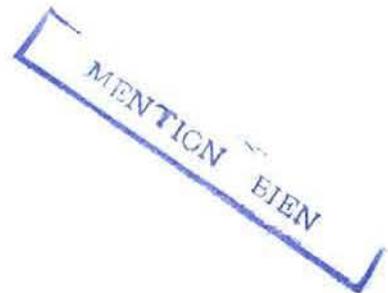


BURKINA FASO
UNITE-PROGRES-JUSTICE

**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 DU DEVELOPPEMENT RURAL

OPTION : AGRONOMIE

THEME : Fertilité chimique des lixisols et production du sorgho et du niébé dans le Centre Ouest du Burkina Faso : impact des stratégies paysannes en relation avec les conditions socio-économiques des ménages.

Présenté par : TRAORE Ouakoltio Youssouf Abidine

Maître de stage : Dr François LOMPO

Directeur de mémoire : Pr Hassan Bismarck NACRO

JUIN 2010

N°:2010/Agro



BURKINA FASO
UNITE-PROGRES-JUSTICE

MENTION BIEN

**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 DU DEVELOPPEMENT RURAL

OPTION : AGRONOMIE

THEME : Fertilité chimique des lxisols et production du sorgho et du niébé dans le Centre Ouest du Burkina Faso : impact des stratégies paysannes en relation avec les conditions socio-économiques des ménages.

Présenté par : TRAORE Ouakoltio Youssouf Abidine

Maître de stage : Dr François LOMPO

Directeur de mémoire : Pr Hassan Bismarck NACRO

JUIN 2010

N°:2010/Agro

Table des matières

<u>Titres</u>	<u>Pages</u>
DEDICACE	iv
Remerciements	v
Liste des sigles et abréviations.....	vi
Liste des tableaux.....	vii
Liste des figures.....	viii
Résumé.....	ix
Abstract.....	x
INTRODUCTION	1
I. Etat des sols au Burkina Faso	3
II. Les lixisols ou sols ferrugineux tropicaux.....	4
II.1. Description	4
II.2. Etat de fertilité des lixisols	5
III. Le phosphore : rôle dans la plante et dans les sols.....	5
Le phosphore dans les lixisols du Burkina.....	6
IV. La matière organique	7
V. Pratiques de restauration des sols et gestion de la fertilité des sols.....	9
IV.1. Le zaï	10
IV.2. Les demi-lunes	11
IV.3. Les ouvrages antiérosifs.....	11
IV.4. Le paillage	13
VI. Généralités sur le sorgho et le niébé	14
VI.1. Le sorgho.....	14
VI.2. Le niébé.....	15
VI.3. Importance du sorgho et du niébé au plan national	16
I. La région du Centre Ouest	17
I.1. Situation géographique.....	17
I.2. Le climat et la végétation	17
I.3. Les sols	18
II. La zone d'étude.....	18

II.1. Localisation	18
II.2. Le climat	19
II.3. Les précipitations	19
II.4. Les températures et évapotranspiration	20
II.5. La végétation	20
II.6. Les sols	20
II.7. Population et système de culture	21
I. Le matériel végétal.....	22
II. Populations étudiées	22
III. Préparatifs des travaux de terrain	22
IV. Les travaux de terrain	23
IV.1. Choix des champs	23
IV.2. Piquetage et prélèvements des sols	23
IV.3. Les récoltes	24
IV.4. Les enquêtes auprès des producteurs	26
IV.5. Les analyses de sol	27
IV.6. Traitement des données et analyses statistiques.....	27
I. Caractéristiques chimiques des sols, gestion de la fertilité et production du sorgho et du niébé dans les champs étudiés.	28
I.1. Caractéristiques chimiques des sols	28
I.2. Stratégies de fertilisation du sol dans les champs étudiés	31
I.3. Production du sorgho et du niébé dans les champs étudiés	32
Discussion.....	34
Conclusion partielle	36
II. Relations entre les stratégies de gestion de la fertilité des sols, les caractéristiques chimiques des sols et les rendements du sorgho et du niébé.	37
II.1. Influence des stratégies de fertilisation sur les propriétés chimiques des sols.....	37
II.2. Influence des stratégies de fertilisation sur la production du sorgho et du niébé dans les champs étudiés.	38
I.3. Influence des techniques de protection du sol sur la production du sorgho et du niébé dans les champs étudiés.....	39
Discussion.....	40
Conclusion partielle	42
III. Conditions socio économiques des ménages et caractéristiques des exploitations.....	43
III.1. Caractéristiques des exploitations	43

III.2. Conditions socio-économiques des ménages	44
Discussion.....	46
Conclusion partielle	47
IV. Influence des conditions socioéconomiques sur les pratiques de gestion de la fertilité des sols	48
IV.1. Coût annuel de la main d'œuvre et techniques de conservation du sol.....	48
IV.2. Influence de la formation	49
IV.3. Influence du nombre d'animaux.....	50
IV.4. Influence du statut de l'exploitant du champ.....	51
Discussion.....	52
Conclusion partielle	53
Références bibliographiques	56
Annexes.....	I

DEDICACE

*A la mémoire de mon grand-père TRAORE Ardjouma, décédé le 23 mars
2006.*

*A mes parents TRAORE Ali et TRAORE Djénéba qui m'ont donné
amour et éducation. Puisse la graine que vous avez semé devenir l'arbre
qui pourra vous supporter.*

A mes frères et sœurs pour leur affection et leur soutien moral.

