

**BURKINA FASO
UNITE-PROGRES-JUSTICE**

**MINISTERE DES ENSEIGNEMENTS SECONDAIRE,
SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

UNIVERSITE POLYTECHNIQUE DE BOBO-DIOULASSO

INSTITUT DU DEVELOPPEMENT RURAL



MEMOIRE DE FIN DE CYCLE

En vue de l'obtention du

DIPLOME D'INGENIEUR DE CONCEPTION EN VULGARISATION AGRICOLE

THEME

**Impact de l'utilisation du niébé et de divers amendements sous zaï sur
les caractéristiques des sols dégradés : Conséquences pédo-socio-
économiques.**

Présenté par :

MARE Boussa Tockville

Maîtres de stage :

- Dr Edmond HIEN

- Mr Der SOME

Directeur de mémoire :

Dr Bernard BACYE

N° : 00-2009/VA

JUIN 2009

Dédicace

*A ma famille,
pour tous les sacrifices consentis à mon égard.*

Tableau de matière

DÉDICACE	I
AVANT PROPOS	IV
LISTE DES TABLEAUX	VI
LISTE DES FIGURES	VII
LISTE DES FIGURES	VII
SIGLES ET ABREVIATIONS	VIII
RESUME	IX
ABSTRACT	X
INTRODUCTION	1
CHAPITRE I : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE	4
1.1 DEFINITION ET ETAT DE DEGRADATION DES RESSOURCES EN SOL	4
1.1.1 Définition et concept de dégradation des sols	4
1.1.2 Formes de dégradation des sols	4
1.1.2.1 Dégradation physique des sols	4
1.1.2.2 Dégradation chimique des sols	5
1.1.2.3 Dégradation biologique des sols	5
1.1.3 Ampleur et enjeux du phénomène de dégradation des sols	6
1.1.4 Dégradation des sols au Burkina Faso	6
1.1.5 Dégradation des sols dans le Passoré.....	7
1.2 TECHNIQUES DE REHABILITATION DES SOLS DEGRADÉS.....	7
1.2.1 Système zaï	8
1.2.2 Technique	8
1.2.3 Avantages	9
1.2.4 Contraintes et limites.....	9
1.2.5 Amélioration du zaï	9
1.3 IMPORTANCE DE L'AZOTE DANS LA NUTRITION DES PLANTES	10
1.3.1 Principales sources d'azote.....	10
1.3.1.1 Sol	10
1.3.1.2 Amendements organiques.....	10
1.3.1.3 Engrais minéraux	11
1.3.1.4 Légumineuses et fixation symbiotique de l'azote.....	11
1.4 IMPORTANCE DU SORGHO ET DU NIEBE	12
1.4.1 Sorgho	13
1.4.2 Niébé	14
1.5 DEFINITION, CONCEPT DE VULGARISATION AGRICOLE ET ENJEUX D'ADOPTION DU ZAÏ-NIEBE	14
1.5.1 Définition et concept de vulgarisation agricole	14
1.5.2 Enjeux d'adoption du zaï-niébé.....	16
CHAPITRE II : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE	17
2.1 ZONE D'ETUDE.....	17
2.1.1 Généralités	17
2.1.2 Géologie et géomorphologie	19
2.1.3 Sols	20
2.1.4 Données climatiques.....	21
2.1.5 Végétation.....	22
2.1.6 Population et activités principales	22
CHAPITRE III : MATERIEL ET METHODE D'ETUDE	23
3.1 MATERIEL.....	23
3.1.1 Sol.....	23
3.1.2 Fertilisants	23
3.1.3 Matériel végétal.....	24

3.2 METHODES.....	24
3.2.1 DISPOSITIFS EXPERIMENTAUX.....	24
3.2.1.1 Essai au champ.....	24
3.2.1.2 Essai en vase de végétation.....	25
3.2.2 Description et caractérisation des sols.....	25
3.2.3 Prélèvement des échantillons.....	26
3.2.4 Préparation des échantillons.....	26
3.2.5 Analyses physiques, chimiques et biologiques.....	26
3.2.6- Mesure de la capacité au champ.....	27
3.2.7- Mesure de rendements de l'essai au champ.....	27
3.2.8 Enquêtes.....	27
3.2.9 Analyses des données.....	28
CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCUSSIONS.....	29
4.1 CARACTERISATION MORPHOLOGIQUE DES SOLS DU SITE.....	29
4.2 EFFETS DES TRAITEMENTS SUR LES PARAMETRES PHYSIQUES DU SOL.....	31
4.2.1 Taux de terre fine.....	31
4.2.2 Granulométrie.....	32
4.2.3 Discussion.....	33
4.3 EFFET DES TRAITEMENTS SUR LES PARAMETRES CHIMIQUES ET BIOLOGIQUES DU SOL.....	34
4.3.1 Effet sur le carbone.....	34
4.3.2 Effet sur l'azote.....	35
4.3.3 Effet sur le rapport C/N.....	36
4.3.4 Résultats discutés des campagnes 2006-2007 et 2007-2008.....	36
4.3.5 Effet sur la nodulation du niébé.....	38
4.3.6 Effet sur le pH eau.....	39
4.3.7 Effet sur le dégagement de CO ₂	40
4.3.8 Discussion.....	41
4.4 EFFET DES TRAITEMENTS SUR LA PRODUCTION DE BIOMASSE VEGETALE.....	43
4.4.1 Rendements de sorgho.....	44
4.4.2 Rendements du niébé.....	44
4.4.3 La matière sèche produite (MS) en vase de végétation.....	45
4.4.3 Discussion.....	48
4.5 RESULTATS D'ENQUETES.....	49
4.5.1 Contraintes du zaï-niébé selon les producteurs.....	49
4.5.2 Les avantages du zaï-niébé selon les producteurs.....	50
4.5.3 Discussion.....	53
4.6 DISCUSSION GENERALE.....	55
CONCLUSION.....	57
BIBLIOGRAPHIE.....	59
ANNEXE N°1 : DESCRIPTION DES FOSSES PEDOLOGIQUES.....	II
ANNEXE N°2 : DISPOSITIFS EXPERIMENTAL DE L'ESSAI AU CHAMP.....	VI
ANNEXE N°3 : DISPOSITIF EXPERIMENTAL DE L'ESSAI SOUS SERRE.....	VII
ANNEXE N°4 : FICHE TECHNIQUE DU NIEBE VARIETE K VX 61-1.....	VIII
ANNEXE N°5 : FICHE TECHNIQUE DE SORGHO VARIETE ICSV 1049.....	IX
ANNEXE N°6 : FICHE DE QUESTIONNAIRE D'ENQUETE.....	X

Avant propos

L'étude entreprise dans le cadre du présent mémoire a été réalisée grâce aux efforts conjugués de nombreuses personnes. Ainsi au terme de notre stage, nous voulons de tout cœur, leur exprimer toute notre profonde gratitude. Nous adressons nos vifs remerciements particulièrement :

- à Monsieur Jean-Pierre GUENGANT, Représentant de l'IRD au BURKINA FASO qui a bien voulu nous accueillir au sein de sa structure.
- au Dr Edmond HIEN, enseignant chercheur à l'université de Ouagadougou (UFR/SVT) et chercheur associé à l'IRD, responsable du laboratoire d'agro-écologie de l'UMR Eco & Sols, notre maître de stage, qui malgré ses multiples occupations, a toujours trouvé le temps pour nous orienter et de mettre à notre disposition les moyens matériels pour réaliser ce stage.

Nous le prions d'accepter nos sincères remerciements.

- à Monsieur Der SOME, enseignant à l'université de Ouagadougou 1, UFR/SVT, notre co-maître de stage, pour le précieux rôle qu'il a joué avec dévouement et disponibilité dans notre encadrement sur le terrain ainsi que les conseils dont nous avons bénéficié de lui pour l'exploitation des données.

Nous lui réitérons toute notre reconnaissance.

- au Dr Bernard BACYE, enseignant à l'université polytechnique de Bobo, chef du département d'Agronomie, notre Directeur de mémoire, qui malgré son agenda très chargé, a consacré son temps pour nous formuler des conseils et des critiques objectives.

Nous lui disons encore un grand merci.

- à Monsieur KABORE Théodore, doctorant à l'IRD pour les conseils pratiques dans la conduite des enquêtes en milieu rural qu'il nous a prodigué et sa participation à l'élaboration de notre questionnaire d'enquête.
- au Dr Ablassé BILGO, INERA-Kamboinsé, pour ses encouragements et ses multiples conseils.
- au Dr Saran TRAORE pour son soutien dans l'analyse statistique des données et ses encouragements.

Qu'il nous soit permis aussi d'exprimer nos sincères remerciements et félicitations à l'endroit de :

MENTION ASSEZ-BIEN

- Monsieur BARRY Moussa, technicien au laboratoire d'agro écologie et ses collègues Messieurs SAWADOGO Prosper, SIRY qui ont énormément contribué à notre formation.
- à l'ensemble de personnel de l'IRD/Ouaga et antenne de Bobo Dioulasso pour leur franche collaboration et soutien multiforme.

Nous ne saurons oublier de témoigner ici toute notre reconnaissance :

- à Monsieur le Directeur de l'IDR, Pr Antoine SOME pour tous ses bienfaits
- au Dr BOUGMA Valéry, chef du département Vulgarisation agricole pour tous ses bienfaits.
- à tout le corps Enseignant du département vulgarisation agricole, qui nous a transmis le savoir, l'amour du succès et le goût de l'excellence.

Nos remerciements vont également à l'endroit de :

- tous les braves producteurs des villages de notre zone d'étude pour leur savoir faire et leur enthousiasme à participer aux travaux de terrain. Nous nourrissons l'espoir que ce mémoire traduira suffisamment l'engagement et le dévouement qu'ils ont manifesté pour sa réalisation.
- tous les services d'encadrement (DPA, PDRD, Groupement naam) de notre zone d'étude.

Merci également à tous nos camarades stagiaires, amis et parents qui n'ont cessé de nous soutenir et de nous encourager tout au long de notre travail.

Puisse le Dieu Tout-Puissant, récompenser chacun de vous au-delà de ses attentes !

Liste des tableaux

Tableau 1 : Composition chimique du compost et du fumier.....	23
Tableau 2 : Composition chimique du Burkina phosphate.....	23
Tableau 3: Caractéristiques physiques des sols du site d'étude.....	30
Tableau 4: Résultats des analyses chimiques des deux campagnes.....	38
Tableau n°5 : Analyse statistique des données rendements sorgho et niébé	43
Tableau n°6 : Analyse statistique des données biomasse du niébé en vase de végétation	47
Tableau n°7 : Analyse statistique des données biomasse du sorgho en vase de végétation	48
Tableau n°8 : Résumé de contraintes évoquées par les producteurs	50
Tableau n°9 : Résumé des avantages selon les producteurs	52

Liste des figures

Figure 1 : Evolution de productions de sorgho et de niébé dans la province du Passoré de 1985 à 2006.....	13
Figure 2 : Cartes de localisation de la zone d'étude.....	19
Figure 3 : Pluviométrie de Yako de 1983 à 2008.....	21
Figure 4 : Proportion en terre fine des inter poquets et poquets niébé.....	32
Figure 5 : Proportion en terre fine des inter poquets et poquets sorgho.....	32
Figure 6 : Texture des sols du site.....	33
Figure 7 : Teneurs en carbone des interpoquets.....	34
Figure 8 : Teneurs en carbone des poquets.....	34
Figure 9 : Teneurs en azote dans les interpoquets.....	35
Figure 10 : Teneurs en azote dans les poquets.....	35
Figure 11 : Rapport C/N des interpoquets.....	36
Figure 12 : Rapport C/N des poquets.....	36
Figure 13 : Nodulation du niébé.....	39
Figure 14: pH eau des interpoquets sorgho et niébé des sols.....	40
Figure 15 : pH eau des poquets sorgho et niébé.....	40
Figure 16 : Dégagement de CO ₂ dans les interpoquets niébé et sorgho.....	41
Figure 17 : Dégagement de CO ₂ dans les poquets niébé et sorgho.....	41
Figure 18 : Rendements du Sorgho.....	44
Figure 19 : Rendements du Niébé.....	45
Figure 20 : Biomasse du Niébé non associé au Sorgho.....	46
Figure 21: Biomasse du Niébé associé au Sorgho.....	46
Figure 22 : Biomasse du Sorgho non associé au Niébé.....	47
Figure 23 : Biomasse du Sorgho associé au Niébé.....	47

Sigles et abréviations

IRD : Institut de Recherche pour le Développement.

UMR : Unité Mixte de Formation.

UFR/SVT : Unité de Formation et de Recherche en Sciences de la Vie et de la Terre.

INERA : Institut National de l'Environnement et de Recherche Agricole.

DPA : Direction Provinciale de l'Agriculture.

PDRD : Programme de Développement Rural Durable.

CNLD : Comité Nationale de Lutte contre la Désertification.

CIRAD : Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement.

CVD : Comité Villageois de Développement.

INSD : Institut National de la Statistique et de le Démographie.

BNDT : Base Nationale des Données Topographiques.

ERO: Erosion.

FAO: Food and Agriculture Organization.

BUNASOLS: Bureau National des Sols.

CAC : Capacité au champ.

OP : Organisation des Producteurs.

CPCS : Commission Pédologique pour la Cartographie des Sols.

WRB : Word Reference Balance.

MOS : Matière Organique des Sols.

CATHWEL : Catholic Relief Services.

SNGIFS : Stratégie Nationale de Gestion Intégrée de la Fertilité des Sols.

PAGIFS : Plan d'Action de Gestion Intégrée de la Fertilité des Sols.

PICOFA : Programme d'Investissement Communautaire en Fertilité Agricole.

PVGFS : Programme Villageois de Gestion de la Fertilité des Sols.

CEAS : Centre Ecologique Albert Schweitzer.

GES : Gaz à Effet de Serre.

PNUE : Programme des Nations Unies pour l'Environnement.

Résumé

La pression démographique et les changements climatiques conduisent à la dégradation des ressources naturelles, notamment les ressources en sols dans la zone soudano-sahélienne du Burkina Faso. Cette dégradation peut être atténuée par l'adoption de pratiques agricoles adaptées qui permettent de restaurer durablement la productivité des sols dégradés et d'assurer la sécurité alimentaire et financière des populations rurales.

Les objectifs principaux de cette étude, ont consisté à appréhender l'influence du niébé utilisé dans le zaï sur les propriétés physiques, chimiques et biologiques d'un sol dégradé et à étudier les modalités de l'adoption de la culture du niébé sous zaï.

L'étude a été effectuée dans le département de Gomponsom, province du Passoré. Elle a concerné une expérimentation en milieu paysan et une sous serre avec plusieurs substrats (compost, fumier, Burkina phosphate) et a abordé :

- le sol (caractérisation morphologique, analyses physiques, chimiques et test respirométrique)
- la biomasse, en appréciant les rendements du niébé et du sorgho selon les traitements;
- les déterminants socio-économiques par des enquêtes auprès des producteurs sur la propension à adopter le zaï-niébé.

Les résultats révèlent une amélioration du statut organique avec la culture du niébé sous zaï. L'efficacité du traitement Zaï + Fumier +Phosphate en vase de végétation tout comme associé au zaï dans l'essai au champ est la plus perceptible. Les paramètres comme le taux de carbone et d'azote totaux, la nodulation du niébé, le pH eau et le dégagement de CO₂, ont connu une sensible amélioration avec ce traitement.

Les résultats des enquêtes ont montré que les producteurs ont bien conscience de la dégradation des sols. L'adoption du zaï-niébé peut se faire dans la zone d'étude sans difficulté majeure, si les producteurs ont des quantités suffisantes de fumure organique, ont accès aux intrants, bénéficient d'un équipement agricole conséquent, d'une promotion de la filière niébé.

Il apparaît ainsi que les pratiques associant des mesures de conservation des eaux et des sols, avec un apport d'azote par une légumineuse permettent aux agro systèmes d'entrer dans un cercle vertueux d'augmentation de la production agricole tout en préservant les propriétés environnementales du milieu.

Mot-clés : Zone soudano-sahélienne, Burkina Faso, Dégradation, sol, restauration, zaï, sorgho, niébé, statut organique, adoption.

Abstract

Population pressure and climate change lead to the degradation of natural resources, including soil resources in the Sudano-Sahelian zone of Burkina Faso. This degradation can be mitigated by the adoption of appropriate agricultural practices that help to restore sustainable productivity of degraded land and provide food and financial security for the rural populations.

The main objectives of this study were to assess the influence of cowpea used in the zaï on physical, chemical and biological properties of a degraded soil and to study the procedures for the adoption of cowpea in zaï.

The study was conducted in the Department of Gomponsom, province of Passoré. It concerned experimentation in rural area and under a greenhouse with several substrates (compost, manure, Burkina phosphate) and addressed:

- Soil (morphological characterization, physical analysis, chemical and respirometry test)
- Biomass, enjoying the yields of sorghum and cowpea under treatments;
- the socio-economic surveys of producers on the propensity to adopt the cowpea-zaï.

The results reveal an enhanced organic status with cowpea in zaï. The effectiveness of treatment Zaï + Manure + Phosphate under greenhouse as associated with zaï in the field trial is the most noticeable. The parameters such as rate of carbon and total nitrogen, nodulation of cowpea, water pH and the release of CO₂, reveal a significant improvement with this treatment.

The survey results showed that producers are well aware of soil degradation. The adoption of cowpea-zaï can be done in the study area without major difficulty, if producers have sufficient quantities of organic manure, have access to inputs, have a farm equipments consequently and promotion of cowpea sector.

It thus appears that the practices involving water and soil conservation measures, with a supply of nitrogen through legume, allow agro systems entering a virtuous circle of increased agricultural production while preserving the environmental properties.

Keywords: Sudano-Sahelian zone, Burkina Faso, degradation, soil, restoration, zaï, sorghum, cowpea, organic status, adoption.

Introduction

La dégradation des sols est un problème majeur de l'agriculture dans les régions du Sahel soumises à des processus de détérioration très poussés, conduisant souvent à l'abandon de grandes superficies cultivables et à la désertification dans certains cas extrêmes (STROOSNIJDER, 1992). Les conséquences directes de ces phénomènes sont les fréquentes famines pouvant entraîner des crises socio-économiques.

Le Burkina Faso, pays enclavé à économie basée sur l'agriculture, est confronté depuis quelques décennies à une dégradation de ses ressources naturelles. Cette dégradation est particulièrement inquiétante dans les zones agro écologiques sahéliennes et subsahéliennes et les causes sont à la fois climatiques et anthropiques. En effet, les conséquences néfastes des actions anthropiques sur les ressources naturelles se conjuguent à une certaine irrégularité annuelle et interannuelle de la pluviométrie augmentant la probabilité d'apparition de saisons de pluie déficitaires et donc de mauvaises récoltes. Dans ces conditions, les ressources en sol deviennent davantage pauvres, fragiles, en proie à une érosion éolienne et à un ruissellement intense (CISSE et TOURE, 1991). Ainsi, les parties Centre et Nord du pays dont fait partie la province du Passoré connaissent un environnement caractérisé par une surexploitation des terres et un appauvrissement des ressources naturelles notamment les ressources en sol. Cet état de fait se justifie par l'accroissement de la population qui exerce une pression croissante sur les sols cultivés et les mauvaises pratiques culturales sur des terres souvent marginales (faible profondeur utile, statut organique très médiocre).

Ces sols abandonnés se rencontrent sur les glacis dénudés encroûtés où rien ne pousse. On assiste alors à l'apparition et à l'extension de sols dénudés et encroûtés appelés « zipella » (qui signifie étymologiquement clairière ou zone blanche en langue nationale mooré). MARCHAL (1983) cité par ZOMBRE et *al.*, (2003) les qualifie de lèpre du Yatenga. Les chiffres révélés par les études réalisées dans la zone sont attristants. Les sols nus occupent 18% du département de Yako (ZOMBRE et SOW, 1989) et 5% de la superficie totale de la province du Passoré (GUINKO et DIALLO, 1992). L'étude diachronique menée par HIEN (1995) sur une portion du bassin du Nakambé révèle une importante augmentation des sols dénudés au fil des années : 5 % de la superficie étudiée en 1956, 30 % en 1980 et 40 % en 1988 ; soit une augmentation de 23 % entre 1956 et 1980, et de 10 % entre 1980 et 1988. Les résultats de l'étude de KABORE (1995) dans la province du Passoré vont dans le même sens.

Plusieurs spécialistes se sont donc déjà penchés sur la question des sols nus ou dégradés. ROOSE (1981), ZOMBRE et SOW (1989), GUINKO et DIALLO (1992), HIEN (1995), ont tous établi que la réduction du couvert végétal constitue le point de départ de ce phénomène, exposant le sol aux agents de dégradation que sont les orages violents (splash des gouttes de pluie, érosion, rupture des agrégats) et le vent.

Dans un tel contexte, la restauration des terres dégradées ainsi que la mise au point de systèmes d'utilisation des terres, assurant la production des écosystèmes (naturels et agricoles) deviennent impérieuses. A cet effet, de nombreuses expérimentations de longue durée ont montré qu'une gestion rationnelle des engrais minéraux et des amendements organiques permettait d'augmenter les rendements des cultures et de maintenir durablement la fertilité des sols (SEDOGO, 1981, 1993 ; BATIONO et MOKWUNYE, 1991 ; BADO, 1997 ; HIEN, 2004). Cependant, les difficultés d'approvisionnement ajouté au coût très élevé des intrants agrochimiques et des engins mécaniques pour le travail du sol (labour, sous-solage etc.) limitent leur utilisation. En outre, une mauvaise utilisation de ces intrants ou engins conduit à des dommages sur l'environnement (compaction, déstructuration, acidification, pollution).

Face à cette situation, les populations ont développé un certain nombre de techniques traditionnelles pour restaurer et récupérer les sols dégradés. On peut citer, entre autres, le paillage, la construction de diguettes antiérosives, les bandes enherbées, les demi-lunes, le zaï. Ces techniques relevant du savoir faire des paysans, ont une efficacité relativement limitée et méritent de ce fait d'être optimisées.

C'est pourquoi, de nombreux travaux de recherche ont été réalisés sur ces techniques traditionnelles, et particulièrement sur le zaï, dans le but d'améliorer leur efficacité (ROOSE et *al.*, en 1993 et 1995 ; KABORE, 1995 ; ZOUGMORE, 1995 et 2003 ; KRIEGL et MABROUK, 1997 ; ZOMBRE et *al.*, 2000 ; AMBOUTA et *al.* 2000 ; SAWADOGO, 2006).

Ces différentes investigations ont surtout concerné l'évaluation des rendements des récoltes sur la base des amendements associés à la pratique du zaï. En outre, dans la quasi totalité des travaux de recherche réalisés sur la technique du zaï, c'est une céréale (sorgho notamment) qui a toujours été utilisée comme matériel végétal. L'influence de l'utilisation d'une légumineuse dans la pratique du zaï sur le statut organique du sol, notamment celle de l'azote dans les sols très dégradés n'a pas encore été abordée à notre connaissance. Or l'emploi du niébé pourrait être plus judicieux pour la réhabilitation des sols dégradés, particulièrement parce qu'il peut ouvrir la voie à l'amélioration du statut de l'azote dans la mesure où en sa qualité de légumineuse, elle est capable de fixer l'azote atmosphérique par le

processus de la fixation symbiotique et d'enrichir le sol en azote (WANI et *al.*, 1995 ; CHALK, 1993, 1998) cités par BADO et *al.*, (2002). Par ailleurs, dans la région du Nord, le niébé est la principale culture après le maraîchage et la pomme de terre dont la vente permet aux ménages de se procurer des revenus substantiels, mais aucune étude à notre connaissance n'a été faite jusque là sur les modalités de son adoption sous zaï.

La présente étude est une contribution à l'optimisation de la technique du zaï avec l'utilisation du niébé. Elle porte sur le thème : « **Impact de l'utilisation du niébé et de divers amendements sous zaï sur les caractéristiques des sols dégradés : Conséquences pédo-socio-économiques** ».

L'objectif global de l'étude est d'appréhender l'influence du niébé utilisé dans le zaï sur les propriétés physiques et chimiques d'un sol dégradé et d'étudier les modalités de l'adoption de la culture du niébé sous zaï dans la localité. De façon spécifique, il s'agit de :

- caractériser un sol très dégradé (Zipellé) dans la province du Passoré (Région Nord du Burkina Faso) ;
- apprécier l'impact du niébé, du sorgho et de divers traitements de zaï sur l'évolution de la matière organique, de l'activité biologique et de la réaction du sol ;
- apprécier l'impact du zaï sur l'évolution de la texture du sol ;
- déterminer les contraintes, avantages et modalités d'une vulgarisation de la pratique zaï-niébé.

La synthèse des travaux réalisés au cours de cette étude est présentée en quatre chapitres :

- le premier chapitre, intitulé synthèse bibliographique, présente essentiellement l'état de dégradation des sols, les techniques de réhabilitation, l'importance de l'azote dans la nutrition des plantes et les enjeux d'adoption du zaï-niébé ;
- le deuxième chapitre fait une présentation de la zone d'étude ;
- le troisième chapitre décrit le matériel et la méthodologie de l'étude ;
- le quatrième chapitre est réservé aux résultats et aux discussions.

Chapitre I : Synthèse bibliographique

1.1 Définition et état de dégradation des ressources en sol

1.1.1 Définition et concept de dégradation des sols

Un sol dégradé est un sol qui est passé à travers un ou plusieurs seuils d'irréversibilité. A ce stade, le sol ne peut plus assurer une ou plusieurs de ses fonctions. D'un point de vue agricole, la dégradation d'un sol se traduit par la perte de sa productivité actuelle ou potentielle.

