna	100
Maïs	98
Coton	96
Riz	99

3.1.1.2. Taux de couverture du sol en fonction des légumineuses

Le taux de couverture du sol représenté a différentes étapes du cycle végétatif des légumineuses de couverture au tableau 3, est très bon dans l'ensemble. En ce qui concerne la croissance végétatif, on note dans l'ensemble un démarrage lent, mais le rythme devient plus rapide après le premier mois de végétation chez l'arachide puis le niébé respectivement 79,91% et 70,29. Ces plantes sont restées vertes de juillet à octobre, ne commençant la dégénérescence que plus tard pour l'arachide et le niébé. Par contre le mucuna a continué son développement même après la récolte des deux autres. Elle est restée verte au delà de 120 JAS.

L'analyse statistique a montré une différence significative au niveau de probabilité théorique au seuil 5%, qui est 0,0001 à la première date d'observation du taux de couverture (28 JAS). Ainsi, deux groupes se distinguent selon l'analyse de la variance

(ANOVA) (tableau 3). Le niébé et le mucuna ont donné des taux de couverture respectifs de 59,083% et 55,333%, supérieur à 38,125% pour l'arachide.

A la deuxième date d'observation (35 JAS), le niébé s'est démarqué du mucuna, pour créer un troisième groupe. Le niébé a enregistré le plus fort taux de couverture du sol 79,917%, il est suivi par le mucuna avec 70,292% et l'arachide 69,042%.

En 42 JAS, les trois (3) ont maintenu le même rang qu'en 35 JAS avec les taux suivants : niébé 90,875%, le mucuna 83,417% et l'arachide 69,042%.

En 49 JAS, l'analyse statistique a montré deux (2) groupes. Le premier est celui du niébé (98,583%) et le mucuna (97,500%) et le dernier groupe est de l'arachide (85,917%).

Après deux (2) mois de végétation c'est-à-dire en 56 JAS, le mucuna a atteint un taux de couverture du sol maximal (100 %), le même résultat a été atteint par Segda et *al*, 2002 et est immédiatement suivi par le niébé (99,292 %) et enfin l'arachide (89,917%). Mais statistiquement, on a noté que deux (2) groupes. Le mucuna et le niébé ne sont pas différents au seuil de 5 % (< 0,0001).

A l'avant dernière date d'observation (63 JAS), l'analyse statistique a donné presque les mêmes résultats que la 56 JAS.

Il ressort de ces résultats que ces légumineuses peuvent constituer une solution de remplacement à la jachère naturelle pour résoudre le problème de baisse de la fertilité du sol et du rendement des cultures.

Tableau 4 : taux de couverture du sol en fonction des spéculations.

Spéculations	Taux de couverture du sol (en %)					
	28 JAS	35 JAS	42 JAS	49 JAS	56 JAS	63 JAS
Arachide	59,08 ^a	52,792 ^c	69,042 ^c	85,91 ^b	89,91 ^b	92,62 ^b
Niébé	55,33 ^a	79,91 ^a	90,87 ^a	98,58 ^a	99,292 ^a	99,083 ^a
Mucuna	38,12 ^b	70,29 ^b	83,41 ^b	97,500 ^a	100 ^a	100 ^a
Probabilité	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,003
Signification	S	S	S	S	S	S

JAS : jours après le semis ;

NS : non significative ;

S : significative.

3.1.2. Effets des légumineuses de couverture sur l'humidité du sol

L'analyse statistique du taux d'humidité du sol, représenté dans le tableau 3, a montré une différence significative au 56 JAS avec une probabilité de 0,001 au seuil de 5 % entre les différentes spéculations. Ainsi, deux (2) groupes statistiques se dégagent. On note un premier groupe, constitué du coton qui enregistre le taux d'humidité le plus élevé et le second groupe est formé du maïs, niébé, riz, arachide et le mucuna.

Au 63 JAS, trois groupes de tendance se sont dégagés. Le riz constitue le premier groupe, le coton, le niébé et le maïs forment le deuxième groupe enfin le troisième groupe est constitué par l'arachide et le mucuna.

A 70 JAS, les taux d'humidité du sol des spéculations n'ont pas enregistré statistiquement de différence significative ($p=0,584$). Néanmoins, l'arachide a eu la forte moyenne avec 16,99 %, le coton, le maïs, le niébé et le mucuna ont tous eu presque la même moyenne (14,65 %) et le taux d'humidité le plus bas est enregistré dans les parcelles de riz.

A l'avant dernière date d'observation d'humidité (77 JAS), l'analyse statistique n'a pas relevé de différence statistique significative ($p=0,976$) entre les différents taux d'humidité du sol.

Cependant à la dernière date, les légumineuses de couverture ont induit des différences significatives. Le mucuna a enregistré le meilleur taux d'humidité, suivi du maïs, du niébé, du coton et l'arachide. Le riz a enregistré le plus faible taux d'humidité.