*A mon oncle TRAORE Karim qui m'a donné l'amour des sciences
agronomiques et n'a jamais cessé de m'encourager dans cette direction.*

Remerciements

Ce mémoire qui représente le couronnement d'un cursus est le fruit d'une collaboration entre l'Institut de Développement Rural (IDR) et l'Institut de l'Environnement et des recherches Agricoles (INERA). Il a été réalisé grâce aux appuis multiformes d'un certain nombre de personnes à qui nous voulons témoigner notre reconnaissance et notre gratitude. Il nous plait de dire merci :

- Au corps enseignant de l'IDR pour nous avoir assuré une formation de qualité.
- Au Dr François LOMPO, notre maître de stage pour sa disponibilité et ses efforts déployés pour l'aboutissement de ce travail, malgré ses multiples occupations.
- Au Pr. Hassan Bismarck NACRO, notre directeur de mémoire pour sa patience et ses critiques constructives qui ont donné sa valeur scientifique à ce mémoire, malgré ses multiples occupations.
- A M. Delwendé Innocent KIBA, pour avoir œuvré activement à nos côtés durant toutes les étapes de la construction de ce mémoire.
- Au directeur de L'INERA, aux directeurs des centres INERA/Kamboinsé et INERA/Saria, aux chefs des programmes GRN/SP de L'INERA/Kamboinsé et de L'INERA/Saria, aux Chefs des Laboratoires Sol-Eau-Plante de L'INERA/Kamboinsé et de L'INERA/Saria, pour nous avoir accepté dans leurs structures.
- A M. ROTZLER David pour sa participation, son aide précieuse aux harassantes journées de travail accomplies, et pour son esprit d'amitié durant son séjour au Burkina.
- Aux techniciens de l'INERA/Saria, M. SANON Martin et M. COULIBALY Dofinita pour leur participation active lors des travaux de terrain.
- A M. KABORE Souleymane pour nous avoir servi de guide et d'interprète durant nos travaux de terrain malgré ses travaux champêtres.
- Aux braves paysans des villages de Saria, Villy, Siguinvoussé, Nandiala, Godin et Poa pour avoir cru et participé à ce travail.
- Aux camarades stagiaires de Saria (KAKOBE Yacouba) et de Kamboinsé (SOMDA Beatrice, OUEDRAOGO Sibri et SOMA D. Mariam) pour l'entraide mutuelle.
- A nos parents et amis pour leurs soutiens multiformes durant notre parcours scolaire.

Que Dieu tout puissant vous récompense tous à la hauteur de vos attentes.

Liste des sigles et abréviations

C :	Carbone
Ca :	calcium
CEC :	capacité d'échange cationique
INERA :	Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles
K :	potassium
Mg :	magnésium
MO :	matière organique
N :	azote
P :	phosphore

MENTION BIEN

Liste des tableaux

Tableau 1 : Stratégies de protection des sols pratiquées dans les champs étudiés.....	32
Tableau 2 : Classification des rendements grains du sorgho et du niébé en pourcentage du nombre total des champs étudiés.....	33
Tableau 3 : Classification des densités de semis du sorgho et du niébé en pourcentage du nombre total des champs étudiés.....	34
Tableau 4 : caractéristiques chimiques des sols en fonction des types de fertilisations appliquées.....	37
Tableau 5 : rendements sorgho (en t/ha) des champs en fonction des types de fertilisations appliquées.....	38
Tableau 6 : rendements du niébé (en t/ha) des champs en fonction des types de fertilisations appliqués	39
Tableau 7 : rendements du sorgho (t/ha) dans les champs dans les champs aménagés et non aménagés en zaï.....	39
Tableau 8 : Effet des ouvrages antiérosifs sur les rendements grains et la biomasse totale du sorgho (en t/ha)	40
Tableau 9 : Effets des ouvrages antiérosifs sur les rendements grains et la biomasse totale du Niébé en t/ha	40
Tableau 10 : Situation économique des ménages	45
Tableau 11 : Conditions sociales des ménages	46
Tableau 12 : Moyennes des coûts annuels de la main d'œuvre des exploitations pratiquant ou pas les différentes techniques de conservation de sol	49
Tableau 13 : Nombre moyens d'animaux possédés par les exploitations pratiquant ou pas les différentes techniques de conservation du sol.....	51