MULDERS et WIERSUM (1995) cité par ZOMBRE et *al.*, (2003) définissent la dégradation comme étant un processus multidimensionnel induit à la fois par des phénomènes naturels et humains, qui réduit l'actuelle et/ou la future capacité de la terre à fournir des produits utiles, provenant de systèmes spécifiques d'utilisation des terres. Comme le souligne BOUSQUET (1997), cette définition traduit la dégradation en termes de baisse des capacités de production et non d'altération des caractéristiques des sols. En effet, la dégradation est un processus complexe, résultant de l'enchaînement dans le temps et l'espace de divers processus de détérioration, cette dernière pouvant être physique, chimique ou biologique.

1.1.2 Formes de dégradation des sols

MENTION ASSEZ-BIEN

La dégradation des sols résultant de plusieurs facteurs qui interagissent, peut se produire sous des formes diverses. Elle peut être physique, chimique ou biologique. La dégradation physique (encroûtement) et chimique (appauvrissement du sol en éléments minéraux) sont de loin les plus importants au Sahel (AMBOUTA et *al.*, 1996).

1.1.2.1 Dégradation physique des sols

Elle se manifeste par la compaction, l'encroûtement superficiel et la squelettisation par l'érosion. Le terme encroûtement des sols renvoie aux processus de formation et aux conséquences d'une fine couche à la surface du sol qui réduit la porosité et augmente la résistance à la pénétration de l'eau dans le sol. Cette couche dite croûte réduit grandement l'infiltration et donc augmente le ruissellement et les risques d'érosion en rigole ou en ravine. De plus, les croûtes empêchent fortement la levée de graines. AMBOUTA et *al.*, (1996) affirme que perte de fertilité et encroûtement des sols sont deux phénomènes délicats

auxquels se trouve confronté le producteur agricole sahélien. C'est une conséquence de la dégradation des terres. La dégradation de la structure de surface provient de facteurs complexes, climatiques, édaphiques et humains. Les facteurs prédominants sont :

- le faible taux de matière organique des sols résultant des températures très fortes et de la mise en culture ;
- l'impact et la forte battance des gouttes de pluie lors des averses torrentielles ;
- la mauvaise structure de surface des sols cultivés ;
- la destruction importante de la couverture végétale qui protège la surface du sol de l'agressivité des grosses averses.

Le décapage des horizons supérieurs fertiles par l'érosion hydrique ou éolienne reste la principale forme de la dégradation physique.

1.1.2.2 Dégradation chimique des sols

Elle correspond à une altération des propriétés chimiques du sol, conséquences des systèmes de production inadéquats et de lessivage des éléments dans le sol. Les systèmes de culture sans apport convenable de fertilisants (fumier, compost etc.), avec un raccourcissement ou une absence de la période de jachère, sont des facteurs favorisant la dégradation chimique des sols. Il y a diminution des réserves de nutriments, lixiviation ou perte de matière organique par accélération de la minéralisation. Les dispositifs de longue durée mis en place par l'INERA à Saria et à Farakoba, ont montré que l'acidification des sols s'accompagne d'une augmentation des teneurs en aluminium échangeable du sol avec comme conséquences des phénomènes de toxicité et la réduction de la production. L'appauvrissement du sol en éléments minéraux avec ses corollaires (baisse de rendement) est une grande préoccupation dans les régions sahéliennes. La cause fondamentale provient généralement des systèmes de culture sans mesure de précautions (agriculture itinérante sur brûlis, exportation de tous les résidus de récoltes, etc.).

1.1.2.3 Dégradation biologique des sols

Elle résulte d'une baisse de l'activité biologique du sol, laquelle activité est entretenue par la présence de divers êtres vivants (micro, méso et macrofaune). Ces êtres vivants améliorent la structure du sol, enrichissent la biomasse et parfois permettent la fixation d'azote atmosphérique par les plantes. De ce fait, l'activité biologique reste une composante essentielle de la fertilité du sol. Elle y intervient en agissant d'une part sur le stock d'éléments

minéraux assimilables, obtenus par minéralisation de la matière organique et d'autre part sur la structure du sol.

La dégradation biologique d'un sol est la conséquence d'une rupture de l'équilibre dynamique des êtres vivants dans un écosystème. Cette rupture intervient suite à une modification des caractéristiques de l'écosystème.

1.1.3 Ampleur et enjeux du phénomène de dégradation des sols

La dégradation des sols est un phénomène planétaire. Cependant, par rapport aux sols des régions tempérées, les sols tropicaux sont particulièrement menacés, d'une part en raison de leur structure moins stable et d'autre part en raison du climat auquel ils sont exposés.

La progression de la dégradation des sols ne menace pas seulement l'alimentation de la population mondiale, mais elle favorise également les changements climatiques au niveau du globe. La matière organique des sols constitue un réservoir important de dioxyde de carbone (CO₂) qui est un gaz à effet de serre. L'exploitation anarchique des sols détruit la matière organique et contribue à la libération de CO₂. En même temps la diminution de la biomasse des sols entraîne une diminution du CO₂ lié.

Selon le Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE, 2000), Les activités humaines ont dégradé environ deux milliards d'hectares de sol, soit 15 % de la surface émergée du globe (plus que la superficie combinée des États-Unis et du Mexique).

1.1.4 Dégradation des sols au Burkina Faso

Sur les 274 200 km² que couvre le Burkina Faso, on estime à 89 000 km², la superficie des terres arables. D'après les investigations de KESSLER et GEERLING, (1994) cité par ZOMBRE et *al.*, (2003), les ressources naturelles sont en forte régression au Burkina Faso, même dans les régions sous exploitées. La dégradation constante à laquelle sont soumises les ressources naturelles du Burkina Faso, est selon le CNLD (1989), née des phénomènes de sécheresse qu'a connue le pays dans les années 1970 et d'une mauvaise gestion des ressources naturelles, en particulier les ressources en sol, en eau et la végétation naturelle. Une étude menée par KAMBOU et *al.*, (1994) estime que 24% de la superficie du Burkina Faso est dégradée. Les zones les plus dégradées sont le Centre Sud, le plateau central et le Nord du pays.

1.1.5 Dégradation des sols dans le Passoré

Dans le Passoré, le climat autrefois soudanien est devenu sahélo-soudanien avec une pluviométrie irrégulière durant la saison agricole (600 mm de pluie en moyenne). Les effets néfastes des orages conjugués au phénomène de désertification ont contribué à décaper les horizons humifères des sols du Passoré. La dégradation des sols dans la zone a pris une ampleur inquiétante. Les zippelés apparus sont en extension selon l'analyse écologique d'ALBARRAN et OUEDRAOGO (1994). La conséquence directe de ce phénomène a été l'abandon des villages entiers. Les populations se sont déplacées vers l'Ouest et le Sud de la Haute Volta (Burkina Faso) à la recherche des terres fertiles. Une des principales causes de la dégradation est l'accroissement démographique qui a exigé une augmentation de la production agricole. La stratégie choisie a consisté en une extension des superficies emblavées et non une intensification de la production. Les jachères ont diminué conduisant à l'épuisement des sols et à l'accélération de la dégradation. Elle est donc autant l'œuvre de la population que celle de changement climatique qui n'a fait que renforcer le processus.

1.2 Techniques de réhabilitation des sols dégradés

La réhabilitation des sols agricoles dégradés est l'ensemble des processus qui conduisent à l'arrêt de la dégradation et à la récupération des fonctions du sol qui avaient été affectées par le processus de dégradation (MANDO et *al.*, 2000). Dans le cadre de la récupération des zipella, terres dégradées, dénudées et encroûtées au Sahel, un accent particulier est mis sur la construction d'ouvrages antiérosifs et sur les techniques culturales. Les techniques de réhabilitation des sols les plus utilisées sont :

- ◆ **Les diguettes** : ce sont des barrières physiques, constituées de cordons pierreux ou de terre et agencées selon les courbes de niveau. Ces ouvrages anti-érosifs permettent ainsi de limiter le ruissellement et d'assurer la collecte et la redistribution de l'eau dans le sol.
- ◆ **Les demi-lunes** : ce sont des excavations peu profondes, en forme de demi-lune, dont la partie aval est surmontée de terre servant à retenir l'eau ruisselante.
- ◆ **Le paillage** : Il consiste à couvrir le sol d'une couche de matière organique. La paille favorise l'activité de la macrofaune, contribue à réduire l'évaporation, à augmenter l'infiltration (AMBOUTA et *al.*, 1999) et participe également à la régénération d'éléments nutritifs.

- ◆ **La mise en défens** : c'est une sorte de jachère protégée contre les autres formes de pressions liées aux activités humaines (pâturage, feu, coupe de bois).
- ◆ **Le zaï** : c'est une technique culturale toujours associée à une ou plusieurs méthodes citées ci-dessus, les diguettes en particulier.

1.2.1 Système zaï

Le zaï est une pratique agricole qui a été élaborée dans la région sahélienne par les producteurs en vue de s'adapter aux conditions difficiles de productions agricoles (dégradation des sols et rareté des pluies). Pour ROOSE et *al.*, (1995), le zaï est conçu pour capter et valoriser jusqu'aux plus petites quantités de pluies qui tombent. Il s'agit en effet de récupérer des zipella où le ruissellement est si fort qu'il emporte les graines et les résidus organiques qui permettaient lors de la jachère, de redonner aux sols ses fonctions perdues (ROOSE et al. 1995).

1.2.2 Technique

Le mot zaï veut dire en Mooré (langage de l'ethnie Mossi) « se lever tôt et se hâter pour préparer sa terre ». En effet, cette technique culturale demande une préparation des champs avant la saison des pluies. Des trous ou poquets de 20-40 cm de diamètre et environ 15 cm de profondeur sont espacés de soixante 70-100 cm en ligne ou en quinconce. La terre est rejetée en croissant vers l'aval pour capter les eaux de ruissellement. Selon les variantes, le producteur dépose dans le poquet dès les premières pluies ou avant, de la matière organique (fumier, compost, résidus ménagers) réduite en poudre. Les termites, attirés par ce matériel, creusent des galeries et l'incorporent au sol. L'infiltration est alors améliorée en eaux de ruissellement et l'humidité pénètre en profondeur à l'abri d'une évaporation rapide (ROOSE et *al.*, 1995). Dans chaque poquet, le producteur sème les graines de céréales (mil, sorgho), associées souvent à une légumineuse (niébé). Deux types de gestion sont possibles :

Soit une culture continue des champs, il s'agit alors du zaï agricole.

Soit le champ est laissé en jachère pendant 4 ou 5 ans sans culture, pour que des espèces ligneuses, apportées par le fumier et autres agents disséminateurs ou simplement semées, se développent, il s'agit du zaï forestier.

1.2.3. Avantages

Les avantages du zaï concernent principalement la capture des eaux de ruissellement et la concentration des éléments fertilisants et des eaux disponibles dans les cuvettes. L'autre atout majeur du zaï, est l'amélioration de la fertilité chimique des champs grâce à l'apport d'amendement organique effectué au pied des plants. Ces avantages résument la qualité agronomique première du zaï : recréer un microenvironnement de croissance favorable et relativement persistant pendant la durée de la saison des pluies.

Du point de vue de certains producteurs, l'avantage du zaï reste donc, bien avant sa fonction de réhabilitation des écosystèmes, l'obtention de rendements satisfaisants sur des terres qui paraissaient irrécupérables.

1.2.4 Contraintes et limites

L'efficacité de la technique du zaï reste tributaire à la bonne répartition des précipitations dans le temps et dans l'espace au cours de la saison des pluies. Ainsi, le zaï ne peut résoudre le problème ni dans la zone Sahélienne où les pluies sont trop peu fréquentes, ni en zone trop humide (ROOSE et *al.*, 1995). La principale contrainte du zaï pour le producteur reste la charge de travail nécessaire pour creuser les poquets en saison sèche. S'ajoute à cela, la disponibilité en fumier, en eau, en main d'œuvre et en moyen de transport. Le zaï exige pour chaque hectare trois cent (300) heures de travail très dur à la pioche, le transport de trois tonnes de fumier composté et l'aménagement de cordons pierreux, autour et dans le champ, pour contrôler le ruissellement (ROOSE et *al.*, 1995).

1.2.5. Amélioration du zaï

ROOSE et RODRIGUEZ (1990) ont proposé trois améliorations à la pratique traditionnelle du zaï. Un sous-solage croisé, tous les 80 cm, avec une dent pénétrant jusqu'à 15-18 cm sous la surface encroûtée du sol, après la récolte en décembre lorsque la terre n'est pas trop durcie. L'opération nécessite 11h de travail à l'hectare lorsque les bœufs sont bien nourris avec les résidus de culture disponibles à cette saison. Le temps nécessaire pour creuser les cuvettes en est réduit de moitié. Le producteur pourrait donc étendre la zone aménagée.

Une autre amélioration consiste en un apport complémentaire d'azote et de phosphore minéral à cause de leur faible disponibilité dans les amendements utilisés. Enfin, il est possible d'améliorer sérieusement la qualité et la quantité du compost produit en aménageant à l'abri d'un bouquet d'arbres fruitiers près de l'habitation une double fosse compostière-

fumière-poubelle où sont accumulés les eaux usées et les déchets fermentescibles du ménage ainsi que les résidus des activités artisanales (embouche, seccos etc.)

1.3 Importance de l'azote dans la nutrition des plantes

L'azote est l'un des éléments nutritifs majeurs utilisés par les plantes. C'est le quatrième constituant des plantes qui est utilisé dans l'élaboration de molécules importantes comme les protéines, les nucléotides, les acides nucléiques et la chlorophylle. L'azote favorise l'utilisation des hydrates de carbone, stimule le développement et l'activité racinaire, favorisant ainsi l'absorption des autres éléments minéraux et la croissance des plantes (STENVENSON, 1986) cité par BADO (2002). Il est essentiel pour la synthèse des enzymes de la photosynthèse (LAMAZE *et al.*, 1990). Les plantes absorbent l'azote sous forme de nitrates (NO_3^-) et d'ammonium (NH_4^+). L'importance relative de chacune de ces formes dépend de l'espèce végétale et des conditions du milieu (LAYZELL, 1990 ; HAGEMAN, 1984).

1.3.1 Principales sources d'azote

1.3.1.1 Sol

La première source d'azote utilisée par les plantes est l'azote du sol. En absence de tout apport d'engrais les plantes non fixatrices d'azote utilisent l'azote du sol durant leur cycle physiologique. Même les plantes fixatrices d'azote atmosphérique utilisent d'abord l'azote de la semence et du sol durant la première phase de la croissance. L'azote du sol est essentiellement sous forme organique. C'est par minéralisation que la matière organique du sol libère l'azote utilisable par les plantes.

1.3.1.2 Amendements organiques

Les résidus organiques laissés sur le sol après les récoltes constituent une litière temporaire. Dans les systèmes de culture traditionnelle d'Afrique de l'Ouest, environ 50% des résidus de récolte sont consommés par les animaux pendant la saison sèche (POWEL et SALEEN, 1987), cité par BADO (2002). Quand ils sont enfouis en début de saison, ces résidus enrichissent la fraction légère de la matière organique du sol. Les amendements

organiques incorporés aux sols sous forme de fumier ou de compost viennent également enrichir la fraction légère et constituent une source d'azote et d'humus.

Sous climat tropical semi-aride, la minéralisation de la matière organique est rapide. Les résidus de récolte, les composts, les fumiers de ferme, les jachères naturelles sont des sources de matière organique de qualités différentes. Chaque type d'amendements organiques influe selon sa nature sur la fourniture de l'azote et sur les propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol. La qualité des amendements organiques et leur capacité à fournir l'azote sont généralement évaluées par le rapport C/N (STEVENSON, 1984) Les amendements organiques à C/N inférieur à 20 se décomposent plus vite, l'azote se minéralise rapidement et ces amendements sont considérés comme étant de meilleure qualité. À l'inverse, les amendements organiques à C/N supérieur à 60 se décomposent moins vite et sont considérés comme étant de qualité moindre.

1.3.1.3 Engrais minéraux

L'azote du sol et celui des amendements organiques ne suffisent pas pour atteindre des rendements optimums. Des engrais minéraux azotés sont utilisés comme complément d'azote pour augmenter les rendements et intensifier la production végétale.

L'utilisation des engrais minéraux est relativement faible en Afrique de l'Ouest. Comparativement aux pays développés et aux autres pays en voie de développement où les doses annuelles d'engrais minéraux appliqués peuvent atteindre 500 kg ha⁻¹. L'agriculture des pays d'Afrique Subsaharienne utilise moins de 10 kg ha⁻¹ d'engrais minéraux (VAN REULER et PRINS, 1993) cité par BADO (2002). Environ 80% des engrais utilisés en Afrique subsaharienne sont importés (VAN REULER et PRINS, 1993) et la principale cause de cette faible utilisation des engrais est leurs coûts relativement élevés comparativement aux faibles revenus des producteurs.

1.3.1.4 Légumineuses et fixation symbiotique de l'azote

La fixation de l'azote atmosphérique (N₂) se fait par plusieurs mécanismes dont le plus important et le plus connu est la fixation biologique par des micro-organismes libres ou vivants en symbiose avec certaines plantes comme les légumineuses (HAYNES, 1986). Les bactéries de la famille des *rhizobiacées* en général, et celles du genre *Rhizobium* peuvent infecter les racines des légumineuses entraînant la formation de nodules appelés nodosités. Par ces nodules, la plante hôte (la légumineuse) offre un micro habitat exceptionnellement

favorable à la bactérie tout en lui procurant des substrats carbonés provenant de la photosynthèse. En retour, la bactérie fixe l'azote atmosphérique (N₂) et le fournit à la plante hôte sous forme assimilable NH₃. Cette association à bénéfice réciproque entre la légumineuse et les bactéries est appelée symbiose permettant une fixation symbiotique de l'azote de l'atmosphère.

Le processus de la fixation consiste en la réduction de l'azote atmosphérique N₂ sous forme ammoniacale selon la réaction suivante (DOMMERGUES *et al.*, 1999) cité par BADO (2002) :



1.4 Importance du sorgho et du niébé

Les productions agricoles constituent le moteur de l'économie burkinabè. C'est le secteur qui emploie le plus de main d'œuvre de la population active (80%). En raison de la vocation surtout sociale des productions agricoles, les systèmes de culture sont principalement à base de céréales. Les céréales sont cultivées généralement en association ou en rotation avec des légumineuses comme le niébé ou l'arachide. Le mil et le sorgho sont les deux principales céréales qui sont souvent accompagnées par le niébé. Ces deux céréales cohabitent, dans les systèmes d'exploitation des terres, avec la culture du maïs et certaines spéculations de rente tels que le coton et l'arachide. Mais l'importance de la culture du sorgho reste incontestée, car elle se pratique dans toutes les régions agricoles du pays. La figure ci-dessous présente l'évolution des productions de sorgho et de niébé dans la province du Passoré de 1985 à 2006. La dominance de la production de sorgho sur celle du niébé telle que indiquée sur la figure 1 est nette. Aussi, nous faisons l'hypothèse que la croissance des productions peut s'expliquer par le besoin croissant de nourrir une population en pleine expansion dans cette région.

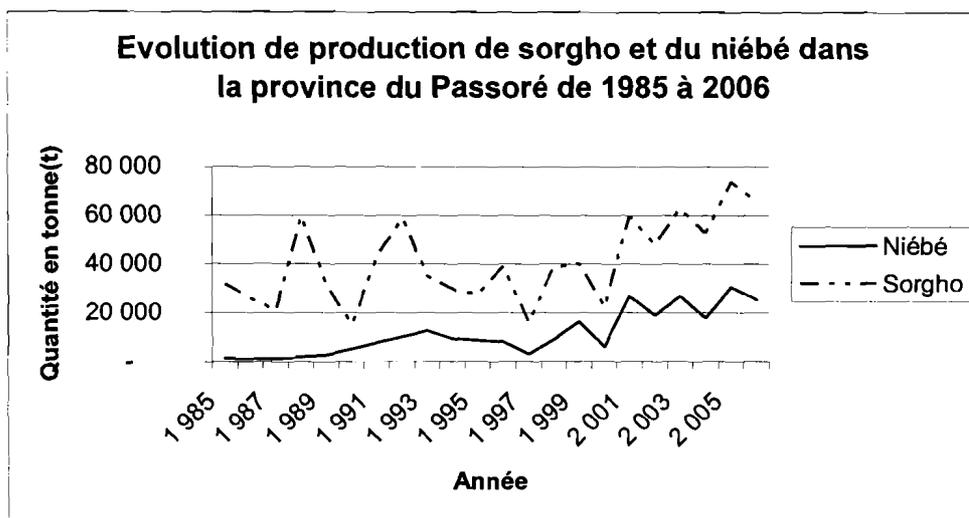


Figure 1 : Evolution de productions de sorgho et de niébé dans la province du Passoré de 1985 à 2006 (Source : Agri stat 3.6.1v2).

1.4.1 Sorgho

Selon l'encyclopédie libre WIKIPEDIA, le sorgho commun de son nom scientifique *Sorghum bicolor* (L.) Moench (synonyme : *Sorghum vulgare* Pers), ou sorgho à sucre, est une plante herbacée annuelle de la famille des *Poaceae* (Graminées) sous-famille des *Panicoideae*, tribu des *Andropogoneae*.

Le sorgho est une céréale vivrière au Burkina Faso qui constitue la base de l'alimentation des populations rurales. Le sorgho sert à préparer de la bière traditionnelle (dolo) et autres mets appréciés par la population du Burkina Faso. Ainsi, la gamme de plats à base du sorgho est bien variée dans le Nord du pays. Comme exemple, on a le tô, le couscous et la bouillie. La paille de sorgho est consommée par le bétail, sert à faire des enclos, des hangars, sert souvent à produire de l'énergie pour la cuisson etc. Le sorgho est utilisé dans la célébration des rites religieux et coutumiers.

Au regard de l'intérêt socio-économique que présente le sorgho, sa culture occupe une place de choix sur toute l'étendue du territoire. Les superficies emblavées en sorgho et en maïs sont déterminées par les quantités de terres fertiles disponibles et celles de la main-d'œuvre familiale, tandis que celles allouées au mil ou à la culture pure du niébé sont fonction de la main-d'œuvre résiduelle pendant les périodes de goulot d'étranglement. Les paysans disent qu'ils sèment d'abord le sorgho et c'est lorsqu'il y a une main-d'œuvre disponible ou lorsque les terres sont impropres à la culture du sorgho qu'ils sèment le mil ou le niébé en culture pure. La pratique de l'agriculture au Burkina Faso n'est pas trop motivée par la commercialisation des produits agricoles. L'autoconsommation est prépondérante.

La quasi-totalité des travaux de réhabilitation des sols dégradés et plus particulièrement la pratique de la technique de zaï, se sont faits avec utilisation du sorgho comme matériel végétal. En exemples, les travaux de KABORE et *al.*, (1995) ; de ZOMBRE et *al.*, (2003) ont utilisé le sorgho comme matériel végétal.

1.4.2 Niébé

Le terme niébé est un mot wolof (petit Larousse) désignant une plante légumineuse, le *Vigna unguiculata*, plante probablement originaire d'Afrique. Le niébé a été décrit par Linné à partir d'une forme cultivée provenant des Antilles, sous le nom de *Dolichos unguiculatus*, devenu *Vigna unguiculata* (PASQUET et BAUDOIN, 1997).

Au Burkina Faso, le niébé est cultivé dans toutes les régions souvent en association avec le mil ou le sorgho. Il joue un rôle clé dans l'alimentation de la population par les quantités consommées annuellement et par ses apports en protéines. Les graines et les jeunes feuilles sont consommées sous des formes diverses et les fanes servent de fourrage pour les animaux. Elles ont une haute valeur nutritive particulièrement en protéine et en certains éléments minéraux (calcium, fer et phosphore). Selon NIELSEN et *al.*, (1997) cité par SOME (2003), les valeurs en protéine sont de 22,8% pour les graines et 22,6% pour les feuilles. Pour les éléments minéraux, les graines renferment 0,074% de calcium, 0,43% de phosphore et 0,005% de fer ; quant aux feuilles, elles contiennent 0,26% de calcium, 0,06% de phosphore et 0,006% de fer. Le niébé permet donc de compenser les déficits en protéines liés à la faible consommation de viande en ville comme en campagne.

Les plus grandes provinces productrices sont le Boulgou, le Gourma, l'Oubritenga, le Poni, le Sanmatenga et le Yatenga (DNSA, 2001)

1.5 Définition, concept de vulgarisation agricole et enjeux d'adoption du zaï-niébé

1.5.1 Définition et concept de vulgarisation agricole

La vulgarisation agricole peut se définir comme étant un ensemble d'actions identifiées et planifiées par les acteurs de la production agricole et dont la mise en œuvre permettra de promouvoir une production agricole durable.

Certains auteurs emploient le terme vulgarisation en référence à tous les contextes humains et organisationnels relatifs à la propagation des techniques agricoles; d'autres utilisent cette notion dans une acception plus étroite pour désigner principalement

l'information et la formation en négligeant le fait que la promotion peut revêtir d'autres formes et atteint souvent une efficacité maximale en association avec l'interaction de groupe. Dans son sens usuel, la notion de vulgarisation agricole signifie promouvoir quelque chose, c'est-à-dire, fondamentalement, amener les paysans à effectuer une opération qu'ils négligeraient si on ne les y poussait pas. Ce concept comprend néanmoins deux éléments sous-entendus:

- le partenaire, instigateur ou promoteur, qui travaille avec les paysans et influence leur comportement ;
- l'innovation que l'on cherche à promouvoir.