Tableau 5: taux d'humidité du sol en fonction des spéculations.

spéculation	Taux d'humidité du sol				
	56 JAS	63 JAS	70 JAS	77 JAS	84 JAS
Coton	16,01 ^a	16,66 ^{ab}	14,94 ^a	4,27 ^a	11,85 ^a
Maïs	13,65 ^b	16,39 ^{ab}	15,38 ^a	4,87 ^a	12,58 ^a
Niébé	13,15 ^b	16,89 ^{ab}	14,64 ^a	4,54 ^a	12,40 ^a
Riz	13,01 ^b	23,62 ^a	13,63 ^a	2,62 ^a	8,76 ^b
Arachide	13,00 ^b	14,55 ^b	16,99 ^a	5,20 ^a	12,51 ^a
Mucuna	12,87 ^b	13,84 ^b	14,66 ^a	4,14 ^a	12,96 ^a
probabilité	0,001	0,286	0,584	0,976	0,001
signification	S	NS	NS	NS	S

2.1.3. Effets des plantes sur les propriétés chimiques du sol

De la comparaison des données chimiques du sol de départ représentées dans le tableau 5, on note une différence entre l'horizon 0-20 et 20-40. Les sols de l'essai étaient en jachères pendant plus de cinq ans. Le tableau 6 montre un sol acide avec des moyennes de pH-eau de 5,57. La teneur en matière organique est en dessous du seuil de déficience, comparativement aux sols de la station. Les sols de l'essai ont une teneur en matières organiques élevée (0,68 %). On note que le rapport C/N est dans l'ensemble faible (11,80).

Tableau 6 : caractéristiques chimiques du sol de départ.

	Horizons	
	0-20	20-40
pH_{eau}	5,61	5,54
pH_{kcl}	4,07	4,00
Carbone	0,40	0,39
M.O (%)	0,69	0,67
C/N	11,35	12,16
N (%)	0,04	0,03
P_{ass}(Bray I)	1,34	0,71
P_{total}	86,96	88,68
K_{total}	1506,40	2087,88

3.1.3.1. Effets des cultures sur le pH

Le tableau 7 présente les résultats de l'analyse chimique des sols à 14 JAS. Il ressort de l'analyse statistique qu'il n'y a pas de différence significative au seuil de 5 % entre les plantes de couverture pour la variance pH pendant toutes les dates d'observations. On observe une diminution de pH dans les parcelles d'arachide à 45JAS. L'évolution du pH du sol montre que le mucuna a contribué à augmenter le pH du sol de 0,04 unité de pH.

Tableau 7 : pH eau par spéculation et par dates

spéculation	Dates				
	14 JAS	30 JAS	45 JAS	120 JAS	
Arachide	5,61	4,97a	5,74a	5,67a	5,55a
Mucuna	5,61	5,13a	5,90a	5,80a	5,65a
Niébé	5,61	5,13a	5,62a	5,63a	5,39a
Coton	5,61	5,13a	5,40a	5,58a	5,25a
Maïs	5,61	5,23a	5,30a	5,56a	5,24a
Riz	5,61	5,25a	5,49a	5,69a	5,58a
probabilité	0,827	0,367	0,903	0,387	
Signification	NS	NS	NS	NS	

3.1.3.2. Effets des cultures sur Carbone

Par date de prélèvement le carbone n'a pas eu d'effet significatif sur les sols selon l'analyse statistique. Mais, le tableau 8, montre des légères variations entre les dates de prélèvement et le sol de départ. Le taux de carbone a augmenté dans tous les sols, mais il est plus marqué chez le coton et faible chez le coton (0,52 %).

Avec les légumineuses de couverture, on enregistre une augmentation de carbone dès la deuxième observation et jusqu'à la 5^e observation. C'est dans les parcelles de coton qu'on obtient le taux de carbone le plus élevé à la dernière date d'observation suivi d'arachide et de niébé.

Tableau 8 : Taux de carbone par spéculation et par dates

spéculation	Dates			
	14 JAS	30 JAS	45 JAS	120 JAS
Arachide	0,43a	0,43a	0,40a	0,47a
Mucuna	0,40a	0,42a	0,42a	0,41a
Niébé	0,42a	0,47a	0,47a	0,46a
Coton	0,48a	0,47a	0,46a	0,52a
Maïs	0,44a	0,40a	0,43a	0,42a
Riz	0,43a	0,37a	0,49a	0,41a
probabilité	0,539	0,367	0,707	0,293
Signification	NS	NS	NS	NS

3.1.3.3. Effets des cultures sur l'Azote

L'analyse statistique n'a pas relevé de différence significative entre les spéculations par date de l'analyse (tableau 9). Avec les plantes légumineuses, on enregistre une baisse dès le 14^e jours après semis et jusqu'aux 120^{ème} jours après semis. Ensuite, la teneur en azote augmente avec l'apport de fumure à 30^{ème} jours après semis.

Tableau 9 : Taux d'azote par spéculation et par dates

spéculation	dates			
	14 JAS	30 JAS	45 JAS	120 JAS
Arachide	0,036	0,034	0,034	0,036
Mucuna	0,033	0,036	0,036	0,032
Niébé	0,034	0,036	0,036	0,035
Coton	0,047	0,036	0,036	0,037
Maïs	0,030	0,034	0,034	0,032
Riz	0,032	0,036	0,034	0,033
probabilité	0,117	0,367	0,69	0,708
Signification	NS	NS	NS	NS

3.1.3.4. Effets des cultures sur le rapport C/N

Le tableau 10 présente les résultats. L'analyse statistique n'a pas relevé de différence significative entre les spéculations pour le rapport C/N.