Liste des figures

Figure 1: Trous de zaï (source : http://www.fao.org/teca/fr/content/water-harvesting-zaï-pits-or-tassa)	10
Figure 2: Cordons pierreux (Source: OUEDRAOGO 2005)	12
Figure 3 : localisation de la région du Centre-Ouest du Burkina Faso	17
Figure 4: Pluviosité des dix dernières années mesurées dans la station de Saria.....	19
Figure 5: Nombre de jour de pluies par mois relevés Saria pour l'année 2009.....	19
Figure 6 : Schéma général de piquetage et des prélèvements de sol dans un champ	24
Figure 7 Récolte des gousses de niébé	25
Figure 8: Récolte du sorgho dans une placette.....	26
Figure 9 : Répartition des champs par classes de rapport C/N et de pH	29
Figure 10 : Répartition des champs par classes de P assimilable, de C et de N total	30
Figure 11 : répartition des champs selon les apports d'engrais organiques et minéraux.....	31
Figure 12 : Répartition des exploitations selon le nombre d'animaux possédé.....	43
Figure 13 : Répartition des exploitations selon l'équipement agricole	44
Figure 14 : Pourcentage de pratiques des techniques de protection du sol dans les exploitations formées et non formées	50
Figure 15 Pourcentage d'application des différentes techniques de conservations de sol dans les champs prêtés et dans les champs exploités par leurs propriétaires	51

Résumé

Face aux problèmes de disponibilité et de dégradation croissante des terres, les populations rurales du Burkina Faso et particulièrement celles du centre-ouest du pays pratiquent de nombreuses stratégies de gestion de la fertilité du sol. Ces stratégies sont une combinaison de pratiques endogènes et des applications des résultats de la recherche agricole. Ce travail a eu pour but d'étudier la fertilité des sols, et l'influence des conditions socioéconomiques des agriculteurs sur leurs stratégies de gestion de la fertilité. L'étude a concerné des champs de sorgho ou de niébé de 167 exploitations dans six (06) villages (Poa, Saria, Villy, Siguinvoissé, Nandiala et Godin) de la province du Boulkiemdé. Des échantillons de sol ont été prélevés à la tarière sur l'horizon 0-10 cm et analysés et les rendements ont été déterminés grâce à des carrés de rendement. Une enquête auprès des 167 ménages concernés a permis d'analyser leurs conditions socioéconomiques, et les stratégies de gestion de la fertilité des terres généralement pratiquées sur leurs fermes et particulièrement sur leurs champs sélectionnés. Les résultats montrent que les sols ont des propriétés chimiques défavorables avec de faibles niveaux de carbone, d'azote et un rapport C/N élevé. Le phosphore est l'élément le plus limitant. Pour 41% des sols étudiés le niveau de P disponible est inférieur à 1 mg/kg de sol. Les stratégies de fertilisation pratiquées par les paysans ne permettent pas d'améliorer significativement ses teneurs dans le sol. Les rendements mesurés sont faibles et inférieurs à 500 kg de grains de sorgho dans 54% des champs. Diverses techniques de conservations de sol sont utilisées dans les champs. Parmi ces techniques, seule le zaï a eu un impact direct sur les rendements du sorgho. Les conditions des ménages étudiés sont très modestes et certaines caractéristiques socioéconomiques ont une influence sur le choix des techniques de conservation de sol. La pratique du zaï dépend plus de la capacité d'investissement en main d'œuvre des exploitations que de leur nombre d'animaux. La formation en gestion de la fertilité du sol des ménages ne s'est pas révélée déterminante dans l'application des techniques de conservation de sol. Le niveau économique des ménages et le statut de propriété des champs influencent l'application des ouvrages antiérosifs coûteux tels que les cordons pierreux et bandes enherbées. Les diguettes sont pratiquées par les exploitations qui pour des contraintes économiques ou foncières ne peuvent se procurer les cordons pierreux ou les bandes enherbées.

MENTION BIEN

Mots clés: Gestion de la fertilité des sols, Phosphore, Conditions socioéconomiques, Burkina Faso

Abstract

Due to the population pressure and land degradation intensity, the rural populations of Burkina Faso and particularly those of the western - Center of the country have developed number of strategies for soil fertility management. These strategies are combination of endogenous practices and the applications of the results of research. The objective of this study was to study soil fertility, and the influence of the social-economic status of farmers on their soil fertility management strategies, and their effects on the fertility of the bush fields, in particular the influence of social-economic status of farmers on strategies which they adopt. Study carried out the sorghum and cowpea crops of 167 farms in six (06) villages (Poa, Saria, Villy, Siguinvoussé, Nandiala and Godin) of the province of Boulkiemdé. Soils were sampled and analyzed and the yields measured. The 167 households were surveyed in order to analyze their social economic status and the agricultural practices generally used in their bush fields and the practices used in the chosen fields for yields and soil properties measurements. Results show that the soils have unfavorable chemical properties with low carbon and nitrogen level, and a high C/N ratio. Phosphorus is the most limiting element. Available phosphorus is lower than 1 mg/ kg for 41% of the studied soils. The fertilization applied by the farmers did not improve it level in the soil. The assessed yields are poor and lower than 500kg/ha of sorghum grain in 54% of crops. Various techniques of soil conservation are used in the crops. Among these techniques, zaï had a direct impact on the sorghum yields. The studied households have very modest conditions, and some of the social-economic characteristics influence the choice of the soil conservation techniques. The practice of “zaï” more depends of the capacity of farms to invest in labor coast than their number of animals. Training households in soil fertility management did not turn to be decisive in the application of the techniques of conservation. The economic level of household and the status of ownership of fields influence the application of expensive anti-erosive management such as the stone lines and grass bands. Furrow slice are used by the farms that have economic or land constraints for building the stone lines or the grass bands.