MENTION ASSEZ BIEN

Dans sa forme la plus simple, la vulgarisation peut dépendre du seul contact avec les médias, par exemple une annonce à la radio informant les agriculteurs d'un changement dans les prix ou de l'apparition d'une maladie. Mais souvent, elle suppose une présence intermédiaire au sein des communautés paysannes, qu'il s'agisse de personnel salarié (agents des services de vulgarisation, travailleurs délégués dans les villages, etc.) ou de coopératives, de comités et de groupements paysans. Si nous considérons d'un bloc tous ces intermédiaires, nous pouvons remarquer que la tâche qui leur revient est la promotion de techniques agricoles pour répondre aux besoins des paysans. Le fait de concevoir le développement technologique comme un processus permet de mettre en lumière le réseau de relations entre les fonctions possibles de la vulgarisation. La vulgarisation peut alors désigner la promotion de l'un ou l'autre aspect du développement technologique : comment les personnes se procurent les ressources nécessaires, comment sont élaborées les nouvelles technologies, ce qui peut influencer leur choix, les types d'assistance requis par une technologie donnée, comment son adoption peut être financée et encouragée, et quelles mesures de protection elle réclame ? Telles sont les questions dont les réponses permettent de dresser le schéma de transfert d'une innovation aux producteurs. La vulgarisation agricole constitue l'aval de la recherche agronomique et doit devenir, surtout dans les pays en développement, un puissant instrument d'innovation et de changement technologiques.

Les participants à l'initiative de Neuchâtel (1995), ont élaboré dans leur note de cadrage sur la vulgarisation agricole en Afrique subsaharienne, les six principes suivants :

- une bonne politique agricole est indispensable ;
- la vulgarisation est « facilitation » plus que transfert de « technologies » ;
- les producteurs sont les clients, les commanditaires et les partenaires plutôt que les bénéficiaires de la vulgarisation agricole ;
- la demande du marché induit une nouvelle relation entre les agriculteurs et les fournisseurs de biens et services ;

- de nouvelles approches sont nécessaires pour ce qui concerne le financement public et les opérateurs privés ;
- la pluralité des intervenants et la décentralisation des actions requièrent coordination et concertation entre acteurs.

1.5.2 Enjeux d'adoption du zaï-niébé

La crise systémique qui vient de toucher le secteur alimentaire à l'échelle mondiale, interpelle à plus d'un titre, tous les acteurs de la production alimentaire. Les décideurs politiques, les chercheurs, les agents de développement et les producteurs s'évertuent à employer les systèmes agricoles assurant une augmentation de la productivité durable des terres. Mais pour GRIFFON (Sciences au Sud n° 45, 2008), il y'a une équation inévitable pour l'agriculture. Il faut que les rendements augmentent car les surfaces à l'échelle planétaire sont de plus en plus limitées et dans le même temps, il faut préserver des espaces pour la biodiversité et tenir compte du fait qu'une partie faible mais notable, sera inévitablement dévolue aux biocarburants. La façon historique d'accroître les rendements avec des engrais et des produits phytosanitaires va devenir très coûteuse. Il faut donc trouver des technologies à faible coût. Au lieu de recourir systématiquement aux intrants chimiques, l'hypothèse que l'on fait est de développer l'intensification écologique c'est-à-dire l'intensification du fonctionnement des mécanismes naturels. Dans ce contexte, on parle au plan international, d'agriculture écologiquement intensive. Le CIRAD utilise le terme d'agro écologie. La fertilité biologique des sols, la protection intégrée des cultures et l'adaptation des cultures à la rareté de l'eau sont les axes prioritaires de cette alternative. Ainsi le Burkina Faso, pays à économie basée sur l'agriculture, doit s'insérer dans cette réflexion autour des nouveaux modes de gestion de la fertilité des sols. Cette nouvelle adaptation de systèmes d'utilisation des terres est la conséquence de la croissance démographique et les effets négatifs du changement climatique. Il se dégage alors l'importance et la nécessité d'étudier les avantages, les contraintes et les modalités d'adoption de la culture du niébé sous zaï ; vu que le niébé présente une capacité potentielle de restaurer les sols dégradés et de préserver leur fertilité.

Chapitre II : Présentation de la zone d'étude

2.1 Zone d'étude

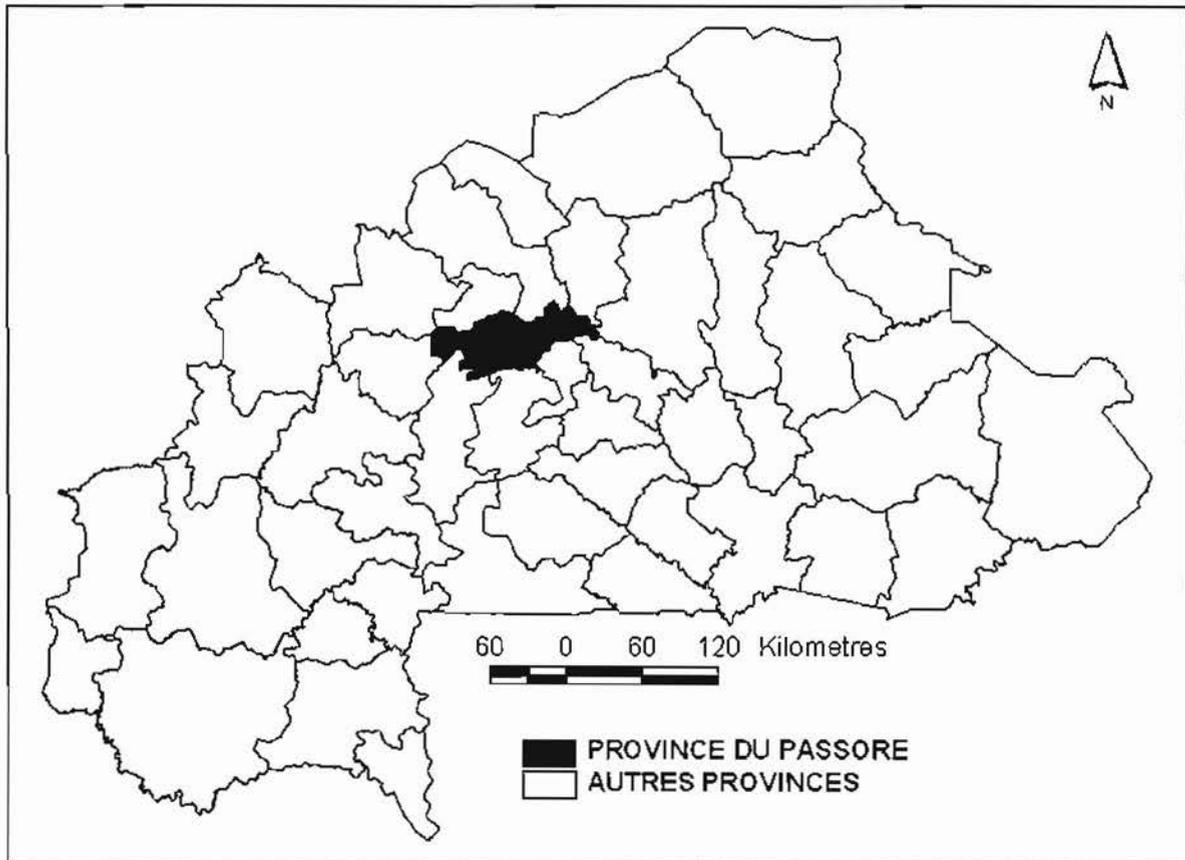
2.1.1 Généralités

Les travaux de la présente étude se sont déroulés dans le département de Gomponsom situé dans la province du Passoré à 12 km à l'est de de Yako, le chef lieu de la province. Gomposom est situé à 121 km au Nord de Ouagadougou. D'après les résultats du recensement général de la population en 2006, Gomponsom compte 18 259 habitants dont 8 323 hommes et 9 936 femmes.

Le département compte quinze (15) villages. Les villages sont dirigés par des chefs coutumiers qui sont installés par l'autorité coutumière de Gomponsom. L'incarnation et l'expression des valeurs traditionnelles ou culturelles sont assurées par ces chefs. La gestion du foncier rural dans ces villages revient à la charge des chefs des terres et des responsables des comités villageois du développement (CVD).

Les travaux se sont déroulés précisément à Pougyango, le plus grand village du département. Il est situé entre les parallèles 12° et 13° latitude Nord et les méridiens 2° et 3° longitude Ouest et est localisé sur l'axe Yako-Kaya à dix (10) kilomètres (km) à l'Est de Yako.

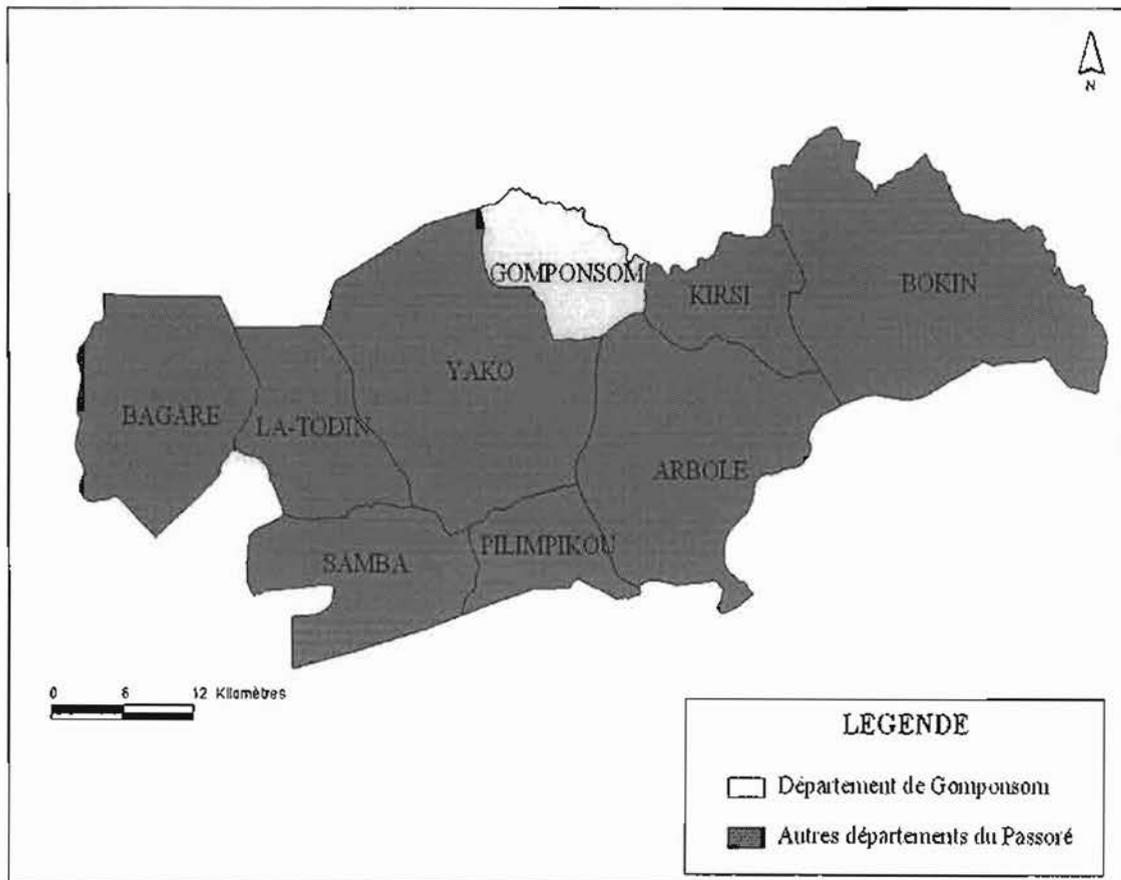
Les figures suivantes présentent la situation de la zone d'étude.



Source : BNDT PLUS (Burkina Faso)

Janvier 2009

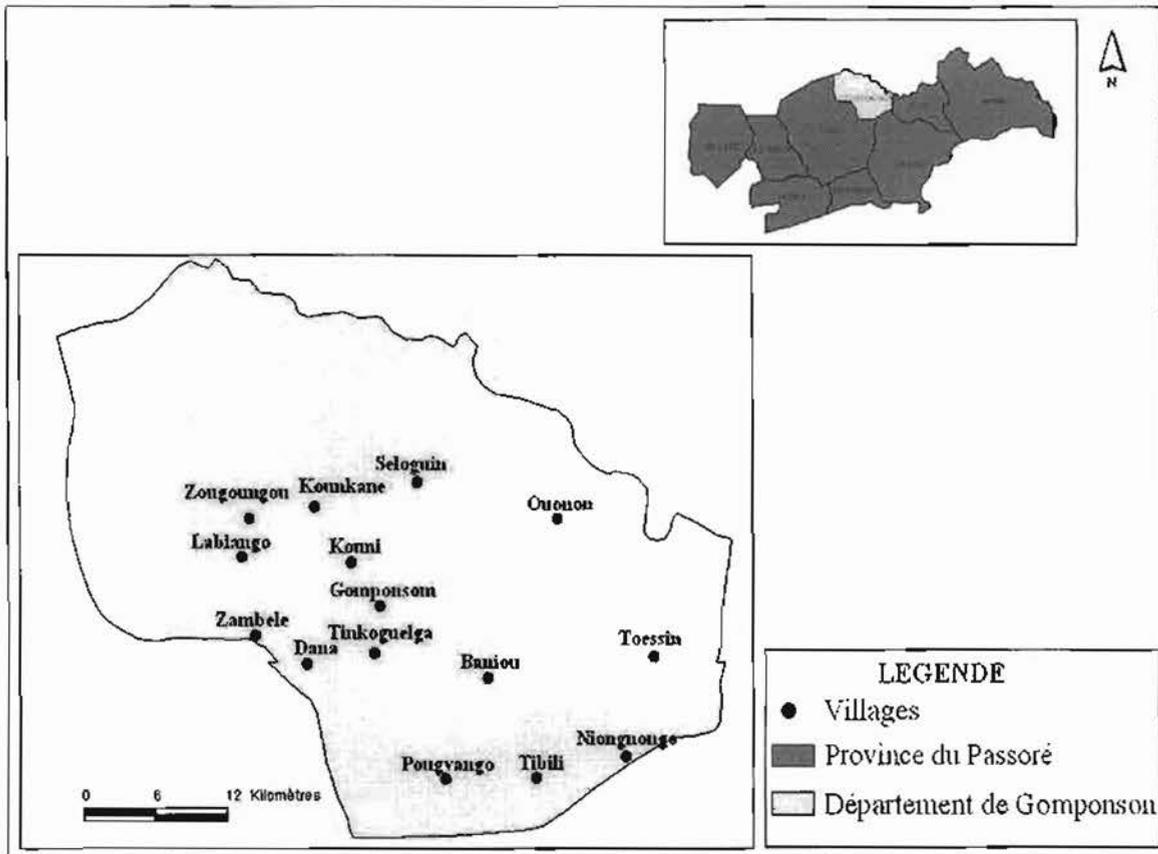
MARE B. T. Josué



Source : BNDT PLUS

Janvier 2009

MARE B. T. Josué



Source : BNDT PLUS

Janvier 2009

MARE B. T. Joné

Figure 2 : Cartes de localisation de la zone d'étude.

2.1.2 Géologie et géomorphologie.

Sur le plan géologique, les études de DUCCELLIER (1958), MAILLARY (1965), KALOGA (1968), HOTTIN et OUEDRAOGO (1975) indiquent que la province du Passoré repose sur deux ensembles géologiques :

- les roches cristallines et les formations métamorphiques du Birimien dont les plus représentées sont les migmatites et les granites indifférenciés du précambrien C.
- les formations volcano-sédimentaires et les grano-diorites du précambrien D.

Sur le plan géomorphologique, DUCCELLIER (op. cit.), KALOGA (op. cit.), BUNASOLS (1984), ZOMBRE et SOW (1989) soulignent que la région se présente sous forme d'une surface ondulée dominée de collines et de buttes cuirassées, d'altitude moyenne comprise entre trois cent (300) et cinq cent (500) mètres. Entre les collines et les bas-fonds, le modelé est un glacis réparti en trois niveaux :

- le glacis haut de pente.
- le glacis pente moyenne.
- le glacis bas de pente.

L'ensemble de la province est constitué de deux bassins versants :

- le Nakambé au Nord et Nord-est.
- le Mouhoun au Sud et Sud-est.

Ces bassins sont drainés par de petits marigots qui restent secs pendant la plus grande partie de l'année (saison sèche).

2.1.3 Sols.

Plusieurs études menées sur les ressources naturelles de la province du Passoré, ont permis d'y identifier, quatre (4) classes dominantes des sols. Celles de KALOGA (op. cit.), de BOULET (1976), du BUNASOLS (op. cit.), distinguent les classes suivantes des sols et qui sont par ordre d'importance :

- les sols à sesquioxydes de fer et de manganèse localisés sur les glacis en mi et bas de pente et sur les parties inférieures des hauts glacis. Ils sont riches en graviers ferrugineux et leur profondeur utile est souvent limitée par un horizon compact de cuirasse ou de carapace. Le taux de matière organique est faible. La texture est grossière à moyenne et la capacité de rétention en eau est faible. Leur fertilité chimique est basse.

- les sols peu évolués (notamment d'érosion) situés sur les parties supérieures des hauts glacis. Ils ont une profondeur utile variable parfois bonne, souvent limitée par la présence d'un horizon obstruant de roche saine ou en altération. Ils sont pauvres en matière organique, en azote et en phosphore et présentent une fertilité globale limitée.

- les sols minéraux bruts qui sont des sols squelettiques et superficiels, caillouteux sans base pour l'implantation des racines. Ils correspondent essentiellement aux collines rocheuses et cuirassées. Ils sont sans intérêt agricole.

- les sols brunifiés qui se sont développés sur matériaux argileux à argilo sableux hérités des roches vertes à proximité des berges des cours d'eau. La texture de ces sols est moyenne à fine ; ils ont une bonne rétention en eau ; la fertilité chimique est moyenne malgré la faible teneur en azote, en phosphore et en matière organique.

Les sols de la province du Passoré figurent parmi les plus dégradés de la frange Nord soudanienne. Une étude réalisée par KABORE (1995) à Pougyango montre que les sols dénudés occupent 15% de la superficie totale de ce village.

2.1.4 Données climatiques

La province du Passoré fait partie de la zone climatique nord soudanienne (FONTES et GUINKO, 1995). Cette zone est caractérisée par la durée relativement longue de la saison sèche qui s'étend d'octobre à mai. La saison pluvieuse courte (de juin à septembre) est caractérisée par une forte variabilité inter annuelle qui se manifeste aussi bien dans le temps que dans l'espace. La courbe de tendance indique une baisse continue de la pluviométrie, de 1983 à 1990, avec un relèvement en 1994. De 1994 à 2008, l'évolution de la pluviométrie s'est faite en dents de scie marquée par quelques années de bonne pluviométrie.

Les moyennes annuelles de l'évapotranspiration, dans la région de Ouahigouya, sont restées presque constantes (6mm) de 1983 à 2007.

La figure suivante présente l'évolution des moyennes annuelles de la pluviométrie de 1983 à 2008.

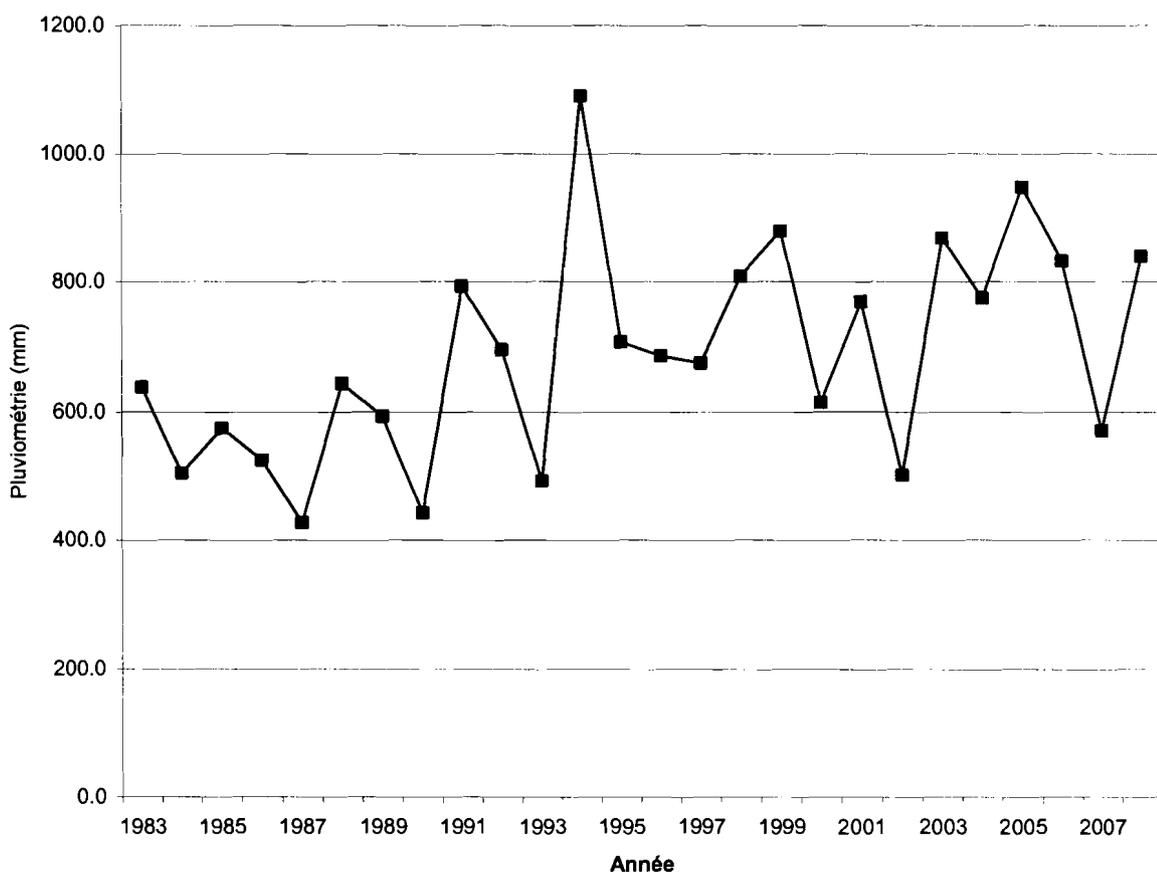


Figure 3 : Pluviométrie de Yako de 1983 à 2008.

2.1.5 Végétation

TERRIBLE (1975) cité par KABORE (1995), situait la province du Passoré dans la zone de formations ligneuses basses et herbacées. Selon le découpage en secteurs phytogéographiques réalisé par FONTES et GUINKO (1995), la province du Passoré s'intègre dans la classe de savane arborée à arbustive avec un fond floristique à base de *Combretaceae* mêlées à de nombreuses espèces indicatrices de milieux perturbés. La strate ligneuse est dominée par *Anogeissus leiocarpus* dans les milieux peu anthropisés et par *Vitellaria paradoxa* dans les milieux à forte empreinte d'occupation. En 1992, GUINKO et DIALLO estimaient à 23%, la superficie boisée (savanes boisées rituelles, savanes arbustives et lambeaux de forêts galeries) sur l'ensemble de la province.

2.1.6 Population et activités principales

Selon les résultats du recensement général de la population et de l'habitat effectué en 2006 par l'Institut Nationale de la Statistique et de la Démographie (INSD), la province du Passoré compte environ 324 421 habitants. Plus de 90% de cette population vit en milieu rural. Les principaux groupes ethniques sont :

- les mossis qui sont majoritaires ;
- les foulfouldés ;
- les foulcés.

Les principales religions sont : l'islam, l'animisme, le catholicisme et le protestantisme. Les activités les plus pratiquées par la population concernent essentiellement l'agriculture, l'élevage et le commerce. Le maraichage occupe une place de choix dans les cultures de contre saison et se pratique surtout dans les périphéries du Barrage KANAZOE.

Le système d'exploitation du terroir villageois apparaît relativement homogène dans notre zone d'étude. Ainsi, nous distinguons :

- les champs de case, les champs de village et les champs de brousse ;
- les aires de pâture, les lambeaux de forêts classées et savanes boisées sacrées.

MENTION ASSEZ BIEN

Chapitre III : Matériel et méthode d'étude

3.1 Matériel

3.1.1 Sol

Le sol utilisé est un sol totalement nu où rien ne pousse, appelé zipellé en mooré. Des études déjà entreprises (KABORE, 1995) sur un sol de type zipellé dans notre zone d'étude, ont montré que ce sol appartient, selon la classification française des sols (CPCS, 1967) à la classe des sols à sesquioxyde de fer et de manganèse, sous classe des sols ferrugineux tropicaux, groupe des sols lessivés, sous groupe des sols indurés superficiels.

3.1.2 Fertilisants

Les substrats fertilisants utilisés sont le fumier, le compost et le Burkina phosphate. Le compost utilisé est celui qui est ordinairement fabriqué par les producteurs. Il provient des déchets ménagers accumulés dans une fosse où sont versées les eaux usées. Le fumier est composé des déchets de petits ruminants. Le Burkina phosphate utilisé est le phosphate naturel finement broyé et fourni par le Projet Burkina phosphate. Son utilisation se justifie par une carence originelle en phosphore des sols du Burkina Faso (COMPAORE et al. 2001). Les teneurs en azote et en matière organique des substrats fertilisants et la composition chimique du Burkina phosphate sont données dans les tableaux 1 et 2 ci-après.

Tableau 1 : Composition chimique du compost et du fumier.

Amendements	Compost	Fumier
Carbone total (en %)	6.53	25
Azote total (en %)	0.56	1.33
Rapport C/N	11.66	18.79

Tableau 2 : Composition chimique du Burkina phosphate.

Eléments minéraux	Burkina phosphate
Carbone total (en %)	0.03
Phosphore (P ₂ O ₅) total (en %)	25.43
Potassium (K ₂ O) total (en %)	0.3
Calcium (CaO) total (en %)	10.61

Source : Projet phosphate.