L'utilisation des légumineuses, même s'ils n'augmentent pas la teneur en azote par rapport au témoin riz. Bien au contraire, ils provoquent au bout de quelques jours une tendance à une augmentation du rapport signe d'apport de carbone.

Tableau 10 : Taux de carbone/Azote (C/N) par spéculation et par dates

spéculation	Dates			
	14 JAS	30 JAS	45 JAS	120 JAS
Arachide	12,06a	12,04a	12,094a	13,48
Mucuna	11,39a	12,97a	12,182a	12,51
Niébé	11,55a	13,98a	13,241a	13,32
Coton	11,25a	13,00a	12,997a	14,04
Maïs	10,83a	12,32a	13,679a	13,28
Riz	11,61a	11,95a	13,679a	12,51
probabilité	0,835	0,886	0,942	0,911
Signification	NS	NS	NS	NS

3.1.3.5. Effets des cultures sur Phosphore total

Le tableau 11 montre une variation des taux de P-total dans les sols en période de végétation. Comparativement au sol de départ, on observe une baisse de phosphore total dans toutes les parcelles légumineuses. On enregistre une augmentation de phosphore total à la 5^e date d'observation dans les parcelles d'arachide.

Tableau 11 : Taux de phosphore total par spéculation et par dates

spéculation	Dates			
	14 JAS	30 JAS	45 JAS	120 JAS
Arachide	83,45	85,33	79,51	94,21
Mucuna	84,04	81,86	81,86	83,33
Niébé	85,41	80,46	83,07	93,34
Coton	93,84	84,25	81,44	90,99
Maïs	90,00	84,43	85,81	83,53
Riz	92,21	81,87	88,53	84,90
probabilité	0,113	0,937	0,459	0,583
Signification	NS	NS	NS	NS

3.1.3.6. Effets des cultures sur Phosphore assimilable

Les résultats sont présentés dans le tableau 12. L'analyse statistique a montré des différences significatives entre les spéculations pour la variable Phosphore assimilable. Avec les légumineuses de couverture, on enregistre une baisse de Phosphore assimilable à 14 et 30 jas. Ensuite, le Phosphore assimilable augmente avec l'arachide à 45^{ème} Jas et jusqu'à la 120^{ème} jas.

Tableau 12 : Taux de phosphore assimilable par spéculation et par dates

spéculation	dates			
	14 JAS	30 JAS	45 JAS	120 JAS
Arachide	1,22	1,02	1,62	1,54
Mucuna	1,40	0,88	0,90	1,02
Niébé	1,38	1,14	1,12	1,58
Coton	1,33	1,06	0,87	1,50
Maïs	1,36	1,28	1,06	1,28
Riz	1,17	1,25	0,90	1,20
probabilité	0,761	0,031	0,056	0,739
Signification	NS	S	NS	NS

3.1.3.7. Effets des cultures sur Potassium total

Il ressort de l'analyse statistique qu'il n'y a pas de différence significative entre les spéculations pour la variable potassium total. Les légumineuses niébé ; arachide donne les teneurs de potassium les plus élevés. Après une baisse au 30 Jas, il y a une remontée de la teneur de P-total à des niveaux nettement supérieurs à celui du stade initial dans les parcelles de mucuna.

Tableau 13 : Taux de potassium par spéculation et par dates

spéculation	Dates			
	14 JAS	30 JAS	45 JAS	120 JAS
Arachide	1471,26	1578,72	1496,06	1843,22
Mucuna	1496,06	1570,46	1570,45	1570,45
Niébé	1512,59	1496,06	1562,19	1768,83
Coton	1496,06	1628,31	1735,77	1719,23
Maïs	1454,73	1463,00	1520,86	1074,52
Riz	1719,23	1653,11	1967,20	1744,03
probabilité	0,442	0,764	0,090	0,235
Signification	SN	SN	SN	SN

3.1.4. La corrélation des données de l'analyse chimique du sol avec le taux de couverture du sol

La corrélation des données montre une tendance de croissance du taux d'azote dans le sol en fonction du taux de couverture du sol (figure 6). Le constat est le même pour la corrélation du taux de couverture du sol avec le taux de carbone (figure 7). Par contre on constate une tendance à la baisse avec la corrélation du taux de couverture du sol et le phosphore assimilable du sol (figure 8).