Key words: Soil fertility management, Phosphorus, Social economic status Burkina Faso

INTRODUCTION

Outre la pluviosité inadéquate et incertaine, la pression démographique et la mauvaise gestion des terres agricoles constituent des facteurs importants de la dégradation continue des sols dans les régions semi-arides d'Afrique de l'Ouest. Cela freine fortement le développement de ces pays dont l'économie est basée sur l'agriculture.

Le Burkina Faso est un pays à dominance agricole où l'agriculture occupe près de 77,3% de la population active (RPGH, 2006), et contribue pour près de 40% au produit intérieur brut. L'agriculture burkinabè est une agriculture de subsistance basée sur la culture céréalière (sorgho, mil, maïs, fonio et riz) qui occupent 88% des superficies annuellement emblavées et constitue la base alimentaire de la majorité de la population (OUEDRAOGO *et al.*, 2006). Dans le plateau central, la culture des céréales est très souvent associée à celles des légumineuses. La production traditionnelle du niébé en association avec le sorgho permet aux exploitations de disposer d'un revenu pour acheter des céréales (ZOUNDI *et al.*, 2007).

Le plateau central du Burkina fait partie des régions les plus arides d'Afrique de l'Ouest, où la dégradation des ressources naturelles demeure de nos jours un problème majeur pour le développement agro-sylvo-pastoral (PONTANIER *et al.*, 1995). Les sols de cette région sont dominés par des lixisols (sols ferrugineux tropicaux lessivés) ayant des caractéristiques physiques et chimiques défavorables. Ce sont des sols sensibles à l'érosion et à l'encroûtement, avec des faibles teneurs en matières organiques, en bases échangeables, en azote et surtout en phosphore (PALLO et THIOMBIANO 1989; SEDOGO 1981). C'est sur ces terres que les populations pratiquent une agriculture soumise aux contraintes climatiques (mauvaise répartition spatio-temporelle des pluies), et socioéconomiques. La pauvreté des populations rurales, le coût élevé des intrants agricoles, et la faible intégration entre l'agriculture et l'élevage ne permettent pas aux petits exploitants d'assurer l'entretien de la fertilité de leurs champs. De plus, la région connaît une forte pression sur les terres cultivables, entraînant la disparition de la jachère, méthode traditionnelle de régénération des terres (LOMPO 1993 ; SEDOGO 1993 ; PIERI 1989).

Dans un tel contexte il est difficile pour les petits producteurs de parvenir à de bons rendements. Le rendement moyen du sorgho au niveau national serait moins de une tonne à l'hectare (DAKUO *et al.*, 2005) ce qui constitue une contrainte majeure pour la sécurité alimentaire. De plus on note souvent une forte hétérogénéité des rendements sur le terrain.

Certains petits producteurs arrivent à outrepasser ces contraintes multiples et atteignent des rendements satisfaisants. La question que l'on se pose est: qu'elles stratégies utilisent de tels producteurs ?

Plusieurs stratégies de gestion de la fertilité des sols ont été initiées par les producteurs et développées par les chercheurs souvent en collaboration avec les paysans en vue d'améliorer la productivité des systèmes agricoles. Parmi ces stratégies, certaines sont bien connues dans le plateau central du Burkina Faso. Il s'agit entre autres des techniques de conservation des eaux et des sols (zaï, demi-lunes, cordons pierreux, bandes enherbées etc.) qui sont connues pour avoir des effets positifs sur les rendements des cultures (ZOUGMORE et *al*, 2004). En outre, l'utilisation des matières organiques et de micro doses d'engrais minéraux sont des sujets actuels de recherches majeures pour les institutions de recherches agricoles comme l'INERA. Dans cette étude qui a pour thème << **Fertilité chimique des lxisols et production du sorgho et du niébé dans le Centre Ouest du Burkina Faso : impact des stratégies paysannes en relation avec les conditions socio-économiques des ménages**>>, notre objectif principal est de faire l'état des lieux des stratégies de gestion de la fertilité du sol pratiquées en milieu paysan. Les objectifs spécifiques de notre travail sont :

- étudier l'effet des stratégies sur la fertilité des sols et les rendements du sorgho et du niébé en milieu paysan
- identifier les caractéristiques socioéconomiques des ménages qui influencent l'adoption des stratégies de gestion de la fertilité du sol.

Nous faisons l'hypothèse que : (1) les stratégies de gestion de la fertilité des sols pratiquées par les paysans améliorent la fertilité des sols et les rendements des cultures et (2) qu'il existe un lien entre la situation socio-économique des producteurs et leur habilité à pratiquer ces stratégies.