3.1.3 Matériel végétal

Deux types de matériel végétal ont été utilisés au champ et en pots:

- la variété K VX 61-1 de niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). En culture pure son cycle semis-maturité est de 70 jours avec un rendement moyen en niébé grain de 1,5t ha⁻¹. C'est une variété vulgarisée en raison de ses potentialités agronomiques.
- la variété ICSV 1049 du sorgho (*Sorghum bicolor* (L.)). Son cycle semis-maturité est compris entre 110 et 120 jours. Son rendement grain moyen en milieu paysan est de 1 à 1,5t ha⁻¹. Les semences ont été acquises auprès de l'INERA (Station de Kamboinsé pour le niébé et celle de Saria pour le sorgho). Les fiches techniques des espèces végétales sont données dans les annexes 4 et 5.

3.2 Méthodes

3.2.1 Dispositifs expérimentaux

3.2.1.1 Essai au champ

Nous avons bénéficié pour notre étude d'un essai agronomique installé depuis la campagne agricole 2005-2006. La superficie totale de l'essai au champ est de 1665 m² et le dispositif expérimental est en blocs totalement randomisés avec 3 répétitions (blocs).

Les parcelles élémentaires sont d'une superficie de 20 m² et sont séparées par des allées de 1 m. Les répétitions ou blocs sont distantes de 5 m. L'écart entre les poquets mesure 0,5 m sur les lignes et entre les lignes. Le nombre de poquet par parcelle élémentaire est de 99 et le nombre total des poquets s'élève à 3564.

Une diguette antiérosive formée de cordon pierreux a été aménagée en amont pour freiner le ruissellement.

Au nombre de 6, les traitements appliqués sont constitués comme suit :

TA : Témoin absolu.

ZS : Zaï simple.

ZC : Zaï + compost à 3t/ha (soit 62g/poquet).

ZF : Zaï + fumier à 3t/ha (soit 62g/poquet).

ZCP : Zaï + compost à 3t/ha (soit 62g/poquet) + Burkina phosphate à 2t/ha (soit 40,5g/poquet).

ZFP : Zaï + fumier à 3t/ha (soit 62g/poquet) + Burkina phosphate à 2t/ha (soit 40,5g/poquet).

Les poquets zaï ont été creusés selon un rayonnage croisé et ont un diamètre d'environ 25 cm sur une profondeur d'environ 15 cm. Les parcelles témoins et celles traitées au zaï ont été semées à la même densité (0,5m x 0,5m). Le nombre de pieds par poquet est de 2 après démariage. Le semis des parcelles a eu lieu le 16 juillet 2008. Le schéma du dispositif expérimental est joint en annexe 2.

3.2.1.2 Essai en vase de végétation

Un essai en vase de végétation a été conduit sous serre dans le centre IRD à Ouagadougou selon un dispositif en blocs totalement randomisés avec 3 répétitions (blocs) :

Les traitements appliqués dans les pots de terre sont :

TA : Témoin Absolu.

C : Compost à 3t/ha (soit 62 g/pot).

F : Fumier à 3t/ha (soit 62g/pot).

CP : Compost à 3t/ha (soit 62g/pot) + Burkina phosphate à 2t/ha (soit 40,5g/pot).

FP : Fumier + Burkina phosphate à 3t/ha (soit 62g/pot) + Burkina phosphate à 2t/ha (soit 40,5g/pot).

Le plan de l'essai sous serre est joint en annexe 3. La terre utilisée provient du sol dégradé situé dans les pourtours immédiats de l'essai au champ, (site de Pougyango) ; elle a été prélevée dans la couche 0-10 cm du sol. L'échantillon a été séché à l'air libre, puis tamisée à 2 mm.

Des pots plastiques d'une capacité d'un litre ont été utilisés. Ces pots ont été percés de trous pour permettre le drainage du sol. Une aliquote d'un kg de terre a été pesée et versée dans chaque pot. Le semis a été effectué en raison de 4 graines par pot. Une semaine après la levée un démariage a été effectué, laissant 2 pieds/pot (sorgho seul) et 4 pieds/pot (sorgho en association avec le niébé). Les plants ont été arrosés deux fois par jour à la capacité au champ. La récolte a eu lieu 45 jours après le semis et les paramètres suivants ont été mesurés :

- la nodulation du niébé
- la matière sèche produite (racines et feuilles)

3.2.2 Description et caractérisation des sols

Quatre (04) fosses pédologiques ont été ouvertes autour de l'essai. Elles ont été décrites ainsi que leur environnement selon les directives FAO de description des sols. Une description des états de surface a été également faite.

3.2.3 Prélèvement des échantillons

Les échantillons de sol ont été prélevés après la récolte de la troisième année. Le prélèvement a concerné la couche 0-10 cm du sol selon deux sites dans chaque parcelle à savoir le poquet et l'inter poquet. Suivant la diagonale de la parcelle, 3 prélèvements élémentaires sont faits par site. Un échantillon composite est ensuite constitué par site de prélèvement et par parcelle en rassemblant les trois prélèvements élémentaires.

3.2.4 Préparation des échantillons

Les échantillons de sol et les substrats organiques (fumier et compost) ont d'abord été séchés à l'air libre. Ces échantillons de sol ont été ensuite tamisés à l'aide d'un tamis à maille de 2 mm pour séparer le refus de la fraction fine. La fraction fine et le refus du sol ont été ensuite pesés pour évaluer le taux de refus. Une aliquote de 50 g de la fraction fine de terre a été prélevée dans chaque échantillon, puis broyée à 0,5 mm pour les analyses chimiques (C et N). Les substrats organiques ont été broyés après à 2mm (pour le dosage du carbone) puis à 0.5 mm pour le dosage de l'azote total...

3.2.5 Analyses physiques, chimiques et biologiques

Les mesures portant sur le taux de refus, la granulométrie, la respirométrie et le pH, ont été effectuées au laboratoire d'agro écologie du centre IRD de Ouagadougou. La méthode internationale (pipette Robinson) est employée pour la détermination de la granulométrie (5 fractions).

La mesure du pH a été faite à l'aide d'un pH-mètre numérique portable muni d'une sonde avec un rapport sol/solution de 1 : 2.5. L'appareil est de marque HANNA.

La respirométrie a été mesurée à l'aide d'un analyseur numérique de CO₂ de marque DRAGER et muni de seringues. L'opération consiste à prélever 3 g dans chaque échantillon de sol. Dans chacun des échantillons prélevés, on ajoute 0,5 ml d'eau déminéralisée puis les échantillons sont incubés dans une étuve à 28°C. Les analyses du CO₂ dégagé sont faites au 3^{ème} et au 7^{ème} jour après l'incubation.

Le carbone et l'azote totaux ont été dosés au BUNASOLS. La mesure du carbone total a été faite selon la méthode de Walkley et Black et celle de l'azote total selon la méthode Kjeldahl. En ce qui concerne la méthode de Walkley-Black, le sol dont la prise d'essai est inférieure à 10g est soumis à une oxydation à froid par une solution normale de 10 ml de bichromate de potassium (K₂CrO₇) en excès et en présence d'acide sulfurique (H₂SO₄). L'excès de bichromate est dosé par une solution de sel de Mohr FeSO₄ (NH₄)₆ en présence de

diphénylamine. On obtient alors la quantité de bichromate réduite par différence entre le volume de sel de Mohr utilisé pour un échantillon blanc et celui de l'échantillon analysé. L'oxydation du carbone n'étant pas complète, le résultat est corrigé par le facteur 1,33.

Pour la détermination du taux d'azote selon la méthode Kjeldahl, les échantillons ont été soumis à une minéralisation sous l'effet de H_2SO_4 et de $C_7H_6O_3$ en présence de H_2O_2 et du sélénium utilisé comme catalyseur. Après cette minéralisation, la solution aqueuse est mélangée à du carbone actif. Les éléments azote sont directement déterminés à l'analyseur. Ces méthodes utilisées sont détaillées dans le document technique n° 3 du BUNASOLS (1987).

3.2.6- Mesure de la capacité au champ

La capacité au champ (CAC) du sol de l'essai de Pougyango est déterminée avant la mise en route de l'essai en pot. Le fond du pot est troué et fermé avec une grille moustiquaire en nylon de maille inférieure à 2 mm. Le poids sec P_s est déterminé. Ensuite, la terre a été saturée d'eau et on a laissé le pot de terre se ressuyer pendant 24h. Le poids humide P_h est ainsi déterminé. En appliquant la formule $CAC = (P_h - P_s) / P_s$, la capacité au champ est de 0,250 kg d'eau par kg de terre sèche ou 25%.

3.2.7- Mesure de rendements de l'essai au champ

Les rendements en gousses, en graines récoltées ainsi que la fane sèche produite du niébé ont été évalués en fonction des traitements. En ce qui concerne le sorgho, les rendements (MS) en épis et en paille ont été également mesurés pour les différents traitements.

3.2.8 Enquêtes

Une fiche d'enquête a été élaborée. Elle comporte quatre vingt onze (91) questions ouvertes, semi-ouvertes et fermées. Cette fiche a été conçue pour permettre de recueillir auprès des producteurs, les contraintes et les avantages de l'adoption du zaï-niébé. La rédaction du questionnaire d'enquête a été faite après des sorties effectuées sur le terrain de l'étude. Nous avons également consulté des services d'appui à la vulgarisation agricole (DPA, PDRD, Groupement Naam) et des documents sur les travaux déjà entrepris dans notre zone d'étude. Elle s'est déroulée dans les 13 villages de Gomponsom à travers un échange direct et a porté en moyenne sur 8 chefs d'unités de production familiale par village soit un total de 101

personnes auditionnées. Ces chefs d'unités familiales ont été choisis au sein des organisations des producteurs (OP) sur la base des critères liés à l'assiduité et à la participation aux différentes instances des OP.

3.2.9 Analyses des données.

Les graphes et les courbes ont été réalisés grâce au logiciel Excel tandis que le traitement des données d'enquête et l'analyse statistique des données recueillies des essais ont été faits à l'aide du logiciel SPSS (version 15).

Chapitre IV : Résultats et discussions

4.1 Caractérisation morphologique des sols du site

La description des fosses pédologiques et leur environnement permet de mettre en évidence les caractéristiques physiques (cf. tableau n°3) des sols du site.

La profondeur utile de ces sols est limitée par une carapace ou une cuirasse entre 18 et 26 cm de profondeur (18 à 26 cm). La cuirasse ferrugineuse est souvent affleurante. Ces sols sont caractérisés par une ségrégation du fer avec des oxydes de fer (concrétions) pouvant atteindre 50% dans l'horizon adjacent à la carapace ou la cuirasse. La structure est massive à peu développée avec une consistance souvent dure. La texture témoigne de la prépondérance des limons. La porosité même si elle existe est caractérisée par des pores très fins. La surface du sol présente quasi exclusivement une croûte de battance avec quelque fois un épandage de graviers ferrugineux. Sur ces sols se maintient péniblement une savane très dégradée, avec quelques individus d'*Anogeissus leiocarpus*, *Combretum glutinosum* et *Lanea microcarpa*. Ces sols ont été classés selon les normes de la CPCS (1967), comme des sols ferrugineux tropicaux lessivés indurés superficiels ou peu profonds. Selon la WRB (FAO, 1998), ces sols sont des leptosols plintiques ou pétroplintiques.

Tableau 3: Caractéristiques physiques des sols du site d'étude

N° fosse	Profondeur utile (cm)	Structure	Texture de surface	Porosité	Charge graveleuse	Consistance
1	18	Massive à faiblement développée polyédrique subanguleuse grossière	Limon argileux	Nombreux pores très fins et fins	2-5% graviers ferrugineux	Très dure à Extrêmement dur
2	26	Faiblement développée moyenne et grossière, polyédrique subanguleuse	Limon argileux	Nombreux pores fins et très	30%-50% graviers ferrugineux;	Peu dure
3	24	Faiblement développée grossière et moyenne, polyédrique subanguleuse	Limon argileux	Nombreux pores moyens fins et très fins	20-40% graviers ferrugineux;	Friable
4	22	Massive à faiblement développée grossière, polyédrique subanguleuse	Limon argileux	Assez nombreux pores très fins et fins	5% graviers ferrugineux	Dure

Il apparaît très clairement que ces sols décrits présentent de grosses contraintes physiques à la production agricole. La profondeur utile est très faible à faible (carapace ou cuirasse + charge graveleuse) et n'offre pas une bonne base d'enracinement aux cultures. La croûte de battance et la porosité médiocre ne permettent pas une bonne infiltration des eaux de pluie et le profil hydrique ne peut pas être favorable sans aménagement. Malheureusement ce type de sols est assez largement représenté dans la zone d'étude (57,12%, BUNASOLS, 1992). Ces sols du site sont très fortement perturbés et ont atteint une limite extrême de dégradation. Ces sols totalement nus, à valeur agronomique nulle ne peuvent pas être exploités sans technique adaptée.

4.2 Effets des traitements sur les paramètres physiques du sol

4.2.1 Taux de terre fine

Les résultats obtenus après tamisage montrent de façon générale que la moyenne des taux de terre fine dans les poquets niébé (66%) est supérieure à celle des interpoquets (50%) ainsi que le témoin absolu (49%). Les poquets sorgho ont également enregistré des taux en terre fine (58%) plus élevés que les taux obtenus dans les interpoquets (49%). Le témoin absolu sorgho a enregistré le plus faible taux en terre fine (45%). Le taux en terre fine du témoin absolu niébé (49%) est supérieur à celui du témoin absolu sorgho (45%). La moyenne générale des taux de terre fine des poquets niébé et sorgho est de 62% tandis que celle des témoins absolus vaut 47%.

En assimilant les poquets zaï à une moitié d'une sphère de 25 cm de diamètre, on peut évaluer la quantité de terre fine des poquets. En effet on sait que le volume (V) d'une sphère vaut : $V = 4/3\pi r^3$ avec r = rayon de la sphère.

$V = 4 \times 3.14 \times (12.5)^3 / 3 \rightarrow V = 8177.08 \text{cm}^3$. En divisant par 2, on obtient V_p comme volume d'un poquet.

$V_p = 8177.08 / 2 \rightarrow V_p = 4088.54 \text{cm}^3$. Ainsi le volume total V_t de poquets pour une parcelle élémentaire vaut :

$V_t = 4088.54 \times 99 \rightarrow V_t = 404765.46 \text{cm}^3$.

Dans le cas présent de la mise en valeur du zipellé (sol totalement dégradé) par la pratique du zaï, déterminons relativement à cette méthode du zaï, le pourcentage de gain de terre fine (Gt) mobilisée dans les poquets par rapport au témoin absolu : $Gt = 62\% - 47\% \rightarrow Gt = 15\%$.

En prenant la valeur 1.6 comme densité apparente de terre fine dans les poquets, on détermine la quantité de terre fine Q_t qu'on n'aurait pas pu mobiliser sur les parcelles élémentaires sans la mise en œuvre de la technique du zaï : $Q_t = V_t \times d \times Gt$ avec "d" comme densité apparente du sol exprimé en g/cm^3 , on obtient donc :

$Q_t = 404765.46 \times 1.6 \times 0.15 \rightarrow Q_t = 97143.71 \text{g}$ soit 97.143kg de terre pour une superficie de 20m^2 .

Par extrapolation, la quantité totale de terre fine (QT) mobilisée par hectare (ha) à l'aide de la technique du zaï vaut :

$QT = (97.143 \text{kg} \times 10^4 \text{m}^2) / 20 \text{m}^2 \rightarrow QT = 48571.5 \text{kg}$ soit 48.57t de terre fine.

Les figures 4 et 5 présentent les résultats observés :

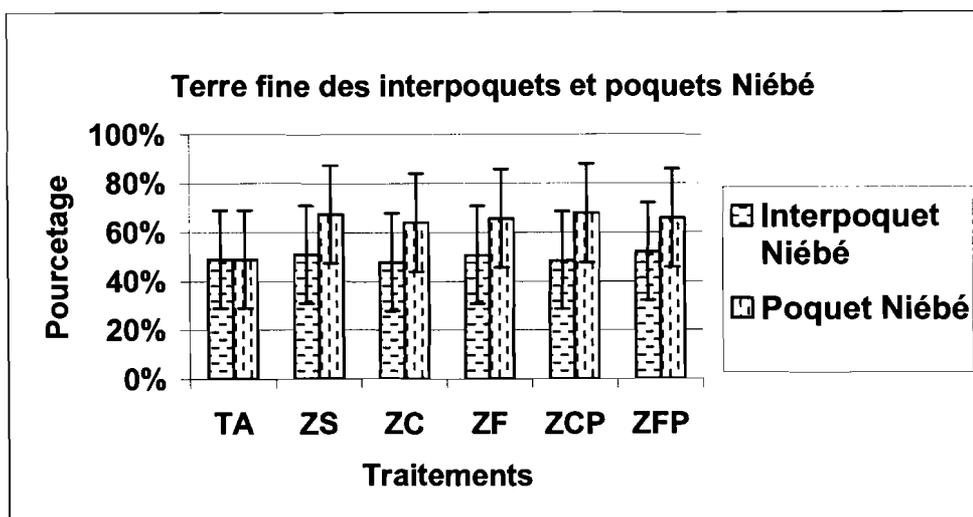


Figure 4 : Proportion en terre fine des inter poquets et poquets niébé

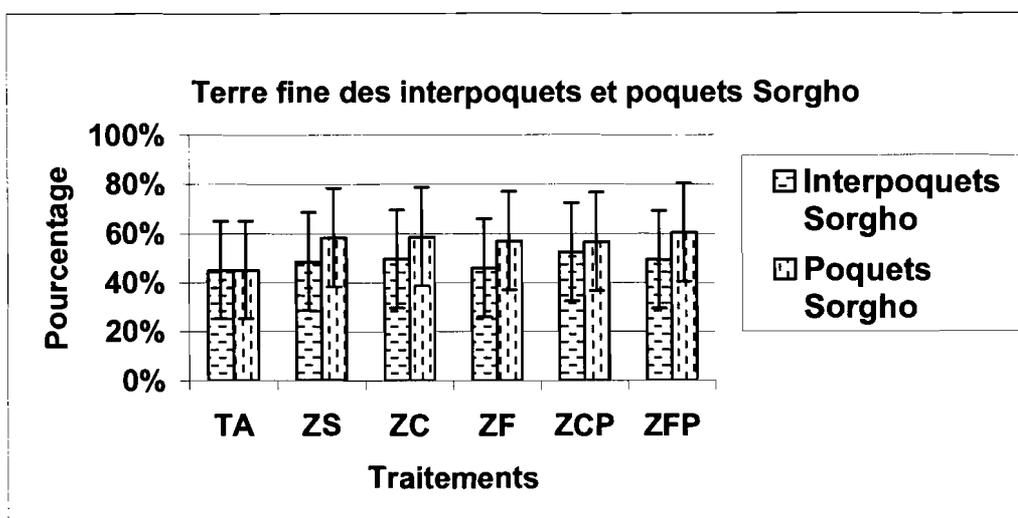


Figure 5 : Proportion en terre fine des inter poquets et poquets sorgho

4.2.2 Granulométrie

Les résultats montrent qu'on a les mêmes taux d'argile (20,76%) dans les poquets niébé et les poquets sorgho. Ce taux d'argile enregistré dans les poquets est supérieur au taux d'argile des interpoquets de sorgho tout comme du niébé. Le traitement Témoin absolu a enregistré le plus faible taux d'argile avec le Sorgho (16,77%). Il existe très peu de différence entre les valeurs du taux d'argile, observées dans les interpoquets niébé et les interpoquets sorgho. Il en est de même pour les taux d'argile entre les témoins absolus. En ce qui concerne le limon fin, la tendance générale évolue dans le même sens que celle de l'argile. Le taux élevé de limon fin (42,68%), s'exprime dans les poquets du niébé et du sorgho. Quant au limon grossier, le plus bas taux est observé dans les poquets du sorgho (5,71% contre 6,09%

dans les poquets niébé). S'agissant des sables, les valeurs sont restées homogènes entre les mêmes sites de prélèvement et entre les mêmes traitements. La figure 6 présente les résultats observés.

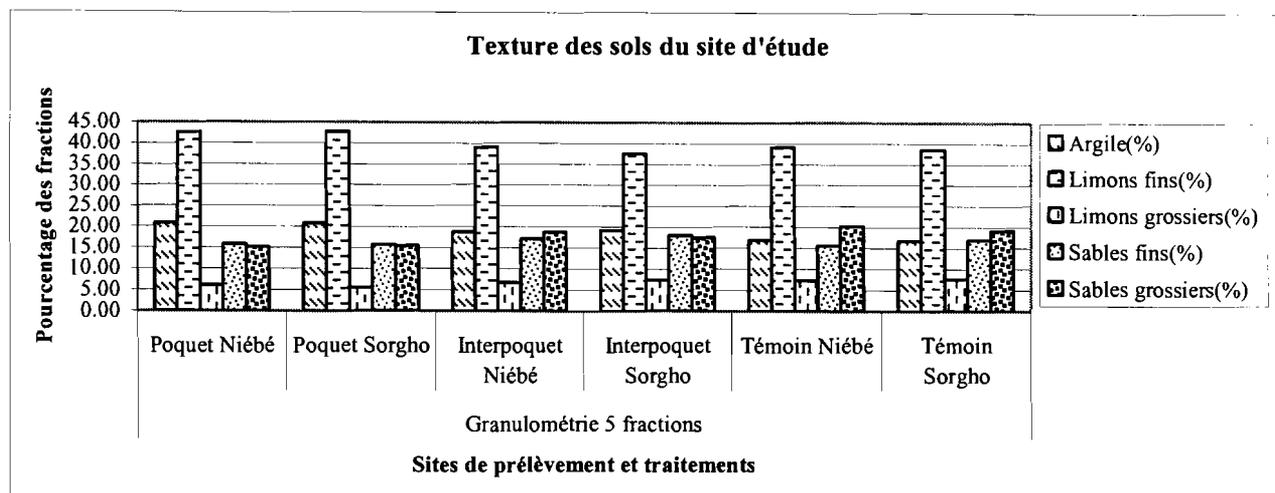


Figure 6 : Texture des sols du site

4.2.3 Discussion

Les résultats enregistrés montrent une évolution de quelques paramètres physiques en fonction des traitements appliqués au sol. En ce qui concerne les résultats sur la proportion de terre fine, les bénéfices tirés des poquets du zaï conjugués aux effets positifs des feuilles du niébé qui couvrent mieux le sol, réduisant le transport des éléments fins par l'érosion hydrique, expliqueraient l'obtention d'une moyenne en terre fine des poquets niébé supérieure à celle obtenue dans les poquets sorgho. Le rôle des feuilles du niébé dans la réduction de l'érosion hydrique des sols est bien perceptible en observant le taux de terre fine de témoin absolu niébé qui est supérieur à celui de sorgho. Les résultats observés sur la texture du sol sont beaucoup plus liés aux effets bénéfiques des techniques du zaï, qu'au type du matériel végétal utilisé (écart significatif entre témoin absolu et zaï simple). Le manque d'amendement dans les poquets zaï simple a limité le développement du niébé dont les feuilles n'ont pas pu convenablement couvrir le sol. De tout ce qui précède, il convient donc de reconnaître avec ROOSE et *al.* (1993), qu'en améliorant la rugosité de la surface du sol, le zaï permet de ralentir la vitesse du vent, de réduire la force du ruissellement, de capter des graines, des débris organiques et des particules fines et de rétablir simultanément un système agro-sylvo-pastoral buissonnant.

4.3 Effet des traitements sur les paramètres chimiques et biologiques du sol

4.3.1 Effet sur le carbone

Les figures 7 et 8 présentent les différents résultats. Les taux du carbone observés de façon générale dans les interpoquets sorgho sont plus élevés que ceux enregistrés dans les interpoquets niébé. Le traitement Zaï + Compost appliqué au Sorgho, donne le taux du carbone le plus élevé (2,67%) tandis que le plus faible taux de carbone s'observe dans l'interpoquet sorgho traité au Zaï simple (ZS) (2,35%). Il n'y a pas de différence entre les teneurs en carbone obtenues sur les parcelles traitées comme témoins absolus.

Les taux du carbone dans les poquets sont quasi uniformes, avec cependant un très léger avantage qui revient aux poquets niébé. Le taux le plus élevé du carbone est cependant enregistré sur la parcelle du sorgho traitée au Zaï + Fumier + Phosphate (3,02%) contre 2,99% obtenu chez le niébé avec le même traitement.

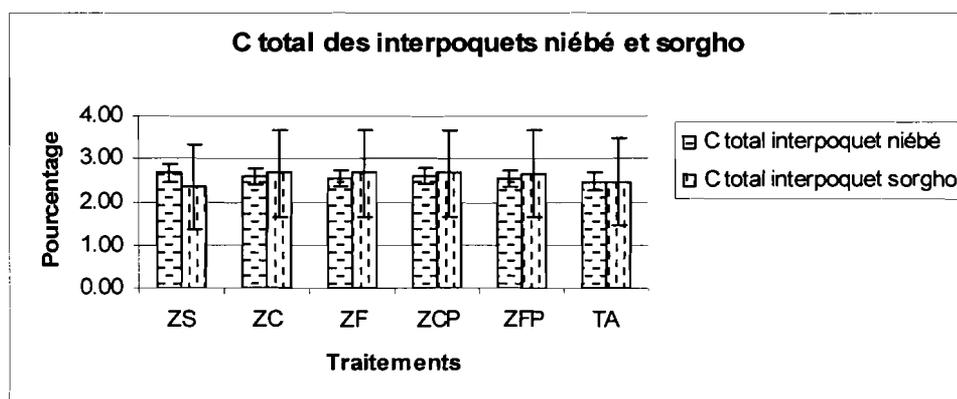


Figure 7 : Teneurs en carbone des interpoquets.