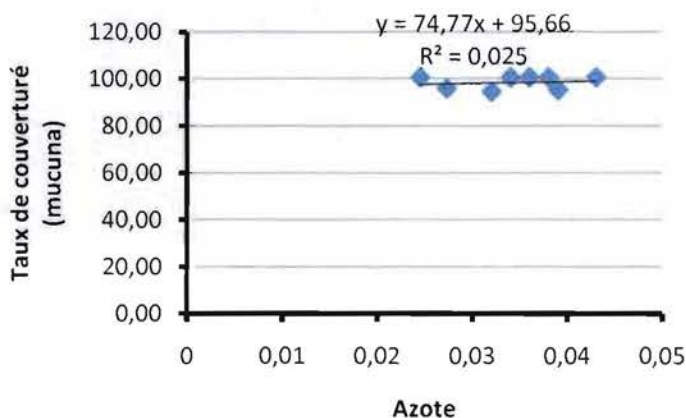


Figure 4 : corrélation du taux d'azote et taux de couverture

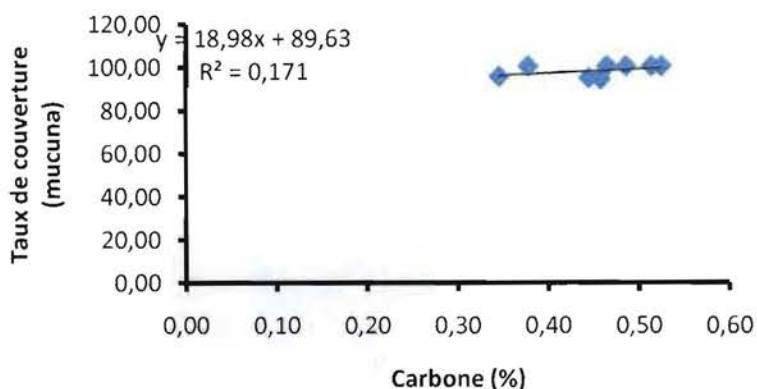


Figure 5 : corrélation du taux de carbone en fonction du taux de couverture

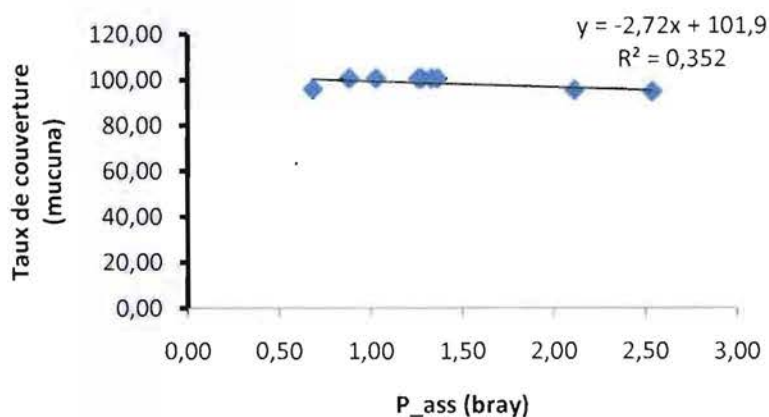


Figure 6 : corrélation du taux d'azote en fonction du taux de couverture

3.1. DISCUSSION

L'évolution des différents taux de couverture du sol corrobore les travaux de Segda et al, (1998), l'évolution de la couverture du sol dépend de la spéculation, de la fertilisation, de la densité, du système de production (Jack et Long, 1991). Ainsi, l'analyse des variances a indiqué une différence hautement significative entre les trois (3) spéculations. Cependant, l'analyse a permis de noter une relative lenteur du mucuna de 28 JAS à 56 JAS par rapport à l'arachide et le niébé. Cette lenteur est due à la non application de la fertilisation (Segda et al., 2000). Il faut signaler que les parcelles de niébé et d'arachide ont reçu du NPK à la dose de 100 Kg ha⁻¹. Mais la relative évolution lente du mucuna au démarrage par rapport au niébé, peut être due au cycle de développement végétatif de la culture.

L'évolution initiale lente de ces trois légumineuses de couverture, pourrait être intéressante dans le cas d'une association avec des céréales (peu de compétitivité vis-à-vis de la céréale (eau et éléments minéraux)), telle qu'elle est faite chez la grande majorité des producteurs du Burkina Faso.

Les résultats n'ont pas indiqué de différence significative entre le taux d'humidité du sol en relation avec la couverture du sol. Les légumineuses de couverture n'ont marqué de différence significative avec les plantes considérées comme non couvrantes du sol. Mais, on note une tendance de progression du taux d'humidité du sol des légumineuses de couverture du sol à la dernière observation (84 JAS). Le taux d'humidité dépend également de la pluviométrie et de l'humidité de l'air. La tendance de progression du taux d'humidité du sol à 84 JAS, où les taux de couverture du sol sont les plus élevés, est probablement dû à la densification du couvert végétal. Ainsi, comme l'ont souligné Roose *et al.* (1992), la protection de la surface assurée par une litière (mulch de paille) ou un couvert végétal bien développé permet de diminuer les pertes par ruissellement et augmente la rétention de l'eau dans le sol. Cette thèse a été évoqué par (Stanhill, 1970, cité par : Schulze, 1982).

Les analyses de sol à différentes périodes ont montré une progression des taux de carbone dans l'ensemble. Cette progression des taux de carbone se justifie par l'effet subséquent de la jachère et du labour qui a enfoui les résidus de végétaux, comme le souligne Stevenson (1984). Par contre, la faiblesse du carbone chez le mucuna et surtout après 63 JAS coïncide avec la période de plein développement végétatif de la plante.

La hausse du taux d'azote chez toutes les cultures au 14 JAS par rapport au sol de départ peut être justifiée par l'apport des débris végétaux enfouis par le labour et l'application des engrais. Au 30^{ème} JAS et 45^{ème} JAS la constance du taux d'azote du sol est due à l'apport du NPK au 14 JAS. Mais la baisse chez le mucuna est justifiée par le non apport de NPK. Mais l'analyse des données à 120 JAS, montre une tendance à la hausse des taux d'azote chez les légumineuses de couverture, cette hausse est justifié par la fixation symbiotique de l'azote atmosphérique. Mais la baisse du taux d'azote chez le mucuna se justifie par le développement végétatif intense de la plante à cette période.