Ce mémoire est structuré de la façon suivante : Dans un premier chapitre nous présentons une revue de littérature sur la fertilité des lxisols et les stratégies de gestion de la fertilité des sols au Burkina. Le deuxième chapitre présente la région et le site de l'étude. Le troisième chapitre a trait aux matériels et méthodes utilisés. Enfin dans le quatrième chapitre nous présentons les résultats et les discussions suscités.

CHAPITRE 1 : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

I. Etat des sols au Burkina Faso

Les terres arables au Burkina Faso occupent 17,7% de la superficie totale du pays soit environ 9 millions d'ha parmi lesquels 3 millions sont actuellement exploités (Banque Mondiale, 2008). Il s'agit de terres exploitables pour la production agricole. Ces sols sont caractérisés par leur pauvreté minérale. La teneur en azote totale est inférieure à 0,06% pour 71% des sols ; près de 93% des sols présentent une teneur en phosphore assimilable inférieure à 30 mg/kg. La teneur en potassium échangeable est également très faible. Selon une étude conjointe PNUD-FAO (2008), la teneur en matière organique des sols est inférieure à 1% pour 55% des sols étudiés, de 1 à 2% pour 29% des sols et supérieure à 2% pour seulement 16% des sols. Environ 10% des sols ont leur pH inférieur à 5 ; 60% l'ont entre 5-6 et pour 30% il se situe au delà de 6. Selon BERGER *et al.* (1987), l'on est en présence de sols relativement acides où l'aluminium se manifeste souvent dès que le pH est en dessous de 5.

Il peut être distingué 8 principaux types de sols au Burkina (classification Française). Ce sont :

La classe des sols à sesquioxydes de fer et de manganèse (39%) constitués par la sous-classe des sols ferrugineux ou lixisols (classification, FAO) ;

Les sols peu évolués d'érosion (26%) ;

Les sols brunifiés (6% avec des cas d'hydromorphie) ;

Les vertisols (6%), qui sont des sols difficiles à travailler avec les moyens traditionnels car trop lourds à l'état humide et durs à l'état sec ;

Les sols ferralitiques (2%) à texture grossière avec une faible réserve en eau ;

Les sols hydromorphes (13%) ;

La classe des sols sodiques ou salsodiques (5%) caractérisés par la prise en masse du sol et à la tendance à l'alcalinisation ;

Les sols minéraux bruts et les sols halomorphes (3%) à intérêt agronomique quasi nul, mais pouvant servir de pâturage.

II. Les lixisols ou sols ferrugineux tropicaux

II.1. Description

Les sols ferrugineux tropicaux lessivés ou lixisols (classification FAO-Unesco, 1988) désignent un groupe de sols fortement érodés dans lesquels l'argile a migré vers des horizons de profondeurs. Le terme « lixisol » provient du latin *lixivia* (= lessive) indique une forte altération des horizons de surface et accumulation d'argile dans un horizon de profondeur appelé horizon argilique. La plupart des lixisols tropicaux sont classés comme des Alfisols selon la *Soil taxonomy* de l'United States Department of Agriculture (USDA), ou encore comme sols ferrugineux tropicaux lessivés dans le système Français de classification des sols (VAN WANBEKE, 1995).

Les lixisols se rencontrent dans les régions tropicales et subtropicales chaudes à saison sèche marquée, sous une végétation de forêt claire et de savane, ou sous une végétation buissonnante. Le régime d'humidité le plus fréquent des lixisols est du type rustique, souvent proche du régime d'humidité aridique (VAN WANBEKE, 1995). Plus de la moitié des lixisols rencontrés dans le monde se trouveraient ainsi en Afrique sub-saharienne et en Afrique de l'est (FAO, 2006)

Ils se caractérisent par un horizon éluvial de texture légère, recouvrant un horizon illuvial argilique (riche en argile fine) et situé entre 100 et 200 cm de la surface du sol. Ces sols ont ainsi dans les horizons de surface, une faible Capacité d'Echange Cationique (CEC) et des réserves en éléments nutritifs naturellement basses.

L'utilisation agricole des lixisols est confrontée à un certain nombre de contraintes. Ils sont très érosifs à cause de leur perméabilité moindre en profondeur liée à la présence de l'horizon argilique qui a une teneur en argile plus élevée que la partie supérieure du profil. La moindre pente entraîne l'érosion surtout lorsque la surface du sol n'est pas protégé par une strate végétale.

La compaction ou durcissement est un problème fréquent pour ces sols, surtout dans les zones où la sécheresse est prononcée et aussi dans les sols contenant de grandes quantités de limon fin et de sable grossier. Elle est d'autant plus grave lorsque les pratiques culturales exposent la surface du sol à la battance et à l'insolation directe. L'autre problème physique le plus souvent rencontré est la formation à la surface du sol d'une fine pellicule scellée, très dense et dure lorsqu'elle sèche. Ce phénomène connu sous le nom d'encroûtement ou plombage supprime la

porosité et provoque l'imperméabilité en surface du sol. Ces croûtes affectent l'infiltration, favorisent le ruissellement et affectent la levée au semis.