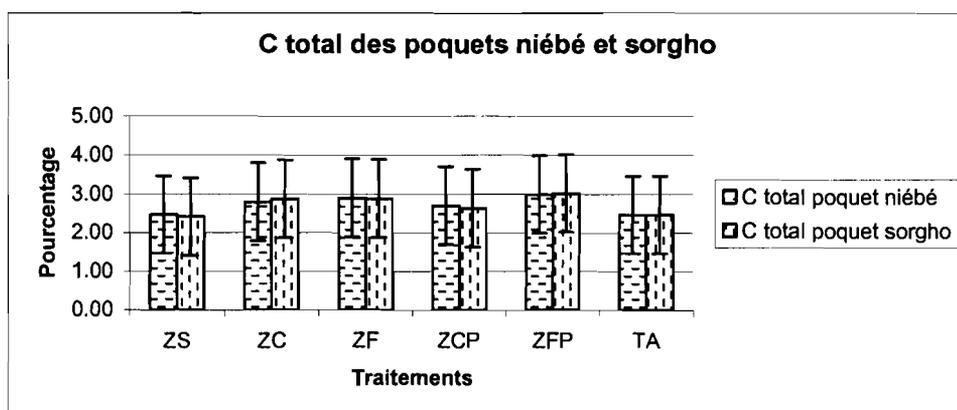


Figure 8 : Teneurs en carbone des poquets.

4.3.2 Effet sur l'azote

Les taux d'azote enregistrés dans les interpoquets niébé, y compris le témoin absolu, sont supérieurs à ceux enregistrés dans les interpoquets sorgho de façon générale. La plus faible valeur (0,17%) s'observe sur l'interpoquet sorgho des parcelles traitées au Zaï + Compost + Phosphate et le témoin absolu. La plus forte valeur (0,19%) est enregistrée dans les interpoquets des parcelles semées au niébé et traité au Zaï + Fumier.

Dans les poquets, l'évolution du taux de l'azote donne encore un avantage aux poquets des parcelles semées en niébé. On observe seulement une particularité où il y a une égalité des valeurs observées sur les parcelles du sorgho et du niébé traitées au Zaï + Compost + Phosphore. La plus faible valeur et la plus forte valeur s'observent respectivement dans les poquets de la parcelle semée au Sorgho et traitée au Zaï simple (0,15%) et dans ceux de la parcelle semée en niébé et traitée au Zaï + Fumier + Phosphate (0,22%). Les figures 9 et 10 présentent les différentes observations.

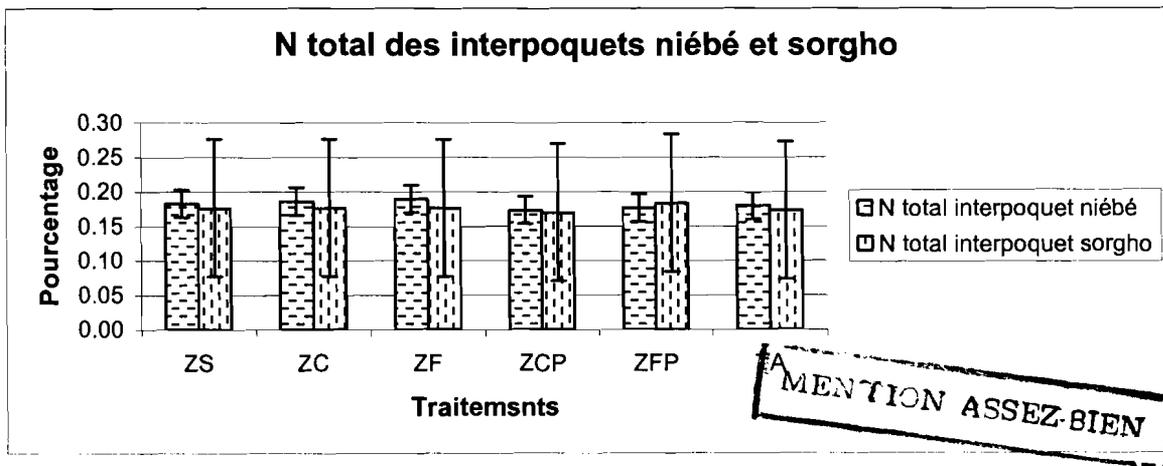


Figure 9 : Teneurs en azote dans les interpoquets.

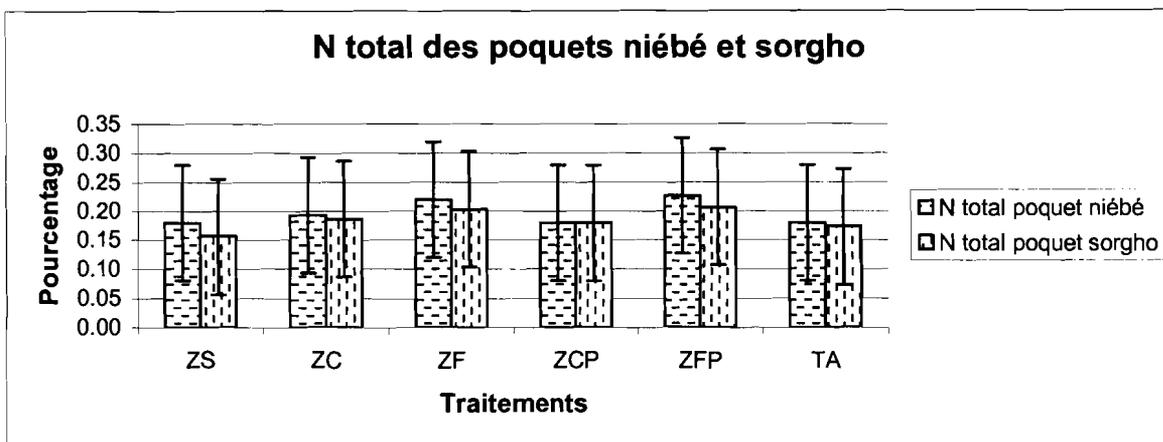


Figure 10 : Teneurs en azote dans les poquets

4.3.3 Effet sur le rapport C/N

Les rapports C/N observés sont plus bas dans les interpoquets niébé ainsi que chez le témoin absolu niébé en comparaison aux valeurs qu'indiquent les interpoquets sorgho. La plus haute valeur C/N est observée dans l'interpoquet Sorgho (16) avec le traitement Zaï + Compost + Phosphate tandis que la valeur la plus petite s'observe dans l'interpoquet Sorgho (13,3) avec le traitement Zaï + simple.

Dans les poquets, la tendance générale des valeurs C/N évolue dans le même sens que dans les interpoquets, c'est-à-dire que les C/N des poquets niébé sont plus bas. La plus petite valeur est enregistrée dans le poquet du niébé (12,66) et avec le traitement Zaï + Fumier. La valeur la plus élevée (15,66) se présente dans les poquets du sorgho traités au Zaï + Compost. Les figures 11 et 12 présentent les différents résultats.

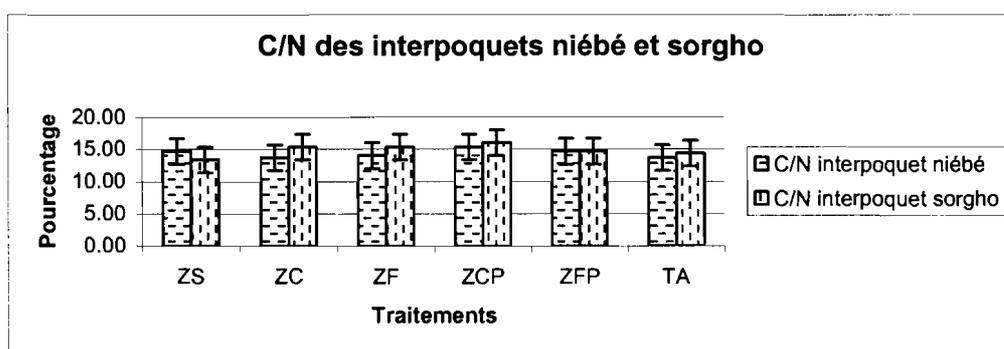


Figure 11 : Rapport C/N des interpoquets

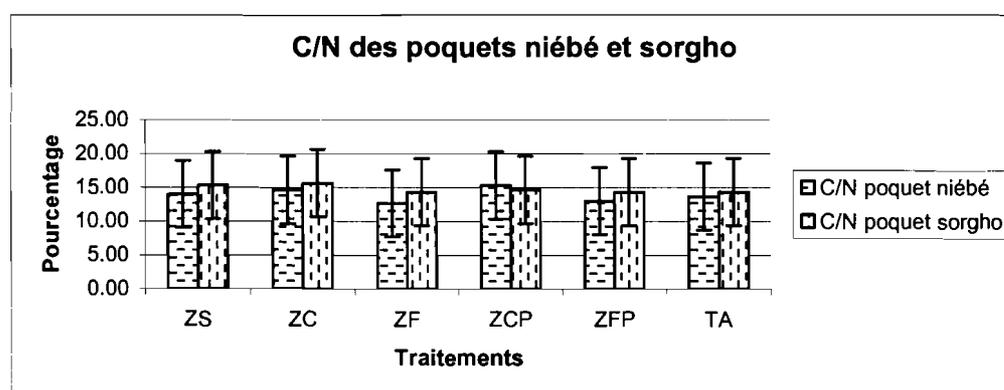


Figure 12 : Rapport C/N des poquets

4.3.4 Résultats discutés des campagnes 2006-2007 et 2007-2008

Les résultats des deux campagnes portant sur la matière organique total, le carbone total, l'azote total et le rapport C/N ont été comparés. En effet l'observation des taux moyens de carbone montre des valeurs enregistrées dans les poquets du niébé supérieures aux valeurs de carbone total des interpoquets de traitements correspondants. Les taux moyens de carbone

des poquets niébé ont atteint les valeurs maximales de 3,08% en 2007 et de 3,00% en 2008 avec le traitement Zaï + Fumier + Phosphore. Particulièrement le traitement Zaï simple a enregistré un taux moyen de carbone des interpoquets niébé supérieurs aux valeurs observées dans les poquets au cours des deux années d'expérimentation. Par contre, les taux moyens de carbone des interpoquets et poquets sorgho des deux années d'essai, ont évolué en dents de scie. L'efficacité du traitement Zaï + Fumier + Phosphore est restée constante. Les effets bénéfiques de ce traitement ont permis d'enregistrer dans les poquets sorgho, des valeurs optimales en carbone de 3,11% en 2007 et de 3,02% en 2008. Cette évolution en dents de scie des valeurs moyennes de carbone s'expliquerait par les effets néfastes de l'érosion hydrique qui se manifeste dans une moindre mesure à l'intérieur de l'essai et entraînant la migration des éléments.

En ce qui concerne les taux moyens MO total, on sait que la MO total (%) et le carbone total (%) sont liés par le coefficient multiplicateur de 1,72 sur un sol cultivé c'est-à-dire que $MO (\%) = 1,72 \times C (\%)$. Par conséquent les taux moyens de MO total évoluent dans le même sens que ceux de carbone total. Les taux moyens de carbone totaux sont restés très favorables dans les poquets du niébé et du sorgho pour le traitement ZFP.

Les teneurs en azote total dans les poquets niébé restent supérieurs aux valeurs observées sur les interpoquets pour la campagne 2008, mais pour celle de 2007, cette tendance n'est pas toujours respectée. Dans les poquets et interpoquets sorgho, les valeurs obtenues en 2008 confirment encore l'efficacité du traitement Zaï + Fumier + Phosphore et montrent l'influence positive du niébé dans l'enrichissement du sol en azote. Les résultats présentent qu'au cours des deux campagnes, la teneur en azote pour le traitement ZFP est en progression dans les poquets niébé tandis qu'elle régresse dans les poquets sorgho d'où une baisse progressive des valeurs C/N des poquets niébé. Les valeurs de l'azote dans les interpoquets niébé sont restées progressives et très favorables. Le tableau n°4 présente les résultats comparés des deux campagnes.

Tableau 4: Résultats des analyses chimiques des deux campagnes.

Traitements	C total (%)		N total (%)		C/N	
	Campagne 06_07	Campagne 07_08	Campagne 06_07	Campagne 07_08	Campagne 06_07	Campagne 07_08
iNZC	2,62	2,60	0,21	0,19	13,00	13,67
iNZCP	2,49	2,58	0,27	0,17	11,33	15,33
iNZF	2,46	2,55	0,25	0,19	10,00	14,00
iNZFP	2,67	2,54	0,24	0,18	12,00	14,67
iNZS	2,40	2,66	0,24	0,18	11,00	14,67
iSZC	2,67	2,67	0,17	0,18	16,00	15,33
iSZCP	2,55	2,67	0,24	0,17	12,67	16,00
iSZF	2,58	2,66	0,23	0,18	13,67	15,33
iSZFP	2,57	2,65	0,18	0,18	15,00	14,67
iSZS	2,60	2,36	0,26	0,18	11,00	13,33
NTA	2,59	2,47	0,27	0,18	11,33	13,67
pNZC	2,71	2,80	0,20	0,19	13,67	14,67
pNZCP	2,69	2,70	0,25	0,18	12,33	15,33
pNZF	2,82	2,91	0,26	0,22	12,67	12,67
pNZFP	3,08	3,00	0,20	0,23	16,00	13,00
pNZS	2,30	2,47	0,24	0,18	10,67	14,00
pSZC	2,93	2,87	0,18	0,19	16,33	15,67
pSZCP	2,77	2,64	0,17	0,18	17,00	14,67
pSZF	3,16	2,89	0,24	0,20	14,67	14,33
pSZFP	3,11	3,02	0,29	0,21	12,00	14,33
pSZS	2,57	2,41	0,24	0,16	12,00	15,33
STA	2,55	2,47	0,26	0,17	11,00	14,33

NB : i = interpoquet ; p = poquet ; N = Niébé ; S = Sorgho

4.3.5 Effet sur la nodulation du niébé

La formation des nodules est une étape importante dans l'association symbiotique entre la légumineuse et les bactéries (rhizobiums) fixatrices d'azote. C'est au sein de ces nodosités qu'a lieu la transformation de l'azote atmosphérique en ammoniac (NH₃). L'évaluation de la nodulation du niébé en fonction des traitements présente des résultats assez variés. Ainsi pour le niébé non associé au sorgho, la nodulation s'est bien exprimée avec le traitement Fumier + Phosphate (22 nodules), suivi du traitement au Compost + Phosphate (17 nodules). La plus faible nodulation a été observée avec les traitements Témoin absolu et le

Compost (2 nodules). En ce qui concerne la nodulation du niébé associé au sorgho, elle est moins bien exprimée comparativement à celle du niébé seul. Mais la meilleure nodulation est toujours observée avec le traitement Fumier + Phosphate (4 nodules). La figure 13 présente le résultat sur la nodulation du niébé de l'essai en vase de végétation en fonction des traitements.

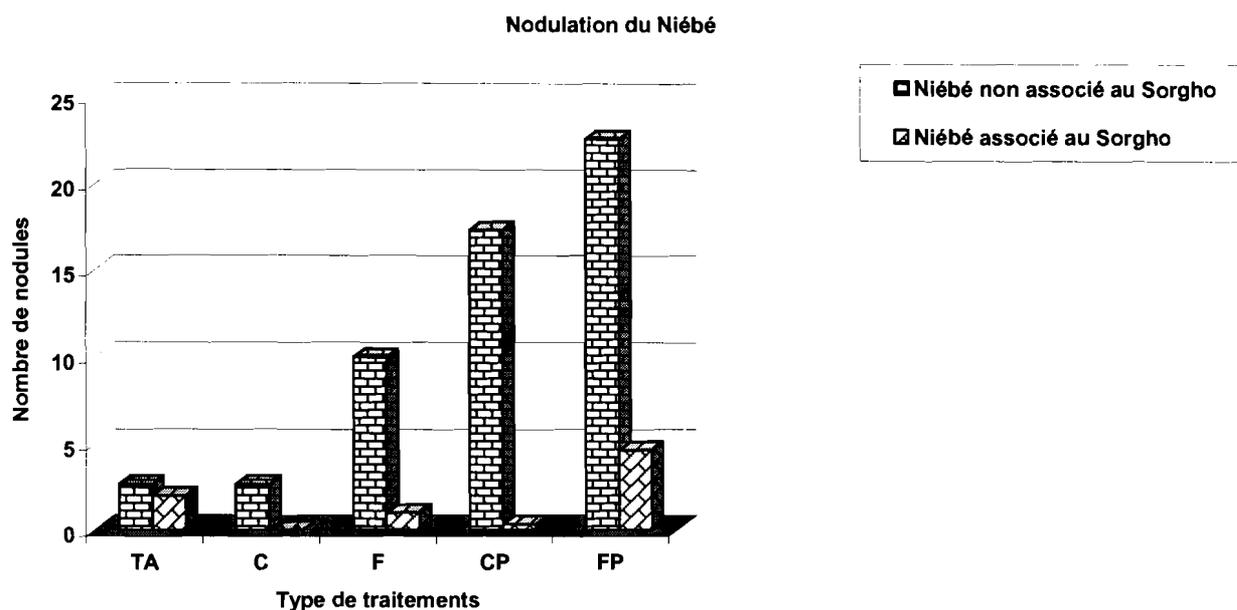


Figure 13 : Nodulation du niébé

4.3.6 Effet sur le pH eau

D'une manière générale, les pH eau des interpoquets sorgho sont plus élevés que les pH eau enregistrés dans les interpoquets niébé. Les valeurs de pH eau observées entre les interpoquets niébé montrent la valeur de pH eau la plus élevée (5.30) obtenue avec le traitement Zaï + Fumier + Phosphate (ZFP). Entre les interpoquets sorgho, l'optimum du pH eau est atteint avec le même traitement c'est-à-dire le Zaï + Fumier + Phosphate. En ce qui concerne les valeurs de pH eau observées entre les interpoquets niébé et les interpoquets sorgho, les interpoquets sorgho présentent une valeur de pH eau élevée (5.57) obtenu avec le traitement ZFP. La plus petite valeur de pH (5) est obtenue avec les interpoquets de sorgho traités au Zaï simple.

Dans les poquets de sorgho et du niébé, les valeurs de pH sont restées relativement homogènes. La valeur la plus élevée (6.55) de pH eau est enregistrée chez le niébé tout comme chez le sorgho avec le traitement Zaï + Compost + Phosphate tandis que la plus petite valeur (5.13) est obtenue avec le témoin absolu sorgho. Le traitement ZFP présente dans les

poquets sorgho et niébé, la même valeur de 6.12. Les figures 14 et 15 présentent les valeurs de pH eau en fonction des traitements.

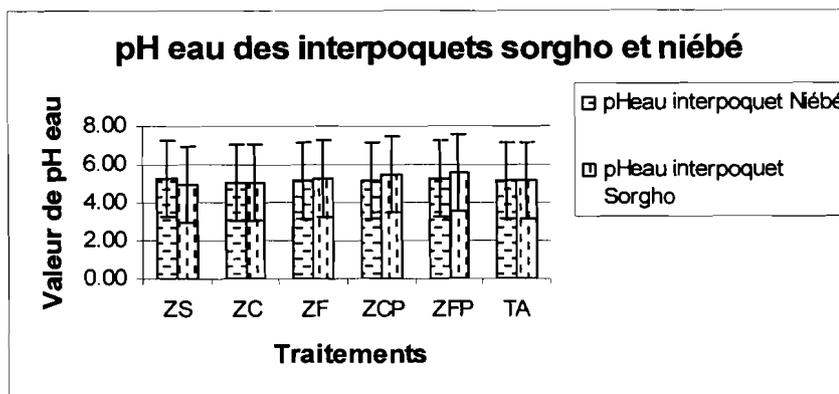


Figure 14: pH eau des interpoquets sorgho et niébé des sols

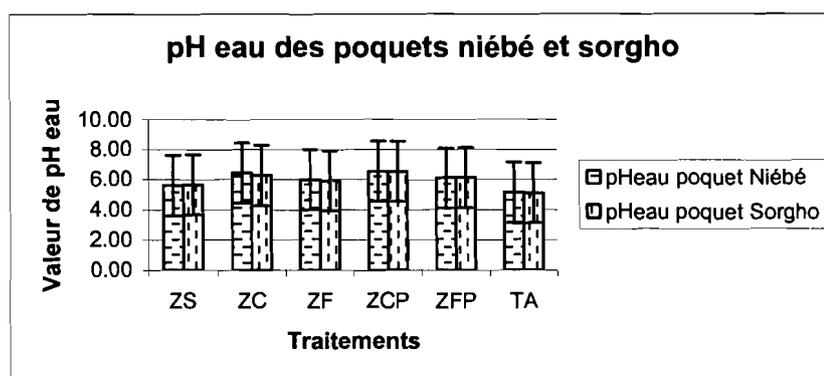


Figure 15 : pH eau des poquets sorgho et niébé

4.3.7 Effet sur le dégagement de CO₂

Les valeurs de CO₂ dégagé dans les interpoquets niébé varient d'un traitement à l'autre. En effet le dégagement optimal (2201.66mg/kg de sol) de CO₂ est obtenu avec le traitement ZFP tandis que la plus petite valeur est enregistrée avec le traitement ZS. La comparaison des valeurs de CO₂ entre les interpoquets sorgho montre une valeur élevée (2860mg/kg de sol) de CO₂ dégagé qui est obtenue avec le traitement ZFP alors que la plus petite valeur est observée avec le traitement ZS. Entre les interpoquets sorgho et les interpoquets niébé, le dégagement de CO₂ le plus élevé (2860mg/kg de sol) est obtenu avec les interpoquets sorgho traités au ZFP et la plus petite quantité de CO₂ (1066.66mg/kg de sol) est dégagée sur les parcelles de sorgho traitées comme Témoin absolu.

Dans les poquets niébé, le dégagement de CO₂ le plus élevé (4416.66mg/kg de sol) est aussi obtenu avec le traitement ZFP et le plus faible taux de CO₂ est obtenu dans les poquets traités au ZS. Quant aux poquets sorgho, la même tendance de dégagement de CO₂ est observée. En comparant les poquets sorgho aux poquets niébé, la valeur plus élevée de CO₂

(4853.33mg/kg de sol) dégagé est enregistrée dans les poquets niébé traités au ZFP tandis que la plus petite valeur (1066.66mg/kg de sol) vient du Témoin absolu sorgho. Les figures 16 et 17 présentent les résultats observés.

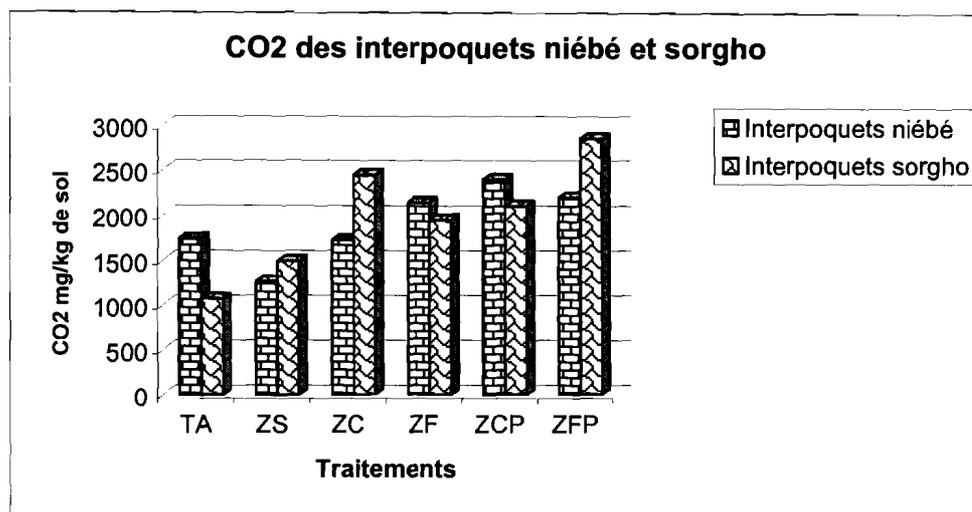


Figure 16 : Dégagement de CO₂ dans les interpoquets niébé et sorgho.