L'analyse des paramètres chimiques des sols a montré une diminution du taux de phosphore total dans les sols sous culture des légumineuses de couverture entre 14 JAS, 30 JAS et 45 JAS. Cet état de fait peu être dû au fait que les légumineuses seraient capables de solubiliser les phosphates de calcium et le phosphore occlue, augmentant ainsi la disponibilité du phosphore assimilable (Alvey et al., 2001). A 120 JAS, cette diminution s'est poursuivie dans les sols sous le mucuna et le contraire s'est produit dans les sols de

l'arachide et du niébé. Cela pourrait s'expliquer par le fait que le mucuna a continué à solubiliser le phosphore total même après la fin des cycles végétatifs des autres légumineuses de couverture du sol. Cette hypothèse corrobore les travaux de Segda et *al* (2000).

Le tableau du phosphore assimilable à différentes dates, n'indique pas de différence significative entre les spéculations. Mais la comparaison entre les dates de prélèvement des sols, indique une progression lente du phosphore assimilable dans les sols sous les légumineuses de couverture du sol. Cette croissance du taux de phosphore assimilable est due à la capacité des légumineuses à solubiliser le phosphore total du sol (Alvey et al., 2001).

Certes l'analyse statistique des données du potassium total n'a pas indiquée de variation significative entre les différentes cultures aux différentes dates de prélèvement, on note une baisse entre les taux de potassium du sol dans l'échantillon de départ, à 14 JAS, à 30 JAS et à 45 JAS. Cette baisse est liée à la nutrition des plantes. Mais à la dernière observation (120 JAS), le niébé et l'arachide qui ont bouclé leurs cycles végétatifs, ne peuvent plus prélever le potassium, mieux ils en libèrent.

Il faut signaler que les prélèvements de P et de K ne sont pas significatif en une saison de culture.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Les travaux que nous avons menés se sont focalisés sur les effets de trois légumineuses de couverture sur les paramètres des sols pour la durabilité des systèmes de culture : cas des sols ferrugineux tropicaux de la station de recherche de Farako-Bâ. Les paramètres mesurés étaient : la couverture du sol et le taux d'humidité, le pH-eau, le pH-Kcl, les teneurs de carbone, de matière organique, d'azote, de phosphore total, de phosphore assimilable et de potassium total.

Les légumineuses de couverture n'ont pas les mêmes rythmes de développement végétatif. A partir de deux mois, les taux de couverture maximums sont atteints par toutes les légumineuses de couverture.

L'analyse statistique des taux d'humidité, montre des variations très significatives à 53 JAS et à 84 JAS. Par contre, entre ces deux périodes les variations statistiques ne sont pas significatives. Dès que les légumineuses de couverture ont atteint leurs couvertures maximums, elles conservent mieux l'humidité du sol.

L'étude des caractéristiques chimiques du sol dans les sols sous légumineuses de couverture du sol en comparaison à ceux des plantes non couvrant du sol montre une légère amélioration de la fertilité du sol sous légumineuses de couverture en période de végétation à la première année de production.

L'amélioration des connaissances de l'impact des cultures sur la couverture et sur les propriétés physiques et chimiques des sols ferrugineux tropicaux doit être poursuivie, notamment par rapport à l'évolution chimique des sols à la deuxième année de mise en culture.

Au vu des résultats obtenus, les légumineuses de couverture peuvent manifester de grandes potentialités dans les systèmes de rotations et d'associations de cultures, dans la zone ouest du Burkina Faso.

Au moment où l'agriculture du Burkina Faso est confrontée à des difficultés liées à la disponibilité des terres cultivables, au problème de leur dégradation et de leur reconstitution, la stratégie de gestion des formations végétales commanderait que les agriculteurs accordent une priorité à l'utilisation des Légumineuses herbacées ou sub-ligneuses, dans leurs pratiques culturales.

les travaux de recherche future devraient tendre vers :

- la continuité de l'étude des paramètres chimiques à différentes périodes afin de déterminer les périodes où les variations seront statistiquement significatives. Cela pourrait être intéressant pour les courtes jachères ;
- que des analyses poussées de la physique du sol soit faite de même que la biologie du sol ;
- la détermination de la biomasse aérienne et racinaire des cultures soit associé dans les prochaines études allant dans le sens du thème ;
- la poursuite de l'évaluation des légumineuses de couverture et de leurs impacts sur les propriétés physiques et chimiques et leurs arrière-effets à la deuxième année de l'essai, prévue pour durer deux ans.