L'aménagement des lixisols se fait par des techniques visant à alléger les contraintes de durcissement, les risques d'érosion, et à améliorer le statut organique de ces sols. Parmi ces techniques on peut citer le paillage, l'enfouissement de la matière organique (MO) l'utilisation d'ouvrages antiérosifs et de techniques de réhabilitation du sol (VAN WANBEKE, 1995).

II.2. Etat de fertilité des lixisols

Les lixisols se caractérisent par certaines caractéristiques chimiques défavorables. Ce sont des sols acides (pH eau 5,5) à légèrement acide (pH eau 6,5). Les horizons de surface sont en général plus acides que les horizons sous-jacents (PALLO et THIOBIANO, 1989). Mis en culture, ces sols ont une grande tendance à l'acidification, surtout lorsqu'ils sont cultivés sans ou avec très peu d'apport de matière organique, ou soumis à la fertilisation minérale seule (SEDOGO 1993 ; KAMBIRE 1994; HIEN 2004). Cela favoriserait l'apparition d'une toxicité aluminique pouvant entraîner une baisse des rendements.

Du fait de leurs faibles teneurs en MO, les sols ferrugineux tropicaux lessivés sont très pauvres en azote total avec des valeurs généralement inférieures à 0,1%. Cela fait de cet élément l'un des plus limitant pour la productivité agricole des lixisols. Les teneurs en potassium total sont moyennes tandis que celles en potassium disponible sont basses (DMP/GEF 2004).

L'élément le plus crucial des lixisols est le phosphore. De nombreux auteurs (PALLO et THIOBIANO, 1989; SEDOGO, 1993; LOMPO, 1993 et 2008) ont montré une carence générale en phosphore total et assimilable dans ces sols.

III. Le phosphore : rôle dans la plante et dans les sols

Le phosphore (P) entre dans la constitution des molécules essentielles à la vie des cellules telles que les acides nucléiques, les phosphoprotéines et les phospholipides membranaires. En entrant dans la composition des molécules de réserve d'énergie telle que l'ATP ; il joue un rôle déterminant dans le métabolisme cellulaire et dans les transferts d'énergie. En tant que élément majeur indispensable au développement des végétaux, il participe à la croissance générale de la plante, notamment au développement du système racinaire et racinaire, d'où son

abondance dans la graine et dans les jeunes organes. Lorsqu'il est disponible en quantité suffisante, le phosphore permet une utilisation plus efficace des autres éléments. Sa carence retarde la croissance et perturbe la reproduction de la plante en réduisant quantitativement et qualitativement la production de fleurs, de fruits et de grains.

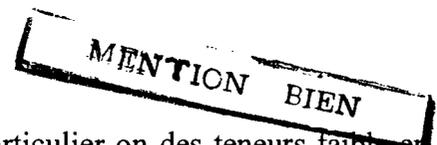
L'effet de l'application des engrais phosphatés sur les propriétés physiques du sol a fait l'objet d'une synthèse présentée par LOMPO (2008). Ces effets se résument à une amélioration de la structure du sol et de la stabilité des agrégats. Ces effets sont essentiellement liés à l'augmentation des liaisons entre le phosphore et les autres éléments dans le sol tels que l'aluminium, le fer aussi à l'augmentation de la biomasse racinaire et à la stimulation des organismes producteurs de mucilage favorisant l'agrégation et une bonne structuration des sols.

Les engrais phosphatés améliorent la CEC des sols, cela d'une part, par l'absorption du P par les oxydes de fer et l'aluminium, et d'autre part l'augmentation des charges négatives sur les colloïdes du sol (LOMPO, 2008).

Par son action stimulatrice dans la croissance en densité et en longueur des racines, le Phosphore augmente les quantités de ces organes végétaux, source de matière organique (MO) stable et durable dans le sol. Le phosphore stimule aussi la production de la biomasse microbienne qui contribue pour 2 à 3 % à la matière organique totale des sols (LOMPO, 2008).

Le phosphore est ainsi un élément majeur et indispensable pour la plante et le sol, dont l'absence ou le manque limite considérablement les possibilités de production agricole.

Le phosphore dans les lixisols du Burkina



Les sols du Burkina de façon générale et les lixisols en particulier ont des teneurs faibles en P assimilable. Les origines de cette carence sont à rechercher d'une part dans la nature du substratum géologique et son évolution au cours de la formation du sol, et d'autre part dans les faibles teneurs de MO et l'épuisement rapide de ces sols après leur mise en culture (SEDOGO, 1981). Des travaux réalisés par COMPARORE et *al.* (2001) ont montré des teneurs en P disponible des sols du Burkina autour de 1,12 mg/kg loin en deca du seuil de déficience établi à 5 mg/kg. BATIONO et *al.* (1998) ont rapporté des pertes annuelles en phosphore de plus de 2 kg /ha. Les lixisols du Burkina sont riches en hydroxyde de fer et d'aluminium et les fractions de P liées à ces métaux y sont prédominantes. Plusieurs auteurs (BARBER, 1977 et FIRDAUS, 2001 cités par SAWADOGO, 2002), et aussi PIERI, (1989), et LOMPO (2008) ont indiqué que lorsqu'on applique des engrais phosphatés solubles au sol, une partie des ions