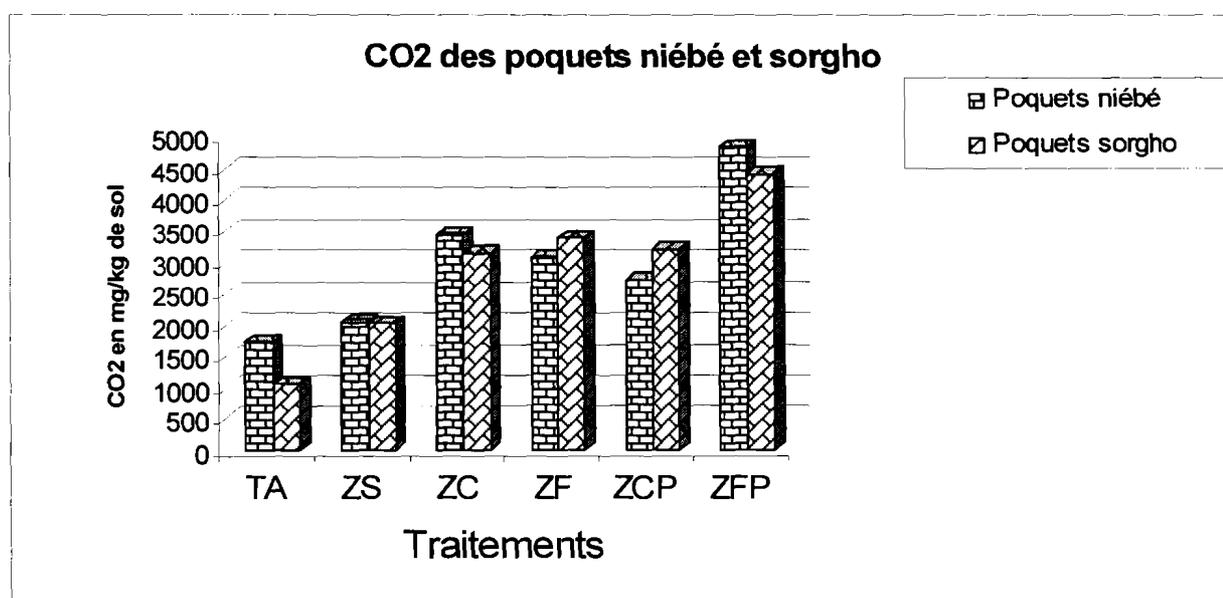


Figure 17 : Dégagement de CO₂ dans les poquets niébé et sorgho

4.3.8 Discussion.

Les effets des traitements sur les paramètres évalués du sol sont diversifiés. Ainsi les propriétés chimiques et biologiques tels que le taux de carbone, le taux d'azote, le pH, le CO₂ dégagé et la nodulation qui ont fait l'objet des tests, ont donné des réponses bien variées en fonction des traitements appliqués. Ainsi les effets conjugués du traitement ZFP, qui a produit d'impact le plus perceptible et de l'importance de biomasse produite du sorgho relativement à

celle du niébé, expliqueraient l'obtention du taux le plus élevé de carbone avec le sorgho. Cependant l'écart entre le taux de carbone obtenu avec le sorgho et celui enregistré par le niébé reste très peu élevé. La MO est source d'énergie pour les microorganismes. Elle stimule l'activité biologique dans le sol. Cette activité des microorganismes dans le sol s'accompagne d'un dégagement de CO₂ suite à leur respiration. Ceci expliquerait l'enregistrement des taux importants de CO₂ dégagés dans les interpoquets sorgho, poquets niébé et sorgho qui ont présenté des taux élevés de MO avec le traitement ZFP. Les résultats sur la mesure du pH montrent que les interpoquets sorgho et niébé traités au ZFP, les poquets sorgho et niébé traités au ZCP, présentent des valeurs élevées de pH. Ce relèvement du pH serait la conséquence des applications du fumier et du Burkina phosphate qui ont contribué avec la biomasse produite de sorgho et du niébé, à enrichir les sites (poquets et interpoquets) en MO dont la minéralisation neutralise l'acidité des sols dégradés. Ainsi le sol devient un biotope acceptable pour la plupart de la biomasse microbienne et les plantes. Ce qui confirme les résultats de plusieurs travaux de recherche selon lesquels, les microorganismes du sol notamment les bactéries, se développent mieux lorsque le pH du sol évolue vers sa valeur neutre (pH autour de 7). Les investigations de SAWADOGO et *al.* (2008), ont mis en exergue que l'usage des amendements organiques tel que le compost amélioré en phosphates naturels, contribue à relever le pH des zipellés, diminuant ainsi les phénomènes de toxicité pour certains microorganismes et les plantes qui sont appelés à vivre dans ces sols.

En ce qui concerne l'évolution du taux d'azote, les résultats obtenus (campagne 2007-2008) montrent la capacité du niébé à enrichir le sol en azote mieux que le sorgho traditionnellement utilisé. Le traitement ZFP s'est révélé plus favorable au fonctionnement de mécanismes de fixation symbiotique de l'azote atmosphérique grâce à la richesse du fumier en azote et du Burkina phosphate en phosphore. Au cours des deux années d'expérimentation (2006-2007 et 2007-2008) l'évolution des taux de MO et d'azote dans les poquets niébé traités au ZFP, est progressive. Ce qui justifierait très probablement un accroissement de la biomasse microbienne dans ces poquets, augmentant ainsi leurs activités biologiques dans le sol. Les résultats enregistrés sur l'essai en vase de végétation sur la nodulation confirment les résultats de l'essai au champ sur la fixation de l'azote et montrent par ailleurs que le phosphore améliore en particulier, cette fixation symbiotique de l'azote. Il apparaît donc que la disponibilité des éléments nutritifs et la capacité du niébé à fixer l'azote, sont deux facteurs liés. Une déficience quelconque en éléments nutritifs tels que le phosphore et l'azote, peut diminuer le développement de la plante, des rhizobiums et l'activité symbiotique, d'où une faible fixation de l'azote. Nos résultats confirment ceux obtenus par BADO (2002) selon

lesquels une fertilisation adéquate des légumineuses est nécessaire pour améliorer leurs capacités à fixer l'azote de l'atmosphère. Plusieurs travaux indiquent effectivement que l'efficacité de phosphore sur la fixation de l'azote réside dans sa capacité à augmenter la nodulation et l'activité de la symbiose (BATIONO *et al.*, 1995).

Au vu de ces différents résultats auxquels notre étude a abouti, il se dégage que l'utilisation du niébé, associé aux amendements riches en azote et en phosphore sous Zaï, active et intensifie le processus de fonctionnement des mécanismes naturels dans le sol, notamment dans le cas de la fixation symbiotique de l'azote par le groupe des légumineuses

4.4 Effet des traitements sur la production de biomasse végétale

Le tableau n°5 et les figures 18 et 19 présentent respectivement l'analyse statistique des données sur les rendements sorgho, niébé et les rendements en sorgho et niébé produits sur l'essai en milieu paysan. Ces rendements sont obtenus en kg par superficie élémentaire de 60m² par traitement. Mais pour faciliter la lecture de nos résultats enregistrés et leur appréciation relativement au potentiel de productivité des variétés de sorgho et du niébé utilisées en fonctions des traitements, nous avons exprimé les rendements par traitement en Kg par hectare (ha).

Tableau n°5 : Analyse statistique des données rendements sorgho et niébé

Traitement	Moy sorgho	Moy niébé
TA	0,00a	0,08a
ZS	1,06ab	1,41 ab
ZC	1,79abc	1,95ab
ZF	2,52bc	2,81bc
ZFP	3,59c	4,35c
ZCP	3,69c	3,24bc

NB : Les moyennes de la même colonne affectées par la même lettre forment un groupe statistiquement homogène selon le test de Tukey au seuil de probabilité de 5%.

4.4.1 Rendements de sorgho

Les rendements les plus élevés en épis de sorgho sont obtenus avec les traitements Zaï + Compost + Phosphate (1843,33Kg d'épis/ha) et Zaï + Fumier + Phosphate (1800Kg d'épis/ha) et les rendements les plus faibles avec les traitements Témoin absolu (0Kg/ha) et Zaï simple (500Kg/ha). Quant à la biomasse de tiges de sorgho, les meilleurs rendements viennent des traitements Zaï + Fumier + Phosphate (9770Kg/ha) et Zaï + Fumier (10430Kg/ha) alors que le plus faible rendement est obtenu avec le traitement Témoin absolu (40Kg/ha).

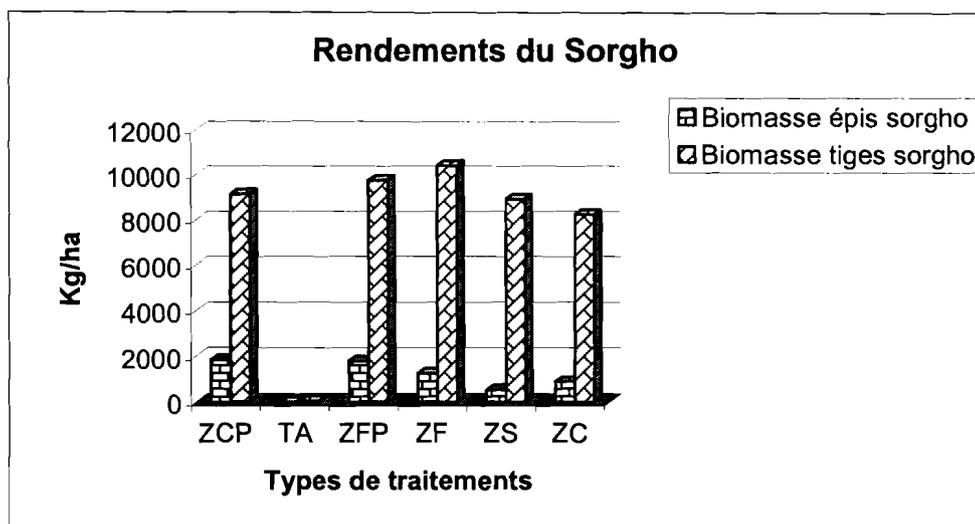


Figure 18 : Rendements du Sorgho.

4.4.2 Rendements du niébé

Dans la production du niébé grains, le meilleur rendement est obtenu avec le traitement Zaï + Fumier + Phosphate (2053Kg/ha) ; suivi par le rendement obtenu avec le traitement Zaï + Compost + Phosphate (1793,33Kg/ha). Les parcelles Témoin absolu (10Kg/ha) et Zaï simple (766,66Kg/ha), ont donné les plus faibles rendements. La production des fanes a également évolué dans le même sens que celle des grains produits. Le maximum de fanes produites sur l'essai (2991,66Kg/ha) est obtenu sur la parcelle traitée au Zaï + Fumier + Phosphate tandis que le faible taux de fanes (40Kg/ha) est enregistré sur la parcelle servant de Témoin absolu.

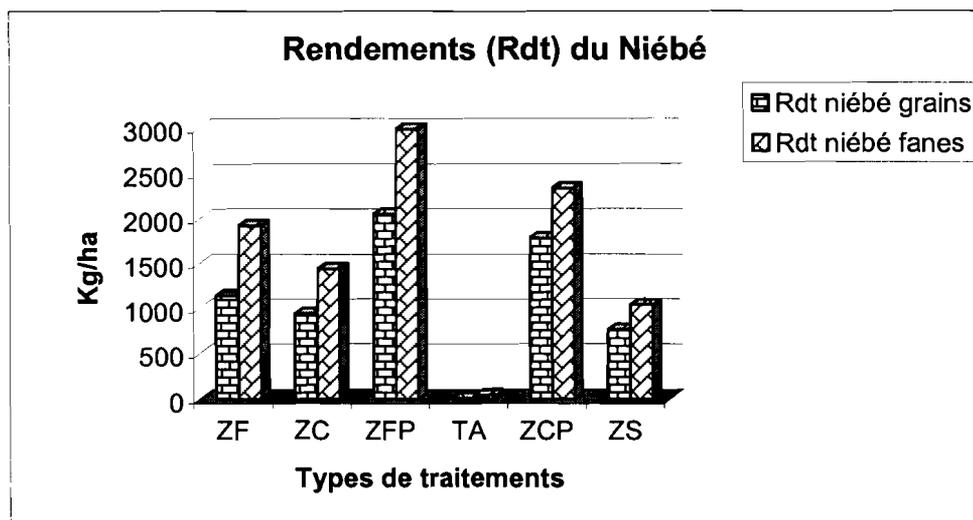


Figure 19 : Rendements du Niébé

4.4.3 La matière sèche produite (MS) en vase de végétation

Les traitements ont eu des effets variés sur la production de biomasse aérienne et racinaire du niébé et du sorgho. Dans le cas du niébé non associé, le traitement Fumier + Phosphate a enregistré le meilleur rendement (4,99g) tandis que le Témoin absolu présente le plus faible rendement (0,81g). La production de biomasse racinaire évolue dans le même sens. A propos de biomasse produite par le niébé associé au sorgho, le traitement Fumier + Phosphate a enregistré le rendement le plus élevé, mais la particularité présentée est la chute générale des rendements par traitement. Pour le sorgho non associé au niébé, le meilleur rendement (17,56g) est également obtenu avec le traitement Fumier + Phosphate et le plus faible rendement est dû au Témoin absolu. Les figures 20, 21, 22 et 23 présentent les différentes observations tandis que les tableaux n°6 et n°7 montrent l'analyse statistique des données.

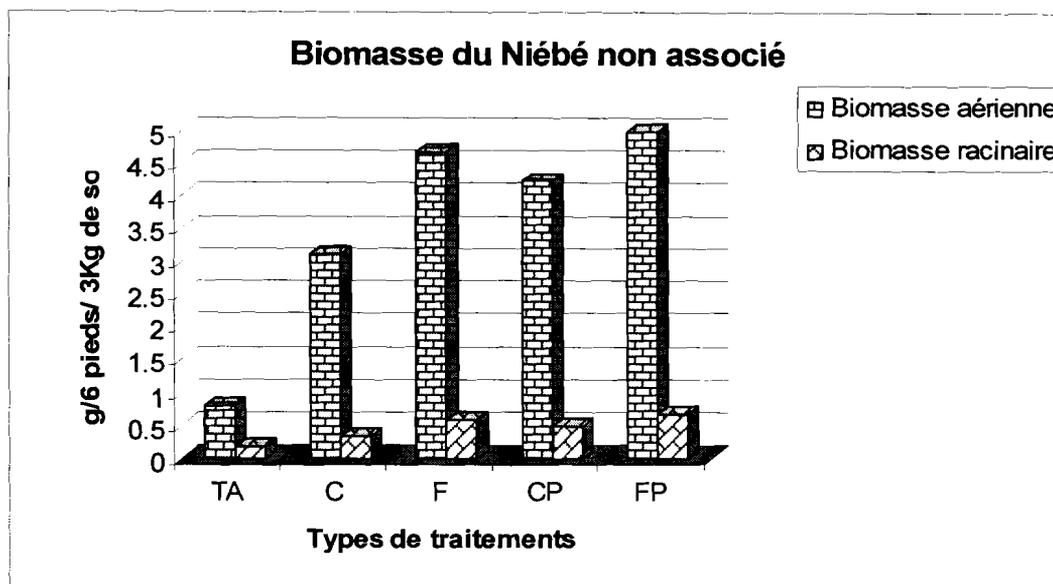


Figure 20 : Biomasse du Niébé non associé au Sorgho.

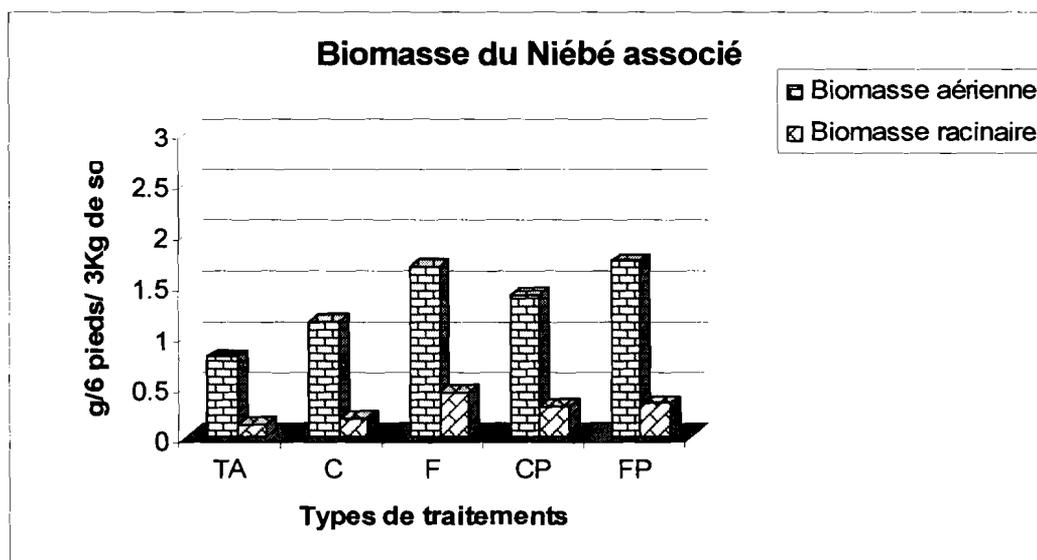


Figure 21: Biomasse du Niébé associé au Sorgho.

MENTION ASSEZ-BIEN

Tableau n°6 : Analyse statistique des données biomasse du niébé en vase de végétation

Traitements	Moy biomasse aérienne (g)	Moy biomasse racinaire(g)
TA	0,81 a	0,18a
C	2,21ab	0,34ab
CP	4,24bc	0,50ab
F	4,70bc	0,60b
FP	4,99c	0,68b

NB : Les moyennes de la même colonne affectées par la même lettre forment un groupe statistiquement homogène selon le test de Tukey au seuil de probabilité de 5%.

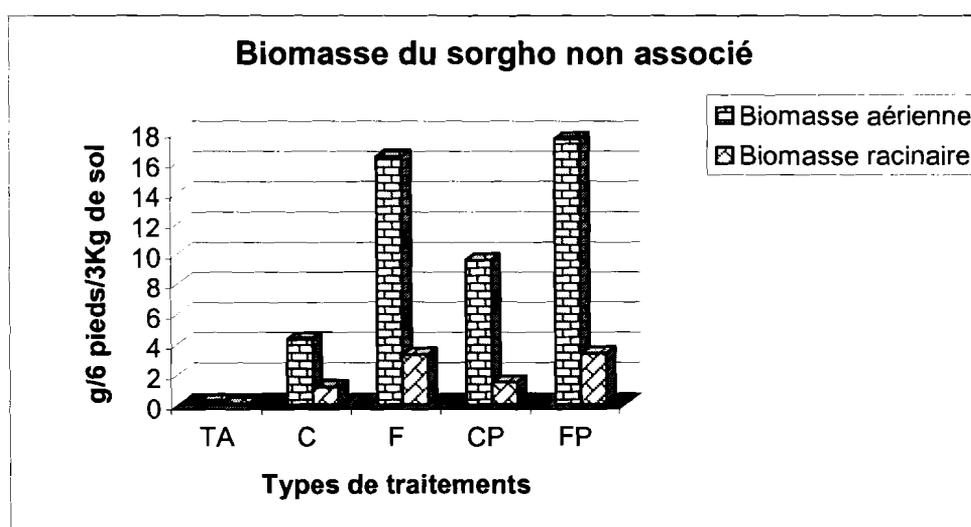


Figure 22 : Biomasse du Sorgho non associé au Niébé

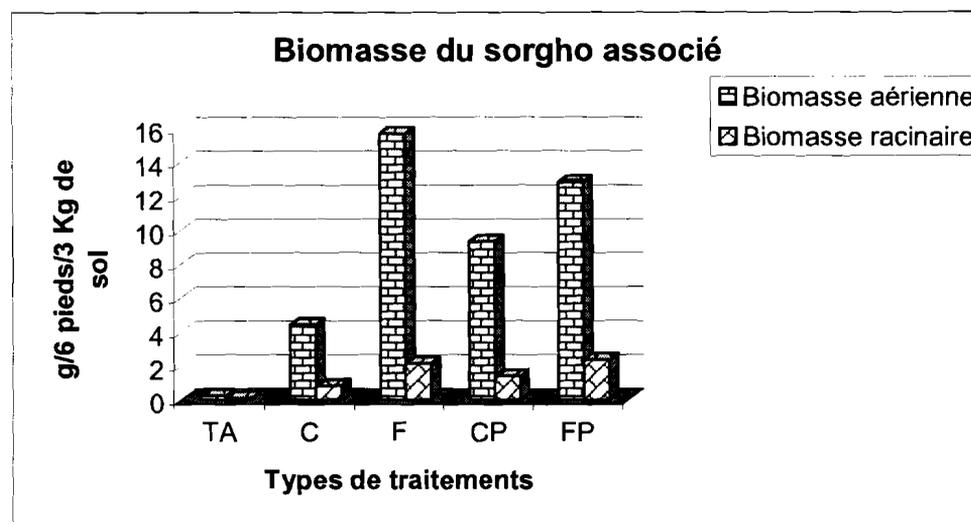


Figure 23 : Biomasse du Sorgho associé au Niébé.

Tableau n°7 : Analyse statistique des données biomasse du sorgho en vase de végétation

Traitements	Moy biomasse aérienne (g)	Moy biomasse racinaire (g)
TA	0,22a	0,06a
C	4,27b	1,18b
CP	9,57c	1,47b
F	16,42d	3,28c
FP	17,57d	3,35c

NB : Les moyennes de la même colonne affectées par la même lettre forment un groupe statistiquement homogène selon le test de Tukey au seuil de probabilité de 5%.

4.4.3 Discussion.

Le rendement est l'un des éléments principaux d'appréciation, pouvant soutenir ou motiver, le producteur à augmenter ou à baisser son pouvoir de production d'une spéculation donnée. Les résultats obtenus sur les productions de l'essai au champ ainsi que ceux enregistrés par l'essai en vase de végétation, montrent très clairement l'efficacité du traitement Fumier + Burkina phosphate sur les rendements obtenus. Par ailleurs les résultats de la matière sèche produite, ont montré que l'association du niébé au sorgho réduit la performance agronomique surtout du niébé. En effet la matière sèche racinaire du sorgho est plus importante que celle du niébé (cf figure n°20 et 22). Cette situation favorise le sorgho lors de la compétition pour le prélèvement des éléments nutritifs dans le sol. Les résultats de l'étude de BADO (2002), sur le bilan de l'azote ont montré effectivement que le sorgho prélève 4 à 5 fois plus d'azote dans le sol que le niébé. Autrement dit, le sorgho appauvrit 4 à 5 fois plus vite le sol en azote que les légumineuses.

Pourtant les analyses chimiques ont montré d'une part que le fumier est plus riche en azote que le compost utilisé et d'autre part que le Burkina phosphate contient une bonne proportion de phosphore. Ainsi les amendements organiques tels que le fumier qui n'est pas totalement décomposé (C/N = 18) et qui est riche en azote grâce aux urines et autres MO, jouent un double rôle dans le sol. La minéralisation de ce type d'amendement fournit de l'azote au sol en même temps qu'elle contribue à élever son pH, favorisant ainsi une meilleure croissance des organismes animaux et végétaux qui évoluent sur ce sol. La pratique du zaï a permis de concentrer et de conserver ces éléments nutritifs de la MO dans les poquets au profit des plantes. C'est ce qui explique les meilleurs rendements obtenus sur les essais avec ce traitement (Fumier + Phosphate). Les études de BATIONO et al. (1991 et 2008), à l'instar

de plusieurs travaux entrepris sur la gestion durable de la fertilité des sols, montrent l'importance de l'azote et de phosphore dans la nutrition des plantes. Ces études ont montré que l'azote et le phosphore sont les deux premiers facteurs limitant les rendements des cultures sur les sols des zones semi-arides d'Afrique de l'Ouest et que si le sol est déficient en phosphore, tout apport des autres facteurs est sans effet significatif sur le rendement obtenu.

4.5 Résultats d'enquêtes

4.5.1 Contraintes du zaï-niébé selon les producteurs

Les contraintes liées aux travaux de récupération des sols dégradés en général et de la pratique du zaï-niébé en particulier, dans la gestion de la fertilité des sols sont diverses selon les producteurs. Rappelons d'abord à propos du statut foncier des exploitations dans la zone, que 38% des producteurs travaillent sur des parcelles empruntées tandis que 61% des producteurs sont propriétaires terriens, titre acquis par héritage. Au sujet d'équipements agricoles, 72% des producteurs manquent d'équipement pour une pratique efficace du zaï-niébé et 7.9% évoquent un manque de matériaux comme les pierres pour la construction des sites antiérosifs. Quant à la production du niébé, 98% parlent de sa sensibilité aux maladies, 97% le cultivent en l'associant au sorgho et 98% affirment être confrontés aux difficultés de sa conservation. Les producteurs ont exprimé aussi les difficultés d'acquisition des semences améliorées, 86% des producteurs utilisent des semences non certifiées contre seulement 14% qui sont approvisionnés en semences certifiées. Les producteurs qualifient de difficulté à la production du niébé, le manque d'un dispositif facilement accessible pour le financement des activités agricoles sous forme de crédit agricole. Ainsi 86% affirment être dans un besoin crucial de financement en nature ou en espèce sous forme de crédit agricole et 42% propose un modèle de remboursement en l'espace de six mois après contraction du crédit tandis que 37% proposent une année pour le remboursement. Le tableau n°8 présente les avis des producteurs sur les contraintes liées à la pratique du zaï-niébé.

Tableau n°8 : Résumé de contraintes évoquées par les producteurs

Déterminants d'adoption du zaï-niébé	Composante	Pourcentage
Contraintes	Parcelle empruntée	38,6%
	Manque d'équipement	72,3%
	Problème d'organisation	5,0%
	Manque de matériaux (moellons)	7,9%
	Sensibilité du niébé aux attaques	98,0%
	Difficultés de conservation du niébé	98,0%
	Semences non certifiées avant semis	86,1%
	Besoin du crédit agricole	86,1%

4.5.2 Les avantages du zaï-niébé selon les producteurs

Pour les producteurs de Gomponsom, les avantages du zaï-niébé sont très nombreux pour la population de la zone. En effet face aux problèmes causés par la dégradation des sols, qui est un phénomène assez développé dans la région, les producteurs ont déjà presque tous intégrés le zaï dans leurs systèmes d'exploitation des terres. 84% des producteurs utilisent le zaï pour réhabiliter leurs champs dégradés et 56% pensent que le niébé contribue à la restauration des sols dégradés. 97% des producteurs classent le niébé comme deuxième culture après le sorgho dans leurs exploitations en termes de superficie emblavée. 77% des producteurs sont motivés à la culture du niébé par sa commercialisation facile. Ils affirment que la vente du niébé est plus autorisée par leurs exigences culturelles que le sorgho. Dès la récolte, le niébé peut être vendu pour faire face aux dépenses de la famille telles que les frais de scolarisation de leurs enfants, les mariages, les funérailles etc. Cependant, il n'en est pas de même pour le sorgho ou le mil dont la vente n'est permise qu'après des sacrifices rituels qui ont lieu courant décembre-janvier. 61% des producteurs font une récolte moyenne supérieure à 300 kg du niébé par campagne. Au regard de l'intérêt que présente la production du niébé, 95% des producteurs souhaitent bénéficier d'une formation sur la conservation du niébé et 86% sont favorables à contribuer financièrement au coût de la formation. 92% des producteurs estiment intensifier la production du niébé si la filière est organisée autour d'un marché bénéfique. 94% des producteurs expriment un besoin de variétés améliorées de niébé et 99% veulent une formation sur la production du niébé sous zaï. Pour cette formation, 90% sont favorables à apporter une contribution financière au coût de la formation. 94% désirent

s'équiper de matériels semi-modernes et modernes pour intensifier la production du niébé. En ce qui concerne la main d'œuvre, 33% des chefs d'unités de production familiale ont dans leurs exploitations une main d'œuvre comprise entre 3 et 5 personnes, 39% ont entre 6 et 10 personnes et 29% emploient plus de 10 personnes. Au sujet du fumier comme un amendement retenu pour la pratique du zaï-niébé, 99% des producteurs élèvent la volaille, les caprins, les ovins et les bovins. Le tableau n°9 présente les différents avantages selon les producteurs.