BIBLIOGRAPHIE

- Adden A. K., 2005.** Estimation des besoins en azote, phosphore et potassium du basilic (*Ocimum basilicum* L.) par le module DSSB et gestion optimale de l'azote dans la région maritime du Togo. Mémoire d'Ingénieur Agronomc. ESA-UL/IFDC. 70p.
- Adden A. K.,** effets de trois systèmes culturaux sur la durabilité de la production de maïs (*zea mays* l.) sur sol ferrallitique au Togo méridional, université de Lomé - diplôme de DEA sciences d'agroressources et génie de l'environnement 2008,
- Akobundu I. O. et Okigbo B. N., 1984.** Preliminary evaluation of ground covers for use as live mulch in maize production. *Fields Crops research* 8:177-186.
- Alva M. T. et Wang F.L., 1996.** Leaching of nitrogen from slow-release urea sources in sandy soils. *Soil Sci. Soc Am. J.* :60 :1454-1458
- Alvey S., Bagayoko M., Neumann G., Buerkert A., 2001.** legume rotations affect chemical properties and biological activities in two west African soils. *Plant and Soil* 231; 45-54.
- Bado B.V., 2002.** Rôle des Légumineuses sur la fertilité des sols ferrugineux des zones guinéenne et soudanienne du Burkina Faso. Ph. D., Faculté des sciences de l'Agriculture et de l'alimentation. Université Laval, Québec (Canada). 176 pp.
- Bado B.V., Sedogo M.P., Cescas M.P., Lompo F., Bationo A., 1997.** Effet à long terme des fumures sur le sol et les rendements du maïs au Burkina Faso. *Cahiers Agricultures* 6 (6): 571-575.
- Balasubramanian V. et Blaise N. K. A., 1993.** Short season fallow management for sustainable production in Africa. P 279-293. *In* : J. Ragland et R. Lal (eds) *Technologies for sustainable agriculture in the tropics*. ASA Special Publication N°26. Madison WI.
- Barrios E., Kwesiga F., Buresh R.J., et Sprent J.I., 1997.** Light fraction soil organic matter and available nitrogen following trees and maize. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 61:826-831.
- Bashir J., Buresh R. J. et Place F. M., 1998.** Sesbania tree fallows on phosphorus-deficient sites: Maize yield and financial benefit. *Agron. J.*90 : 717-726.
- Bationo A et Buerkert A, 2000.** Soil organic carbon management for sustainable land use in Sudano-Sahelian. *West African. Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 61: 131-142 pp.
- Bationo A et Mkwunye AU, 1991.** Alleviating soil fertility constraints to increased crop production in West Africa: The experience of the Sahel. *In*: *Alleviating soil fertility*

constraints to increased crop production West Africa. Mokwunye A. ed. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. 195-215 pp.

Breman H. et Reuler Van H., 2000. Legumes, when and where an option? (No panacea for poor African soils and expensive fertilizers) BNMS conference in Cotonou.

Breman H., Coulibaly D., Coulibaly Y., 1995. Amélioration des parcours et production animale ; le rôle des légumineuses en Afrique de l'Ouest. Rapport PSS (Production Soudano-Sahélienne) n° 17, Wageningen, 50 p.

Breman, H., J. J. R. Groot et H. van Keulen. 2001. Resource limitations in Sahelian agriculture. *Global Environment Change* 11: 59-68.

Eaglesham A. R. J., Ayanaba A., Rao V. R. et Esgew D.L., 1982. Mineral N effect on cowpea and soybean crops in Nigerian soil. II. Amounts of fixed and accrual to the soil. *Plant Soil* 68:183-192

FAO., 1990. Integrated plant nutrient system: state of the art. Commission on fertilizers, 11th session, 4-6 Apr. 1990. FAO, Rome

Fianu F.K., 1998. The use of cover plants with plantation tree crops in Ghana. *In*: D Buckles, A. Etèka, O. Osiname, M. Galiba et N. Galiano (eds). *Cover Crops in West Africa : Contributing to Sustainable Agriculture*. CRDI-IITA-SG2000 ISBN 0-88936-852-X. 318 p.

Franzluebbbers, Hossner K., L.R. and Juo A.S.R., 1998. Integrated nutrient management for sustained crop production in Sub-Saharan Africa: A review. *Soil Management CRSP. TropSoil/TAMU Tech. Bull.* 98-03. Department of Soils & Crop Sciences, Texas A&M University, College Station, Texas.. pp 16-21.

Galiba M., Vissoh P, Dagbenonbakin G. et Fagbahon F., 1998. Réactions et craintes des paysans à la vulgarisation du pois mascate (*Mucuna pruriens* var *utilis*) p 55-65 *In* : D Buckles et al (eds) *Cover crops in West Africa contributing to sustainable agriculture* IDRC, Ottawa, ON, Canada ; ITTA, Ibadan, Nigeria ; Sassakawa Global 2000, Cotonou, Bénin.

Greenland D J. 1985. Nitrogen and food production in the tropic: contribution from fertilizer nitrogen and biological nitrogen fixation. P 9-39 *In*: B T Kang et J van der Heider (eds) *Nitrogen management in farming systems in humid and subhumid tropics*. Institute for Soil Fertility (IB), Haren, The Netherlands and ITTA, Ibadan, Nigeria

Groot JJR, Hassink J et Kone K. 1998. Dynamique de la matière organique du sol. *In*: H Breman et K Sissoko (eds) *Intensification agricole au sahel*. Karthala. Paris pp 243-263

Guinko S., 1984. Végétation de la Haute Volta. *Thèse de doctorat d'état ès Sciences naturelles*. Université de Bordeaux III, 394 p

Hulugalle R N et Lal R. 1986. Root growth of maize in compacted gravely tropical alfisol as affected by rotation with a woody perennial. *Field Crop Research* 13:33-44

IFDC. 1993. Annual reports. IFDC. Muscle Shoals, AL

IFDC. 2002. Collaborative research programme for soil fertility restoration and management in resource-poor areas of sub-saharan Africa. Technical bulletin IFDC-T-67. 54p.