phosphatés est rapidement adsorbée sur les surfaces des particules solides du sol et précipitée sous forme de phosphates de fer, d'aluminium et de calcium, ou convertie sous forme organique. Dans les cas de sols riches en fer et en aluminium, ce processus est si prononcé que l'alimentation phosphatée des cultures devient difficile (SOLTNER, 1996). Les conditions de minéralisation rapide de la MO qui caractérisent les sols tropicaux entraînent aussi un appauvrissement du sol et une rétrogradation du P apporté comme engrais vers des formes liées au Fe et à l'Al qui sont plus difficiles à assimiler par les plantes.

Pratiques paysannes et carences en phosphore

La mise en culture continue des terres, conduit à l'épuisement des sols et à une baisse du stock en éléments nutritifs dont le P. La carence en P des sols est corrélée à la densité de la population et au système de culture pratiqué (LOMPO, 1993 et 2008). Cette carence se retrouverait dans les zones à forte pression foncière selon DUPONT DE DINECHIN et DUMONT (1967) cités par LOMPO (2008). Les mauvaises pratiques entraînent une baisse de la fertilité des sols non compensée par une fertilisation conséquente. Cette situation est imputable aux conditions socio économiques des exploitations. Les apports en phosphore sont limités à cause de la cherté des engrais minéraux et des conditions socio économiques des ménages. (COMPAORE et *al.*, 2003).

IV. La matière organique

Par opposition aux constituants minéraux, la matière organique du sol regroupe toutes les substances d'origine végétales ou animales se trouvant dans le sol. Ces substances représentent un mélange variable de quatre grandes classes de composés organiques (vivants, fraîches, transitoires et stabilisés) (DELVILLE, 1996; POUSSET, 2000 ; TRAORE, 2006). La matière organique du sol joue un rôle important dans les propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol.

Selon PIERI (1989), la MO est l'agent principal de stabilisation de la structure des terres de savane. Les matières organiques accroissent la stabilité structurale du sol, (MUSTIN, 1987), grâce à la constitution du complexe argilo-humique. Sa présence en quantité suffisante dans le sol stimule l'activité biologique. Elle contribue à la survie et à l'activité de la faune (arthropodes, vers de terre etc.). Les activités de ces microorganismes augmentent ainsi la

porosité du sol ce qui facilite la pénétration des racines et la résistance à l'érosion (YOUNG, 1995). La MO enfouie dans le sol limite les pertes en eau par remontée capillaire et par évaporation (NANEMA, 1990).

La matière organique joue un rôle capital dans la durabilité des systèmes de production. L'utilisation du fumier ou du compost permet d'accroître le taux de matière organique du sol, d'améliorer les teneurs en éléments nutritifs et d'accroître les rendements des cultures (SEDOGO, 1981 ; BONZI, 1989). La fumure organique permet d'accroître la CEC du sol par le complexe argilo-humique ; elle joue un rôle tampon contre l'acidification du sol et permet une meilleure utilisation et une plus grande efficacité des engrais minéraux.

Les producteurs utilisent des matières organiques de différentes qualités pour la fertilisation de leurs champs (BONZI, 1989 ; SEDOGO, 1981 et 1993 ; KAMBIRE 1994 ; DIALLO 2002 ; HIEN 2004). Les principales sources de matière organique utilisées par les producteurs sont essentiellement : le fumier, le compost, les résidus culturaux (pailles) les déchets de ménage etc.

La qualité de la matière organique peut être évaluée selon deux techniques :

- après analyse au laboratoire. Dans ce cas on apprécie la qualité de la matière organique par 2 indicateurs: le taux de matière organique (MO) et le ratio carbone/azote (C/N)
 - Le taux de matière organique correspond au pourcentage de la proportion de matière organique dans le sol. Un bon taux de matière organique doit être supérieur à 0.5%. Le taux de matière organique est l'indicateur le plus couramment utilisé mais il n'est pas suffisant.
 - Le ratio C/N est un indicateur pour apprécier la qualité de la matière organique et caractérise le plus ou moins bon fonctionnement du sol (FALISSE et *al.*, 1994; POUSET, 2000). Lorsqu'il est élevé cela est un signe d'une dégradation trop lente de la matière organique. Lorsqu'il est trop faible il met en évidence une activité trop importante dans le sol. BONZI, (1989) montre que les composés organiques à C/N bas (composts par exemple) se dégradent et libèrent plus rapidement les éléments minéraux qui les composent que ceux à C/N élevé (pailles par exemple). Ils ont ainsi un « effet engrais » plus rapide et plus significatif dans la fertilisation du sol.
- Par le choix dans la fumure de matières riches en différents éléments
 - Les matières riches en carbone (les bruns, les durs, les matières sèches).

- Matières riches en azote (les verts, les mous, les matières humides).