MENTION ASSEZ-BIEN

Tableau n°9 : Résumé des avantages selon les producteurs

Déterminants d'adoption zai-niébé	Composante	Pourcentage
Avantages	Pratique du Zai	84,2%
	Pratique du paillage	2,0%
	Pratique de demi-lune	4,0%
	Utilisation des cordons pierreux	8,9%
	Niébé restaure les terres dégradées	56,4%
	niébé, 2ème culture (superficie)	97,0%
	Niébé cultivé pour sa précocité	2,0%
	Niébé cultivé pour sa multitude d'usage	18,8%
	Niébé pour commercialisation facile	77,2%
	1kg du niébé à 125f (vers novembre)	99,0%
	1kg du niébé à 250f (vers mai)	96,0%
	Pas de vente du sorgho (vers novembre)	92,1%
	1kg du sorgho à 120f (vers mai)	73,3%
	Récolte niébé supérieure à 300kg	60,4%
	Besoin formation niébé conservation	95,0%
	Participation au coût de la formation	86,1%
	Intensification de la production du niébé	92,1%
	Oui pour variétés améliorées du niébé	94,1%
	Besoin de formation pour niébé sous zai	99,0%
	Participation au coût de la formation	90,1%
Besoin matériel agricole	93,1%	

4.5.3 Discussion

La recherche des solutions adaptées pour une productivité durable des sols est devenue une préoccupation majeure de tous les acteurs impliqués de façon directe ou indirecte dans la production agricole. Les échanges avec les chefs des unités de production familiale nous ont permis non seulement de déceler des contraintes liées à l'adoption du zaï-niébé en milieu rural, mais aussi les nombreux avantages que présente l'introduction du zaï-niébé dans les systèmes de culture dans notre zone d'étude. Parmi les contraintes, la question de la sécurité foncière en milieu rural, reste un élément déterminant pour assurer une gestion durable des terroirs. En effet l'adoption du zaï-niébé doit s'insérer dans une synergie d'actions pour aboutir à une amélioration des revenus agricoles et à une productivité accrue des sols. Cette mesure pourrait avoir pour conséquence la réduction de l'exode rural. C'est pourquoi Pieri (1989), a reconnu que l'exode rural, lorsqu'il n'est pas justifié par une offre de travail en ville, rend urgent la mise au point de nouveaux systèmes de productions agricoles à la fois plus performants et plus attrayants pour les agriculteurs.

Le constat actuel sur la situation est que les producteurs qui exploitent des parcelles empruntées ne plantent pas des arbres sur les parcelles. Pour eux, planter un arbre sur une parcelle empruntée peut leur coûter une reprise de la parcelle par le propriétaire. L'acte de planter un ligneux est vu comme une volonté de s'approprier de la parcelle empruntée. Pourtant l'avantage de l'intégration de l'arbre dans les systèmes de production a été souligné par plusieurs auteurs (MAIGA, 1987 ; NYBERG, HÖGBERG, 1995 ; BOFFA, 1995 ; JONSSON *et al.*, 1999).

En outre, l'une des difficultés auxquelles sont confrontés les producteurs de la zone et pouvant compromettre l'adoption du zaï-niébé, est le problème d'équipement agricole (matériel, intrants, semences améliorées). Les résultats des entretiens confirment cet état de fait. Pour une production agricole efficace et durable, il faut une véritable amélioration des moyens et systèmes de production dans la zone. Le résumé des contraintes à la production du niébé sous zaï, se présente comme suit :

- la sensibilité du niébé aux phytopathogènes.
- les difficultés liées à la conservation du niébé.
- la pénibilité du travail pour creuser les trous du zaï.
- les difficultés d'approvisionnement en amendements appropriés.
- les difficultés d'approvisionnement en semences améliorées.
- le manque d'équipement facilitant le travail.

Au sujet des avantages que présente le zaï-niébé selon les producteurs, il ressort que le zaï et le niébé pris séparément font déjà partie de leur habitude culturelle. Ainsi en dissociant le zaï du niébé, les producteurs ont montré les bénéfices considérables qu'ils tirent de la pratique du zaï comme un système réhabilitant et permettant de faire des récoltes sur les sols dégradés (zipellés). Ils ont également prouvé que le niébé est une culture de grand soutien pour eux à cause de ses multiples usages. La culture du niébé sous zaï est donc une opportunité pour améliorer leur revenu agricole. Parmi donc les nombreux avantages du zaï-niébé présentés par les producteurs et les résultats de notre étude, nous pouvons retenir :

- le zaï-niébé est une alternative pour intensifier le fonctionnement des mécanismes naturels c'est-à-dire faire retrouver la fertilité biologique des sols dégradés.

- le zaï-niébé est un appui pour promouvoir le développement de l'élevage intégré à la production agricole.

- le zaï-niébé est aussi un appui pour valoriser le potentiel important du Burkina Faso en phosphates naturels : 250 millions de tonnes (Projet Phosphate).

- le zaï-niébé contribuera à améliorer les revenus des productions agricoles, surtout en milieu rural.

- le zaï-niébé peut aider à lever une des contraintes à la scolarisation des enfants dans les villages. En effet, il existe des variétés du niébé à l'instar de la K VX 61-1, à cycle jour (70 jours). Ces variétés semées en juillet sont récoltées en septembre, date qui coïncide à la période de rentrée scolaire au Burkina Faso. Le producteur peut facilement vendre le niébé pour faire face aux dépenses de la scolarisation. Il est ressorti lors de nos échanges avec les producteurs et avec les premiers responsables du service d'agriculture (DPA) de la zone que le niébé fait partie des cultures en ligne de vulgarisation grâce à la précocité de sa production et à sa commercialisation facile. Aussi les difficultés d'approvisionnement des cantines scolaires par l'ancien partenaire CATHWEL ces dernières années, ont amené les responsables de l'éducation de notre zone d'étude, à fixer une contribution en niébé pour alimenter la dite cantine au profit des élèves.

4.6 Discussion générale

De nombreux travaux de l'INERA ont déjà établi que la faible productivité de l'agriculture au Burkina Faso, est liée à la dégradation des sols du pays et leur carence générale en azote et en phosphore, laquelle carence s'accroît avec l'augmentation de la population et les mauvais systèmes d'utilisation des terres (sans mesure de conservation des sols). Or les résultats de notre étude sont concluants que le zaï-niébé non seulement permet de récupérer les sols dégradés, mais aussi il assure la gestion durable de la fertilité des sols en favorisant leur enrichissement en azote et en phosphore. Ainsi, l'adoption du zaï-niébé doit s'inscrire d'abord en droite ligne dans la politique agricole du gouvernement du Burkina Faso. Rappelons que le Burkina Faso s'est doté en 1999 d'une Stratégie Nationale de Gestion Intégrée de la Fertilité des Sols (SNGIFS) assortie d'un Plan d'Action de Gestion Intégrée de la Fertilité des Sols (PAGIFS) dans le but de remédier au problème de la baisse de la fertilité des sols dans le pays. Cette stratégie et ce plan d'action devraient contribuer au développement durable de la production agricole. Par conséquent une véritable « machine » équipée d'une compétence et d'un dynamisme sans précédent doit venir à contribution pour la mise en œuvre de la stratégie du gouvernement. Le dynamisme de cette machine viendra d'une part d'un appui réel (technique et financier) de tous les partenaires et acteurs du développement agricole du pays et d'autre part de la volonté ferme des autorités, des fils et filles du Burkina Faso, exprimée par l'engagement et la gestion transparente des ressources publiques allouées au programme de gestion de la fertilité des sols. A l'instar du PICOFA qui s'est inscrit dans la dynamique pour accompagner les communautés de sa zone d'intervention, un programme, en vue d'élaborer de façon participative au niveau villageois, *un plan de gestion de la fertilité des sols (PVGFS)*, doit couvrir progressivement toutes les régions du pays en commençant par les régions les plus touchées. Ces PVGFS constitueront les cadres de référence et les outils fondamentaux de planification des actions en termes d'amorce pour une stratégie de gestion de la fertilité des sols. Ainsi pour l'adoption du zaï-niébé, ces actions peuvent spécifiquement se traduire par :

-l'information et la formation des producteurs regroupés au sein des organisations des producteurs (OP) par les démonstrations et les visites commentées ainsi que sur les méthodes de protection et de conservation du niébé par l'utilisation des biopesticides par exemple ceux mis au point par le CEAS (à base des feuilles et écorces de *Azadirachta indica*) et les sacs à triple fond (INERA). Cela nécessite une franche collaboration entre les structures de recherche et les services de vulgarisation.

-l'équipement des producteurs en outils de production agricole semi moderne et moderne par l'octroi du crédit agricole.

-le développement et l'intensification de l'élevage en milieu rural.

- la décentralisation des points de vente du Burkina phosphate.

-l'organisation et la promotion de la filière niébé comme une culture de rente à l'image du coton. En effet selon nos investigations auprès des producteurs et des commerçants des céréales et oléagineux de la région, il existe une forte demande nationale et internationale du niébé dont on n'arrive pas à satisfaire. Les grands pays demandeurs de la sous-région sont le Ghana et le Nigeria.

-la dotation des producteurs en semences améliorées et la formation des producteurs semenciers.

Les difficultés d'adoption du zaï-niébé sont surtout plus liées à la volonté politique des décideurs et des bailleurs de fond, qu'à celle des producteurs. Il est ressorti de nos entretiens avec la DPA de Yako que depuis très longtemps, les services de vulgarisation de la région fonctionnent sur la base d'une demande d'appui conseil exprimé par le producteur.

Conclusion

Cette étude a eu pour objectif d'appréhender l'influence du zaï et la culture d'une céréale et d'une légumineuse sur les propriétés d'un sol dégradé et étudier les modalités de l'adoption de la culture du niébé sous zaï en milieu paysan. Notre approche a pris en compte la qualité des amendements (Compost, Fumier, Burkina phosphate) et le type de matériel végétal (Niébé, Sorgho). Spécifiquement, l'intention de l'étude a été d'apprécier l'aptitude du niébé, légumineuse utilisé dans la technique du zaï, à restaurer plus la fertilité des sols très dégradés que le sorgho traditionnellement utilisé. En d'autres termes, il s'agit de proposer une technique de zaï à base de niébé avec le type d'amendement approprié permettant la restauration des sols tropicaux très dégradés tout en assurant une production optimale.

Ainsi en matière de productions agricoles, les résultats obtenus confirment bien la possibilité de produire le niébé par la technique du zaï sur les sols très dégradés. En outre, il a été mis en évidence que le niébé amendé au fumier + phosphate naturel sous zaï, permet d'améliorer significativement les rendements en biomasse des sols dégradés. Les résultats sur les rendements ont donc montré le rendement le plus élevé qui est obtenu avec du niébé ayant reçu le traitement zaï + fumier + phosphate. Le bilan des analyses chimiques réalisées, montre une amélioration de la teneur en azote. Ainsi le niébé a utilisé sa capacité à fixer l'azote atmosphérique en symbiose avec le rhizobium pour combler ses besoins nutritionnels. Il en résulterait de l'économie d'azote dans le sol. Il convient donc de reconnaître qu'en associant les mesures de conservation des eaux et des sols (cordons pierreux) à la pratique du zaï dans la production du niébé, les substrats fertilisants efficaces à appliquer, sont le fumier et le phosphate naturel dénommé Burkina phosphate pour avoir un rendement satisfaisant et développer les mécanismes naturels de fonctionnement et de récupération des sols dégradés.

De ces résultats auxquels nous avons abouti, nos échanges entamés avec les producteurs nous ont permis d'identifier les avantages, les contraintes et les modalités d'adoption de la pratique du zaï-niébé en milieu des producteurs. Les avantages du zaï-niébé peuvent être regroupés sous deux principales catégories à savoir :

- une pratique agricole écologiquement intensive. Il s'agit là de favoriser le développement des mécanismes biologiques des écosystèmes. Cette donne pourrait induire une séquestration du carbone atmosphérique, réduisant ainsi l'émission des gaz à effet de serre (GES).
- une promotion de la socio-économie rurale.

Les contraintes sont surtout liées à l'équipement agricole, à l'accès aux intrants, à la sécurisation foncière et à l'encadrement des producteurs.

Par ailleurs les échanges ont révélé que les producteurs savent très bien l'intérêt du zaï et du niébé même si leurs moyens de production sont limités. Il ressort donc que depuis longtemps la technique du zaï est utilisée pour récupérer les sols dégradés. Les difficultés majeures d'adoption de la pratique du zaï-niébé viendront donc du manque de volonté politique des acteurs impliqués aux questions de productions agricoles au Burkina Faso pour réanimer véritablement les services d'encadrement ou de vulgarisation agricole et organiser la filière niébé à l'instar de la filière coton. L'adoption du zaï-niébé apparaît comme une bonne alternative pour corriger la carence en azote et en phosphore des sols du pays.

Perspectives

Pour mieux appréhender la dynamique de la matière organique du sol sous zaï avec le niébé et favoriser l'adoption du tandem zaï-niébé, il faudrait essentiellement:

- quantifier le C de la biomasse (racinaire et aérienne) du sorgho et du niébé.
- approfondir les recherches sur les déterminants du stockage de la MOS en travaillant notamment sur le rôle de l'activité biologique en fonction de la spéculon utilisée
- mener une étude économique approfondie sur la filière niébé dans la zone
- produire et expérimenter des variétés du niébé à cycle court (70 jours en moyenne) et ayant le pouvoir de nodulation le plus élevé sur les zipellés.
- identifier les déterminants de vulgarisation du Burkina phosphate en milieu rural.

MENTION ASSEZ BIEN

Bibliographie

- AMBOUTA J.M.K., BOUZOU I.M., DO S.**, 2000. Réhabilitation de la jachère dégradée par les techniques de paillage et de zaï au Sahel. In : *La jachère en Afrique tropicale*. Floret C, Pontanier R, eds. John Libbey Eurotext, 751-9. Paris.
- BADO V.B.**, 2002. *Rôle des légumineuses sur la fertilité des sols ferrugineux tropicaux des zones guinéenne et soudanienne du Burkina Faso*. Ph.D U Laval.
- BUNASOLS.**, 1984. *Etude pédologique de la zone PAPEM de Kolbila-YaKo-ORD de Koudougou, Burkina Faso*. Rapport technique n°35.
- BUNASOLS.**, 1987. *Méthodes d'analyse physique et chimique des sols, eaux et plantes*. Document technique n°3.
- CASENAVE A .et VALENTIN C.**, 1989. Les états de surface de la zone sahélienne, influence sur l'infiltration. *Institut Français de recherche scientifique pour le développement en coopération (ORSTOM)*.
- DUCELLIER J.**, 1958. *Géologie de la partie centrale du cercle de Yako (Haute Volta) : Haut commissariat de la république en Afrique occidentale Française, service de géologie et de prospection minière*.
- HIEN E., GANRY F., HIEN V., OLIVER R.**, 2003. Dynamique du carbone dans un sol de savane du Sud-ouest du Burkina sous l'effet de la mise en culture et des pratiques culturales.
- ALBARRAN F., OUEDRAOGO S.**, 1994. Conservation des sols : initiatives villageoises et coopération au Burkina. Politique africaine.
- PALLO F. J. P., SAWADOGO N., SAWADOGO L., SEDOGO M. P., ASSA A.**, 2008. Statut de la matière organique des sols dans la zone sud-soudanienne au Burkina Faso.
- Groupe de Neuchatel**, 1999. Note de cadrage conjoint sur la Vulgarisation agricole.
- GUINKO S., DIALLO A.**, 1992. Diagnostique de la végétation du Passoré par cartographie et enquête socio-économique, tome 1.
- SAWADOGO H., BOCK L., LACROIX D., ZOMBRE N. P.**, 2008. Restauration des potentialités de sols dégradés à l'aide du zaï et du compost dans le Yatenga (Burkina Faso),
- HIEN G.F.**, 1995. *La régénération de l'espace sylvo-pastoral au Sahel. Une étude de l'effet de mesures de conservation des eaux et des sols au Burkina Faso*. Thèse de Doctorat, Université agronomique de Wageningen (Pays Bas), 223 p.
- HIEN V.**, 1990. *Pratiques culturales et évolution de la teneur en azote organique utilisable par les cultures dans un sol ferrallitique du Burkina Faso*. Nancy : Thèse de doctorat de l'INPL, 149 p.

- HOTTIN G., OUEDRAOGO F., 1975.** *Notice explicative de la carte géologique 1/1000000 de la république de Haute Volta.*
- JAN M., 1994.** *Options de vulgarisation agricole en Afrique tropicale, CTA.*
- KABORE S.V., 1995.** *Amélioration de la production végétale des sols dégradés (zipellés) du Burkina Faso par la technique des poquets (« zaï »).* Thèse de Doctorat n°1302. Lausanne École polytechnique fédérale, 195 p.
- KALOGA B., 1968.** *Etude Pédologique de la Haute Volta. Région Centre-Nord. ORSTOM.*
- MARIN T., 1975.** *Atlas de la Haute Volta. Essai d'évaluation de la végétation ligneuse.* Centre voltaïque de recherche scientifique.
- NUTMAN P.S., 1971.** Perspectives in biological nitrogen fixation. *Science Progress.*
- OKE O.A., 1966.** The fixation and transfer of nitrogen in Nigeria cowpea. *W. Afr. J. Biol. Appl. Chem.*
- PASQUET R.S., BAUDOIN J.P., 1997.** **Le niébé.** In : *L'amélioration des plantes tropicales.* Charrier A., Jacquot M., Hamon S., Nicolat D. Paris: Cirad-Orstom: 483-93.
- PONTANIER R.O., M'HIRI A., AKRIMI N., ARONSON J., LE FLOC'H E., 1995.**
L'homme peut-il refaire ce qu'il a défait ? *John Libbey Eurotex, Paris.*
- ROOSE E., KABORE V., GUENAT C., 1993.** Fonctionnement, limite et améliorations d'une pratique culturale africaine de réhabilitation de la végétation et de la productivité des terres dégradées en région soudano – sahélienne Cah. Orstom. Ser. Pedol (Burkina Faso).
- ROOSE E., KABORE V., GUENAT C., 1995.** Le zaï, une technique traditionnelle africaine de réhabilitation des terres dégradées de la région soudano-sahélienne (Burkina Faso). *Sciences au Sud*, 2008. n°45-juillet/août.
- SEDOGO M.P., 1993.** *Évolution des sols ferrugineux lessivés sous culture : incidence du mode de gestion sur la fertilité.* Doctorat d'État, université Nationale de Côte d'Ivoire.
- SIVAKUMAR M.V.K., GNOUMOU F., 1987.** *Agroclimatologie de l'Afrique de l'Ouest. Le Burkina Faso.* ICRISAT.
- SOME D., ZOMBRE N. P., ZOMBRE G., 2004.** Impact de la technique du zaï sur la production du niébé et sur l'évolution des caractéristiques chimiques des sols très dégradés (Zipellés) du Burkina Faso. *Sécheresse n° 3, vol. 15.*
- TAONDA J.B., BERTRAND R., DICKEY J., MOREL J.L., SANON K., 1995.** Dégradation des sols en agriculture minière au Burkina Faso. *Cah. Agric.*
- ZOMBOUDRE G., ZOMBRE G., OUEDRAOGO M., GUINKO S., MACAULEY H.R., 2005.** Réponse physiologique et productivité des cultures dans un système agroforestier

traditionnel : cas du maïs (*Zea mays* L.) associé au karité (*Vitellaria paradoxa* Gaertn.) dans la zone Est du Burkina Faso. *Biotechnol.Agron.Soc. Environ.* 2005 9 (1) 75-85.

ZOMBRE N. P., MANDO A., ILBOUDO J.B., 2000. Impact des techniques de conservation des eaux et des sols sur la restauration des jachères très dégradées au Burkina Faso. In : *La jachère en Afrique tropicale*. Floret C, Pontanier R, eds. *John Libbey Eurotext.*, Paris.

ZOMBRE NP., SOW A.N., 1989. Étude de l'occupation des sols. *Ministère de l'Agriculture et de l'Elevage/Projet pilote de développement agricole de Koudougou (PPDAK)*; Ouagadougou, Burkina Faso.

ZOMBRE P., 2003. *Les sols très dégradés « zipella » du Centre-Nord du Burkina Faso : Dynamique, caractéristiques morpho bio-pédologiques et impacts des techniques de restauration sur leur productivité*, Université de Ouagadougou, doctorat d'Etat es Sciences naturelles.

ZOUGMORE R., 1995. *Étude des techniques de récupération de zipellés à l'aide du zai et/ou du paillage*. Rapport INERA/CES AGF, Yako/Province du Passoré, Burkina Faso 47p.

Annexes

Annexe n°1 : Description des Fosses Pédologiques.

N° de fosse : 01

Date de description (auteurs) : 11/07/2008 (E. HIEN, E. OUEDRAOGO, D. SOME, J. T. JOSUE)

1°/ CLASSIFICATION DU SOL

- CPCS (1967) : sol ferrugineux tropical lessivé induré superficiel
- BRM (1998) : Leptosol ferrique

2°/ ENVIRONNEMENT DU PROFIL

- Localisation : Pougyango/Yako (Province du Passoré)
Lat. : 12°58,687' N
Long. : 002°09,785' W
Alt: 991 feet

Végétation et/ou utilisation : Bordure de champ de sorgho et du site expérimental sous savane très dégradée à *Anosgeisus leocarpus*, *Combretum glutinosum* et *Lanea microcarpa*.

- Position physiographique : glacis, pente moyenne
- Topographie environnante : quasi-plat
- Microtopographie : néant
- Pente : 1-2% est-ouest
- Matériaux parental : granites indifférenciés
- Drainage : Normal à limité en profondeur
- Etat hydrique : solum sec
- Nappe : non atteinte
- Eléments grossiers en surface : Epandage de graviers ferrugineux
- Affleurements de roches et/ou de cuirasse : Affleurement de cuirasse à 100 m au sud
- Erosion : en nappe
- Influence humaine : Culture en demi lune, Pâturage

3°/ DESCRIPTION MORPHOLOGIQUE DU SOLUM

0 - 7 cm : brun (10YR5/3) à l'état sec et brun foncé (10YR4/3) à l'état humide; Limon argileux ; Quelques graviers ferrugineux; structure massive à sous structure faiblement développée moyenne et très grossière, polyédrique subanguleuse; consistance très dure; Nombreux pores très fins et fins; Quelques racines très fines et fines; activité biologique assez bien développée ; limite graduelle.

5 - 10 cm : brun jaunâtre clair (10YR6/4) à l'état sec et brun jaunâtre (10YR5/4) à l'état humide; Argile limoneuse ; 2-5% graviers ferrugineux; structure massive; consistance extrêmement dure; Nombreux pores très fins, fins et moyens; rares racines très fines; activité biologique assez bien développée ; limite abrupte irrégulière.

> 18 cm : cuirasse ferrugineuse

N° de fosse : 02

Date de description (auteurs) : 11/07/2008 (E. HIEN, E. OUEDRAOGO, D. SOME, J. T. JOSUE)

1°/ CLASSIFICATION DU SOL

- CPCS (1967) : sol ferrugineux tropical lessivé induré peu profond
- BRM (1998) : Leptosol ferrique

2°/ ENVIRONNEMENT DU PROFIL

- Localisation : Pougyango/Yako (Province du Passoré)
Lat. : 12°58,710' N
Long. : 002°09,812' W
Alt: 999 feet

Végétation et/ou utilisation : Bordure de champ de sorgho et du site expérimental sous savane très dégradée à *Anosgeisus leocarpus*, *Combretum glutinosum* et *Lanea microcarpa*.

- Position physiographique : glacis, pente moyenne
- Topographie environnante : quasi-plat
- Microtopographie : néant
- Pente : 1-2% est-ouest
- Matériaux parental : granites indifférenciés
- Drainage : Normal à limité en profondeur
- Etat hydrique : solum sec
- Nappe : non atteinte
- Eléments grossiers en surface : Epandage de graviers ferrugineux
- Affleurements de roches et/ou de cuirasse : Affleurement de cuirasse à 100 m au sud
- Erosion : en nappe
- Influence humaine : Culture en demi lune, Pâturage

3°/ DESCRIPTION MORPHOLOGIQUE DU SOLUM

0 - 8 cm : brun (10YR5/3) à l'état sec et brun foncé (10YR4/3) à l'état humide; Limon argileux ; 50% graviers ferrugineux; structure faiblement développée moyenne et très grossière, polyédrique subanguleuse; consistance peu dure; Nombreux pores fins et très fins; Rares racines très fines; activité biologique bien développée ; limite distincte.

8 – 26 cm : brun (10YR5/6) à l'état sec et à l'état humide; Argile limoneuse ; 30% graviers ferrugineux; Structure faiblement développée moyenne et grossière, polyédrique subanguleuse; consistance peu dure; Nombreux pores moyens, fins et larges, fins et moyens; rares inexistantes; activité biologique bien développée ; limite abrupte irrégulière.

> 26 cm : cuirasse ferrugineuse

N° de fosse : 03

Date de description (auteurs) : 11/07/2008 (E. HIEN, E. OUEDRAOGO, D. SOME, J. T. JOSUE)

1°/ CLASSIFICATION DU SOL

- CPCS (1967) : sol ferrugineux tropical lessivé induré peu profond
- BRM (1998) : Leptosol ferrique

2°/ ENVIRONNEMENT DU PROFIL

- Localisation : Pouyango/Yako (Province du Passoré)
Lat. : 12°58,672' N
Long. : 002°09,824' W
Alt: 991 feet

Végétation et/ou utilisation : Bordure de champ de sorgho et du site expérimental sous savane très dégradée à *Anosgeisus leocarpus*, *Combretum glutinosum* et *Lanea microcarpa*.