IFDC. 2005. Development and dissemination of sustainable integrated soil fertility management practices for smallholders in sub Saharan Africa. Technical bulletin IFDC-T-71. 65p

IFDC. 2006. Agriculture production and soil nutrient mining in Africa: Implications for resource conservation and policy development. Technical bulletin IFDC-T-72. 75p

IFDC. 2007. Africa fertilizer summit proceeding. Abuja, Nigeria, June, 9-13, 2006. Special publication IFDC-SP-39. 182p

Kang B T. 1986. Cropping systems and soil fertility in the humid and sub humid tropic with special reference to West Africa. p 83-94. *In: A U Mokwonye et P L G Vlek (eds) Management of nitrogen and phosphorus fertilizers in sub Saharan Africa. Proceeding of a Symposium, Lomé Togo, March 25-28, 1985. Martinus Nijhoff Publishers, Boston.*

Kouyaté Z, Juo A. S. R., 1998. Effets des engrais verts et des rotations de cultures sur la productivité des sols du Mali. *In: D Buckles, A. Etèka, O. Osiname, M. Galiba et N. Galiano (eds). Cover Crops in West Africa: Contributing to Sustainable Agriculture. CRDI-IITA-SG2000 ISBN 0-88936-852-X. 318 p.*

Kouyaté Z, Juo S R et Hossner L. R., 1998. Legume rotation, green manure, crop residue and tillage on sorghum and millet yields in the semiarid tropic of Mali. *TropSoil/TAMU Tech. Bull.* 96-02. Department of Soils & Crop Sciences, Texas A&M University, College Station, Texas.

Lal, R, 1990. Soil erosion in the tropics: principles and management. New York. Mc Graw Hill

Lamboni D. 2000. Effet de l'amélioration par le mucuna sur l'efficacité des engrais azotés et phosphatés sur le rendement en grains du maïs : cas de l'association maïs - mucuna dans la région maritime. Mémoire d'Ingénieur Agronome. Université du Bénin, Lomé Togo.

Mac Coll D. 1989. Studies on maize (*Zea mays* L) at Bunda, Malawi. II. Yield in short rotation with emphasis on phosphorus. *Soil Sci.* 152: 315-320

- Manyong, V.M., Houndekon V.A., Sanginga P.C., Vissoh P. et Honlonkou A.N.** 1999. *Mucuna falow* diffusion in southern Benin. IITA Ibadan, Nigeria, 21p.
- Michellon R., Seguy L.**, 1996. Les différents systèmes de gestion des cultures. Amélioration de la fertilité des andosols de la Réunion et de la productivité des cultures de géranium rosat avec couverture permanente. La Chaloupe Saint-Leu, Réunion, CIRAD-CA, pp.1-15, réf. 3 tabl., 3 graph
- Nair P. K. R.**, 1993. An introduction for agroforestry. Kluwer Academic Publications, Dordrecht. The Netherlands.
- Pieri C.** 1989. Fertilité des terres des savanes. Bilan des trente ans de recherche et de développement agricole au sud du Sahara. Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement, France.
- Py F., Clariond A.**, 1989. Etudes des relations entre stock organique, stabilité structurale et activité microbienne. D.A.A. ENSAT/IRAT-Réunion, 103 p.
- Randall G W, S D Evans et T K Irigavaparu.** 1997. Long - term P and K applications. II. Effect on corn and soybean yield and plant P and K concentration. *J. Prod. Agric.* 10 : 572-580.
- Rouanet G**, 1984. Le maïs: Technicien d'Agriculture Tropicale. Agence de Coopération Culturelle et Technique. Ed. Maisonneuve et Larose. 142 pp.
- Sanginga N, B Ibewiro, P Houngnandan, B Vanlauwe, J A Okogun, I O Akodundu et M Versteeg.** 1996. Evaluation of symbiotic properties and nitrogen contribution of mucuna to maize in the derived savanna of West Africa. *Plant Soil* 179:119-129.
- Sedga Z et Toe M. B.**, 1998. L'amélioration de la fertilité du sol par les légumineuses de couverture. P. 125-135. *In*: Actes de l'Atelier régional « Cultures fourragères et développement durable en zone sub humide », Korhogo (Côte d'Ivoire) 26-29 May 1997. Centre International de Recherche - Développement sur l'Elevage en zone sub humide, Burkina Faso ; Institut des Savanes, Côte d'Ivoire, et Centre de Coopération Internationale en recherche Agronomique pour le Développement, Montpellier, France.
- Segda Z.**, 1999. Utilisation des plantes de couverture dans l'amélioration de la fertilité du sol au Burkina Faso. Bilan de 5 années de recherche et perspectives. Document de synthèse, Programme GRN-SP Est, Fada N'Gourma, 19 p
- Segda Z., Hien V., Lompo F., Musabimana A., Bacye B. & Sedogo P.M.**, 2000. Effet du phosphore sur la biomasse et la fixation biologique de l'azote de *Mucuna*

cochinchinensis en zone soudanienne du Burkina Faso. Communication présentée au 4^e FRSIT, du 03 au 08 avril 2000,

Sogbedji J. M., Van Es H. M. et Agbeko K. L., 2006a. Cover cropping and nutrient management strategies for maize production in Western Africa. *Agron J* 98:883-889.

Sogbedji J. M., Van Es H. M., Yang C. L., Geohring L. D. et Madgoff F. R., 2000. Nitrate leaching and N budget as affected by maize N fertilizer rate and soil type. *J. Environ. Qual.* 29: 1813-1820.