- Position physiographique : glacis, pente moyenne
- Topographie environnante : quasi-plat
- Microtopographie : néant
- Pente : 1-2% est-ouest
- Matériaux parental : granites indifférenciés
- Drainage : Normal à limité en profondeur
- Etat hydrique : solum sec
- Nappe : non atteinte
- Eléments grossiers en surface : Epanchage de graviers ferrugineux
- Affleurements de roches et/ou de cuirasse : Affleurement de cuirasse à 100 m au sud
- Erosion : en nappe
- Influence humaine : Culture en demi lune, Pâturage

3°/ DESCRIPTION MORPHOLOGIQUE DU SOLUM

0 - 7 cm : Brun foncé (10YR4/3) à l'état humide; Limon argileux ; 40% graviers ferrugineux; Structure faiblement développée grossière et moyenne, polyédrique subanguleuse; consistance friable; Nombreux pores très fins et fins; Nombreuses racines très fines et fines; activité biologique assez bien développée ; limite distincte.

9 - 24 cm : brun jaunâtre foncé (10YR4/4) à l'état à l'état humide; Argile limoneuse ; 20% graviers ferrugineux; Structure faiblement développée grossière et moyenne, polyédrique subanguleuse; consistance friable; Nombreux pores moyens, fiens et très fins; rares racines très fines; activité biologique assez bien développée ; limite abrupte irrégulière.

> 24cm : cuirasse ferrugineuse

N° de fosse : 04

Date de description (auteurs) : 11/07/2008 (E. HIEN, E. OUEDRAOGO, D. SOME, J. T. JOSUE)

1°/ CLASSIFICATION DU SOL

- CPCS (1967) : sol ferrugineux tropical lessivé induré peu profond
- BRM (1998) : Leptosol ferrique

2°/ ENVIRONNEMENT DU PROFIL

- Localisation : Pougyango/Yako (Province du Passoré)
Lat. : 12°58,666 N
Long. : 002°09,796' W
Alt: 1051 feet

Végétation et/ou utilisation : Bordure de champ de sorgho et du site expérimental sous savane très dégradée à *Anosgeisus leocarpus*, *Combretum glutinosum* et *Lanea microcarpa*.

- Position physiographique : glacis, pente moyenne
- Topographie environnante : quasi-plat
- Microtopographie : néant
- Pente : 1-2% est-ouest
- Matériaux parental : granites indifférenciés
- Drainage : Normal à limité en profondeur
- Etat hydrique : solum sec
- Nappe : non atteinte
- Eléments grossiers en surface : Epanchage de graviers ferrugineux
- Affleurements de roches et/ou de cuirasse : Affleurement de cuirasse à 100 m au sud
- Erosion : en nappe
- Influence humaine : Culture en demi lune, Pâturage

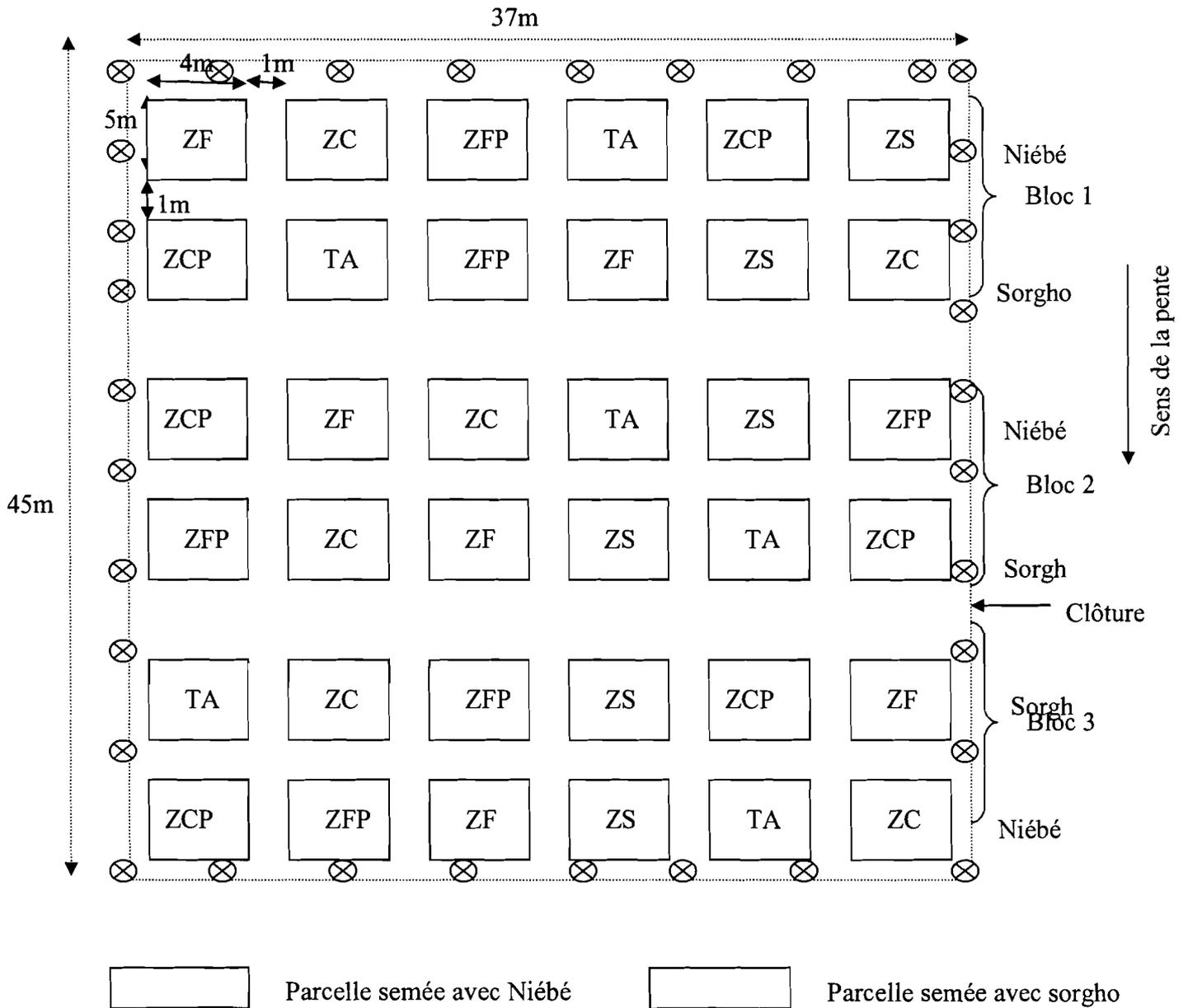
3°/ DESCRIPTION MORPHOLOGIQUE DU SOLUM

0 - 8 cm : brun grisâtre clair (10YR6/2) à l'état sec et brun grisâtre très foncé (10YR3/2) à l'état humide; Limon argileux ; Quelques graviers ferrugineux; structure massive à sous structure faiblement développée très grossière et grossière, polyédrique subanguleuse; consistance dure; Assez nombreux pores très fins et fins; Rares racines très fines; Activité biologique bien développée ; limite distincte.

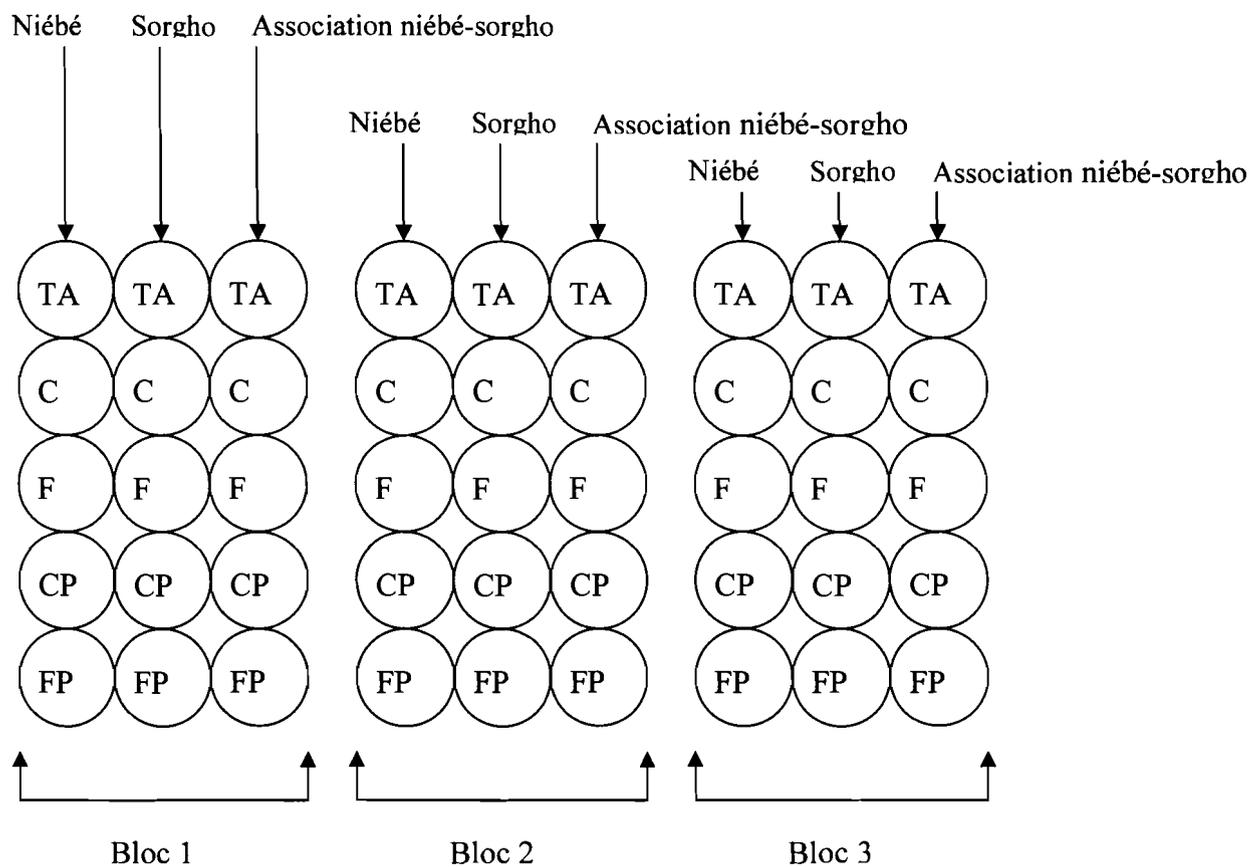
8 - 22 cm : brun grisâtre (10YR5/2) à l'état sec et brun grisâtre foncé (10YR4/2) à l'état humide; Argile limoneuse ; 5% graviers ferrugineux; structure massive; consistance dure; Assez nombreux pores très fins et fins; rares racines très fines; activité biologique assez bien développée ; limite abrupte irrégulière.

> 22 cm : cuirasse ferrugineuse

Annexe n°2 : Dispositifs expérimental de l'essai au champ.



Annexe n°3 : Dispositif expérimental de l'essai sous serre.



Annexe n°4 : Fiche technique du niébé variété K VX 61-1

Fiche technique du niébé variété K VX 61-1

Caractéristiques

Recommandations culturales (suite):

Origine : INERA/Burkina Faso

En culture pure :

Cycle semis-maturité : 70 jours

Fumure : 100 kg NKK/ha

Type de plante : semi-érigé

Ecartements entre les lignes : 80 cm

Hauteur de plante : 55 cm

Ecartements entre sur la ligne : 40 cm

Photosensibilité : non

Semis : 2 graines par poquet

Couleur du grain : mosaïque blanc et brun

Dose de semences : 12 kg/ha

Qualité du grain : sucrée

Dates de semis :

Vigueur à la levée : bonne

Zone de 400 à 800 mm, fin Juin à mi-

Juillet

Insectes

Zone > 800 mm : début Août

Thrips : très sensible

Effectuer 2 sarclages 2 semaines après

Pucerons : très sensible

semis et avant la floraison (environ 5

Punaises : très sensible

semaines après semis)

Maladies

Rendement moyen en station : 1500 kg/ha

Chancre bactérien : résistante

Tache brune : sensible

Virose : sensible

Adaptation

Striga : résistante

Sécheresse : résistante

Rendement grain potentiel : 1500 kg/ha

Rendement grain moyen en milieu paysan

800 kg/ha

Points forts :

- goût sucre
- bon rendement
- faible taux de transmission de virus (CABMV)

Points faibles :

- sensibilité aux taches brunes
- couleur bigarrée du grain

Protection de la culture :

Champ : 2 traitements insecticides

- 1^{er} traitement : début de formation des fleurs (55 jours après semis)
- 2^{ème} traitement : début de formation des gousses (15 jours après le 1^{er} traitement)
- Produits utilisables : DI UIS, KARATE, CYPERMETHIRINE seule ou associée avec DIMETHIATE.

Aire de culture :

Régions Centre, Centre Ouest et Nord avec une pluviométrie comprise entre 400 et 800 mm.

Recommandations culturales :

Vocation culturale : pluviale ou irriguée à partir de fin Février

Choix du terrain :

Précédent culturel : céréale ou coton suivant la zone

Type de sol : sablo-argileux, argilo-sableux ou sableux

Type de champ : champ de brousse ou de case

Préparation du sol :

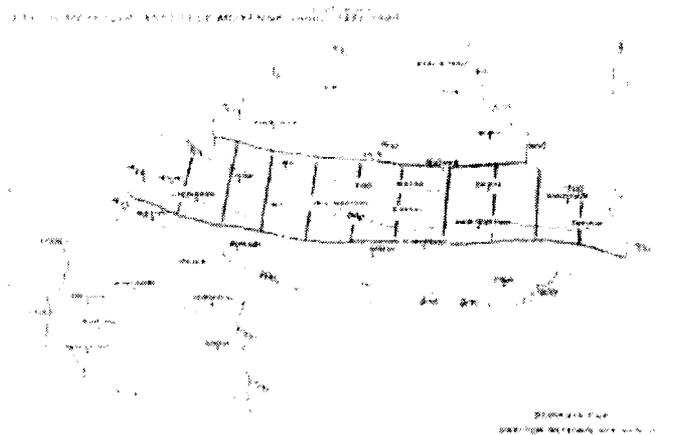
Labour : en sol humide, en fraction animale ou motorisée.

Annexe n°5 : Fiche technique de sorgho variété ICSV 1049.

FICHE TECHNIQUE SORGHO

VARIÉTÉ ICSV 1049

SYNOPSIS
Origine : Burkina Faso (ICRISAT/INERA)



DESCRIPTION ET CARACTÈRES AGRONOMIQUES

Cycle semi-floraison : 80 à 85 jours (semis au 15 juin), 70 à 75 jours (semis au 10 juillet)
Cycle semi-maturité : 110 à 120 jours
Photosensibilité : moyenne
Hauteur de plante : 2 m
Couleur du feuillage : tan
Forme de la panicle : massive
Compacité de la panicle : compacte
Couleur du grain : blanc
Texture du grain : semi-farineux

Vigueur à la levée : passable
Résistance à la sécheresse : assez résistante en post-floraison
Résistance à la verca : assez résistante
Résistance au Striga : assez résistante
Résistance aux maladies et insectes
- maladies foliaires : assez résistante
- moisissures des grains : assez sensible
- cécidomye : moyennement résistante
- punaises : sensible

rendement moyen potentiel : 4 t/ha

rendement moyen en milieu paysan : 1 à 1,5 t/ha suivant les régions

Points forts

- productivité élevée et assez régulière
- bonne qualité du grain pour le tô
- assez résistante au Striga
- excellentes valeurs nutritives des pailles

Points faibles

- peu rustique et exigeante en engrais
- assez sensible aux moisissures et aux insectes des panicules (punaises, chenilles)
- grains dills des à décroissance

AIRE DE CULTURE : zone comprise entre les isohyètes 600 et 800 mm (voir carte ci-dessus)

Informations complémentaires auprès de

INERA Sorgho/Amélioration Sorgho, BP 10 Koudougou, Tel/Fax : 22 99 12

Annexe n°6 : Fiche de questionnaire d'enquête.

QUESTIONNAIRE D'ENQUETE.

Thème : « *Impact de l'utilisation du niébé et de divers amendements sous zaï sur les caractéristiques des sols dégradés : Conséquences Pédo-Socio-économiques* ».

Identification de l'enquêté.

Province :.....
village :.....
Quartier :.....
Nom et Prénom de l'enquêté :.....
Age :.....
Niveau de scolarisation.....
Nombre de personnes travaillant dans l'exploitation (femmes, hommes, enfants).....

Informations générales.

I.1. Depuis quand êtes-vous installé dans ce village ?

I.2. Depuis 10 ans Depuis 20 ans Depuis 40 ans Depuis 50 ans

Moins de 10 ans Plus de 50 ans

I.3. Comment appelez-vous les surfaces dénudées observées dans votre terroir ?

.....

I.4. Ces surfaces dénudées connaissent une réduction ou une extension dans le temps ?.....

I.5. A combien de temps estimez-vous leur durée d'apparition dans votre terroir ?.....

I.6. A quelle utilisation étaient soumises ces terres ?.....

Facteurs influant sur la dégradation des sols.

Activités agricoles.

A.1. Quelle est la position de chaque champ dans la toposéquence ?

N° champ	Positionnement dans la toposéquence (*)	Spéculation sur le champ (\$)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		

(*) 1/ Glacis haut de pente ; 2/ glacis pente moyenne ; 3/ glacis bas de pente ; 4/ bas-fond
5/ Versant

(\$) 1/ Sorgho ; 2/ mil ; 3/ Maïs ; 4/ Niébé ; 5/ Arachide ; 6/ Autres,

A.2. Si autre, précisez.....

A.3. Comment gérez-vous les résidus de votre récolte ?

Restitution au champ sous forme de compost Enfouissement

Brûlage Aliment bétail Vente Besoins domestiques

Autre

A.4. Si autre, précisez :

A.5. Comment préparez-vous les champs à recevoir les semis ?

Billonnage Labour Brûlage des résidus organiques Semis direct

Zaï manuel Zaï mécanisé

A.6. Quelles sont les espèces d'arbres que vous laissez dans votre champ ?

A.7. Pourquoi, laissez-vous spécifiquement ces espèces d'arbres dans votre champ ?

A.8. A quelle densité ?.....

A.9. Si préparation du champ par labour, comment le faites-vous ?

Suivant la pente Perpendiculaire à la pente

A.10. Par quels moyens le faites-vous ?

Travail manuel A la traction animale

A.11. Pratiquez-vous la jachère ?

Oui Non Si oui à quelle fréquence ?.....

A.12. Utilisez-vous de la fumure dans votre champ ?

Oui Non

A.13. Si oui, quel type de fumure utilisez-vous ?

Fumier du parc Compost Déchets ménagers

Engrais minéraux (Urée ; NPK) Burkina Phosphate

A.14. Quelles sont les spéculations auxquelles vous apportez de la fumure ?

.....

A.15. Quelle quantité de fumure apportez-vous à l'hectare ?.....

A.16. Utilisez-vous des pesticides dans votre champ ?

Oui Non

A.17. Si oui, lesquels ?.....

A.18. Comment maman obtient-elle le bois de chauffe ? (Aux femmes du ménage)

Prélèvement de bois aux abords des champs Achat de bois avec les

Vendeurs Achat du charbon Autre

A.19. Si autre, précisez :.....

Activités pastorales.

A.20. Pratiquez-vous l'élevage ?

Oui Non

A.21. Quelles sont les espèces animales que vous élevez ?

Bovin de trait Embouche bovine Bovin laitier Ovin

Caprin Volaille Autre

A.22. Si autre, précisez :.....

A.23.Existe-t-il suffisamment de zones de pâturage pour les animaux ?

Oui

Non

Récupération/Restauration des sols dégradés.

R.1.Quel est le statut foncier de votre champ ?

Propriétaire terrien

Parcelle empruntée

R.2.Si autre, précisez :.....

R.3.Existe t-il un groupement ou association de producteurs dans votre village ?

Oui

Non

R.4.Si oui, quel est le centre d'intérêt de ce groupement/association ?

Gestion de la fertilité des sols Promotion des semences améliorées

Promotion de l'élevage Promotion d'activités de foresterie villageoise

Acquisition des intrants Facilité de la vente des produits agricoles.

Autre

R.5.Etes-vous membre de ce groupement/association ?

Oui

Non

R.6.Comment remarquez-vous la perte de fertilité de votre champ ?

Par une baisse de rendement Par une prolifération des mauvaises herbes

Par la présence du striga Par autre remarque

R.7.Si autre, précisez :.....

R.8.Connaissiez-vous la technique du compostage ?

Oui

Non

R.9.Parmi ces techniques, laquelle ou lesquelles pratiquez-vous pour récupérer votre champ dégradé ?

Zaï Paillage Cordons pierreux Djengo

Parcage Demi-lunes

R.10. Comment avez-vous connu ces techniques ?

Par l'intermédiaire d'un autre producteur Grâce aux services d'un Projet

Par les encadreurs agricoles de l'Etat. Autre

R.11. Si autre, précisez :

R.12. Plantez-vous des arbres pendant les saisons pluvieuses ?

Oui Non

R.13. Quelles actions entreprenez-vous collectivement dans le village pour réhabiliter les zones dégradées ?

.....
.....

R.14. Quels sont les obstacles que vous rencontrez lors de vos travaux de récupération des sols dégradés

R.15. Utilisez-vous la dent IR 12 dans la pratique du zaï mécanisé ?

Oui Non

Adoption de la culture du niébé sous zaï.

N.1. Avez-vous un champ dans votre exploitation où vous pratiquez le zaï ?

Oui Non

N.2. Si oui, quelle spéculature cultivez-vous dans ce champ ?

Sorgho Mil Niébé

N.3. Si utilisation du niébé, pourquoi utilisez-vous le niébé sur ces terres?

N.4. Pensez-vous que l'utilisation du niébé peut contribuer à une restauration rapide des terres dégradées ? Oui Non

N.5. Si non, pourquoi ?

N.6. Si oui, Comment ?

N.7. Pourquoi n'utilisez-vous pas alors le niébé sur ces terres ?

.....

N.8. Pensez-vous que l'utilisation du niébé sur les terres non encore dégradées permet de préserver leur fertilité ? Oui Non

N.9.Si oui, pourquoi ?.....

N.10.Si non, pourquoi ?.....

N.11.Cultivez-vous le niébé ou le sorgho sur les autres champs ? Sorgho Niébé

N.12.Si niébé, quelle est sa place dans votre exploitation en terme de superficie?

1^{er} 2^{ème} 3^{ème} 4^{ème}

N.13.Si sorgho, quelle est sa place et pourquoi ?

N.14.Cultivez-vous le niébé en association avec d'autres cultures ou dans un champ mono spécifique ?

En association avec d'autres cultures Champ mono spécifique

N.15.Quel est le rendement moyen de votre champ de niébé ?.....

N.16.Si vous cultivez le niébé, qui vous fournit les semences ?.....

N.17.Les semences sont-elles certifiées avant le semis ?

Oui Non

N.18.Quelles sont les principales destinations de votre niébé produit ?

Autoconsommation commercialisation
Autre

N.19.Si autre, précisez :.....

N.20.Quelles sont les principales destinations de votre production du sorgho ?

Autoconsommation commercialisation Autre

Si autre, précisez :.....

N.21.Quelles sont les raisons qui vous motivent dans la production du niébé ?

La précocité de la production. La multitude des usages.

Commercialisation facile. Sa facilité d'entretien
Autre

N.22.Si autre, précisez :.....

N.23.Quelles sont les contraintes associées à la production de niébé ?

Récolte pendant le pic des travaux . Récolte étalée

Sensible aux attaques

N.24.Si autre, précisez :

N.25.Combien coûte un kg du niébé en début de récolte ? (Octobre).....

N.26.Combien coûte un kg du niébé en début de saison pluvieuse ? (Mai).....

N.27.Combien coûte un kg du sorgho en début de récolte ? (Octobre).....

N.28.Combien coûte un kg du sorgho en début de saison pluvieuse ? (Mai).....

N.29.Qui sont les acteurs du marché ?

Les commerçants locaux

Les commerçants d'autres régions

N.30.Avez-vous des difficultés de conservation de niébé ?

Oui

Non

N.31.Quels sont les produits utilisés pour la conservation du niébé ?

.....
.....

N.32.Avez-vous besoin d'une formation sur la conservation du niébé ?

Oui

Non

N.33.Si oui, serez-vous prêt à financer le coût de la formation ?

Oui

Non

N.34.Si le marché du niébé est bénéfique ailleurs, serez-vous prêt à vous impliquer dans sa production ?

Oui

Non

N.35.Si oui, aurez-vous besoin d'une variété améliorée du niébé ?

Oui

Non

MENTION ASSEZ BIEN

N.36.Pensez-vous avoir besoin d'une formation sur la production du niébé sous zai ?

Oui

Non

N.37.Si oui, serez-vous prêt à participer financièrement au coût de la formation ?

Oui

Non

N.38.Avez-vous l'équipement nécessaire pour la culture du niébé sous zai ?

Oui

Non

N.39. Si non, de quel type de matériel avez-vous besoin ?

N.40. Bénéficiez-vous du crédit agricole ?

Oui

Non

N.41. Si oui, à quoi cela vous sert-il ?
.....
.....

N.42. Quelles sont les modalités de remboursement de ce crédit ?

N.43. Si non, auriez-vous besoin de ce service ?

Oui

Non

N.44. Si oui, proposez un modèle de remboursement :
.....
.....

N.45. La production globale de votre exploitation dans ces dernières années est-elle en augmentation ou en baisse ?

Augmentation

Baisse

N.46. Qu'est ce qui justifie cela ?
.....
.....
.....

N.47. Notes additionnelles :
.....
.....
.....