Sogbedji J. M., Van Es H. M., Melkonian J. J. et Schindelbeck R. R., 2006b. Evaluation of the PNM model for simulating drain flow nitrate-N concentration under manure-fertilized maize. *Plant and Soil* 282: 343-360.

Sogbedji J. M., 1986. Alimentation en eau du maïs dans la région maritime et influence de la fumure potassique sur la culture au Togo méridional. Mémoire d'Ingénieur Agronome. Université du Bénin, Lomé, Togo.

Sogbedji, J.M. 2001. Sustaining maize yields in smallholders cropping systems on West Africa ferralsols. Research Project Paper. Rockefeller Foundation / IFS. 11p.

Stoorvogel J. J., Smaling E. M. A. et Janssen B. H., 1993. Calculating soil nutrient balances in Africa at different scales: I. Supra-national scale *Fert. Res.* 35: 227-235

Veillet S., 1993. Etude de l'évolution de l'état hydrique d'un andosol selon différents systèmes de culture (La Réunion). Mémoire DAA, ENSAM/CIRAD, 55 pages.

Vissoh, P., Manyong V.M., Carsky J.R., Osei-Bonsu P., and Galiba M., 1998. Experiences with *Mucuna* in West Africa. pp 1-32. *In* Cover crops in West Africa contributing to sustainable agriculture, edited by D. Buckles, A. Etéka, O. Osiname, M. Galiba, and G. Galiano. IDRC, Ottawa, Canada; IITA, Ibadan, Nigeria; Sasakawa Global 2000, Cotonou, Benin.

Wilson G. F., Lal R. et Okigbo B. N., 1982. Effects of cover crops on soil structure and on yield of subsequent arable crops grown under strip tillage on an reoded Alfisol. *Soil Till. Res.* 2:223-250.

www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file.htm (17 octobre 2013).

Yi Liu, Phosphorus Flows in China: Physical Profiles and Environmental Regulation/ Wageningen: Wageningen University, PhD-Thesis Wageningen University, 2005, 192 p.

Zhang Z., Nyborg M. et Solberg E. D., 1996. The factor of time: A new consideration in precision farming. *In*: P C Robert et al (eds) Proc. 3rd International Conference on precision Agriculture. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI.

Zougmoré, R., Kamboun F., Outtara K. et Guillobez S. 1998. L'association culturale sorgho-niébé pour prévenir le ruissellement et l'érosion dans le Sahel au Burkina Faso. *In : COVER CROPS IN WESTAFRICA, Published jointly by International Development Research Centre, PO Box 8500, Ottawa, ON, Canada K1G3H9, International Institute of Tropical Agriculture, Oyo Road, PME 5320, Ibadan, Nigeria, 318 p.*

ANNEXE

Annexe1 : Calendrier cultural Essai VRFA 2013

Campagne	Opérations culturales
2013	
04 juin	Prélèvement des sols
10 juin	Labour des parcelles
12 juin	Planage des parcelles
21 juin	semis
11 juillet	Reprise de la parcelle (destruction des plantes due à la mauvaise levée)
12 juillet	Semis
26 juillet	Observation du taux de levée + prélèvement des sols
26 juillet	Prélèvement des sols + Premier sarclage et application du NPK
07 août	Mesure du taux de couverture des légumineuses de couverture
12 août	Prélèvement des sols + Application de la première fraction d'Urée sur le riz
14 août	Mesure du taux de couverture des légumineuses de couverture
21 août	Mesure du taux de couverture des légumineuses de couverture
30 août	Prélèvement des sols + Application d'urée sur le coton et le maïs et la seconde fraction du riz + buttage + Mesure du taux de couverture des légumineuses de couverture
31 août	Sarclage des légumineuses
04 sept	Mesure du taux de couverture des légumineuses de couverture + Mesure du taux d'humidité
11 sept	Mesure du taux de couverture des légumineuses de couverture + Mesure du taux d'humidité
18 sept	Mesure du taux d'humidité
26 sept	Mesure du taux d'humidité
02 oct	Mesure du taux d'humidité
16 nov	Prélèvement des sols

Annexe 2 : Le relevé de la pluviométrie

Dates	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.
1						29,5		16,1		
2							0,9	69,5		
3						TR		6,5		
4					24,2				14,5	2
5						3,4				
6							2			
7								51,5	29,6	
8						22,7	47,8	3,2	9,9	57,2
9									21,1	2
10							60,7			
11								0,3	6	
12				23,7			11,1		19,8	
13								31,6	3	
14					9,5		2		18,7	
15				18,8		8,3		8,1	0,8	
16										
17					2,5	6,6	44,2		6,3	
18										
19					7,1			16,1		
20								30		
21							4,1	21	1	
22			16,6	24,8						
23				4,8		11,3		0,9		
24							21	1,5	TR	
25			6,2					8,7		
26				7				1,2		1,9
27					33,9	9,1		16,3	27,4	
28		5			16,6				1,4	
29						4,2	19,1	40,8		
30								51,3	7,3	
31								15,6		1,9
Total		5	22,8	78,6	93,3	95,1	212	390,2	166,9	63,1
Nbres jrs		1	2	5	6	8	10	19	14	4

Nb : TR : trace de pluie.