Si son importance dans l'amélioration de la fertilité du sol est bien connue, l'utilisation de la MO pose des problèmes au niveau des exploitations. Il s'agit de la disponibilité des matières organiques et de la faisabilité des restitutions organiques dans les conditions agro socio économiques actuelles des paysans (LOMPO, 1993).

La quantité de matière organique produite est liée au nombre d'animaux présent dans l'exploitation (KAMBIRE, 1994). Les principales contraintes à l'utilisation de la fumure organique sont la présence ou non des animaux au niveau des exploitations, de la production et du transport sur les lieux d'utilisation (LOMPO, 1993). De plus, le manque d'eau est aussi un facteur limitant pour la production du compost qui est généralement fabriqué en saison sèche.

L'utilisation des résidus de culture dans le champ, que se soit par paillage ou par enfouissement direct, permet d'enrichir le sol en MO et d'améliorer ses caractéristiques physiques. Cependant cette utilisation entraîne une immobilisation de l'azote minéral par les microorganismes (BONZI, 1989). Selon HIEN (2004) l'enfouissement direct des résidus de culture entraîne des carences en azote et/ou des problèmes de phyto-toxicité liés à la libération de phénols. L'utilisation des résidus de culture est cependant limitée à cause de la concurrence avec les utilisations domestiques : combustibles pour la cuisine, confection d'enclos et de palissades, alimentation des animaux. Les résidus de culture sont donc presque intégralement exportés au détriment des champs.

V. Pratiques de restauration des sols et gestion de la fertilité des sols

En plus de la fertilisation classique des cultures avec diverses formes de fumures, les populations utilisent des techniques endogènes ou modernes de conservation des eaux et des sols.

IV.1. Le zaï



Figure 1: Trous de zaï (source : <http://www.fao.org/teca/fr/content/water-harvesting-zaï-pits-or-tassa>)

Le zaï (figure 1) est une technique traditionnelle de conservation et de réhabilitation des terres dégradées. Cette technique serait originaire du Yatenga, dans la zone nord du Burkina Faso, et remise à jour à la faveur des sécheresses des années 1970 et 1980. Le zaï consiste à creuser des trous de 20-40 cm de diamètre et de 15 cm de profondeur. Le déblai est déposé en croissant vers l'aval pour capter les eaux de ruissellement et permettre une meilleure infiltration de l'eau de pluie. La matière organique y est ensuite apportée en quantité variable selon les paysans sous forme de fumier ou de compost (ZOUGMORE et *al.*, 1993, TRAORE et STROOSNIJDER, 2005). De nombreux auteurs ont étudié les effets du zaï sur l'amélioration des propriétés du sol (ROSE, 1989; ZOUGMORE, 2003). Ces effets se résument à une capture des eaux de ruissellement et de pluie, la concentration de la matière organique. L'apport de matière organique dans les cuvettes entraîne un regain des activités biologiques du sol. Les plantules profitent de la minéralisation de la fumure organique apportée, on note perforation de la croûte par les termites, et partant, une amélioration de la structure du sol (MANDO et MIEDIEMA 1997 ; ZOMBRE, 2006).

L'augmentation de la production due à la technique du zaï, dépend de la nature et de la quantité de matière organique apportée dans les trous. ROOSE et *al.*, (1995) ont aussi montré que la seule technique des poquets (sans aucun apport minéral ou organique) permettait, dès la première année, de doubler les rendements en grains par rapport à un simple grattage manuel du sol à la daba.

Plusieurs contraintes limitent l'utilisation de la technique du zaï à grande échelle. C'est une technique à haute intensité de travail, ce qui peut poser des problèmes aux familles disposant de peu de bras valides. La disponibilité de la fumure organique est aussi une contrainte. Cette

technique est peu adaptée dans la zone sud-soudanienne car en année de bonne pluviométrie cultures peuvent souffrir d'engorgement.

IV.2. Les demi-lunes

Cette technique serait originaire de la région de Tahoua au Niger (REIJ *et al.*, 1996). Elle consiste à creuser des demi-cercles perpendiculairement à la pente et entourés en aval, de levées de terre dites lunettes, également en demi-cercle et prolongées par des ailes en pierre ou en terre (KANTE, 2001). La demi-lune a un diamètre de 4m et l'espacement entre deux demi-lunes sur la même ligne est de 2m et de 4m entre deux demi-lunes successives soit 417 demi-lunes par hectare (ZOUGMORE *et al.*, 2003). Elles sont réalisées sur des glacis recouverts d'une croûte dure de quelques cm, qui empêche l'eau de s'infiltrer. Elles sont disposées en courbe de niveau, en quinconce et recueillent l'eau de ruissellement qui s'infiltrer. Les demi-lunes permettent de collecter les eaux de ruissellement et sont ainsi bien adaptées aux zones semi-arides et arides (HIEN *et al.*, 2004). Elles permettent une amélioration des réserves hydriques du sol ainsi qu'une augmentation de la profondeur d'humectation de 20 à 40 cm. Elles accroissent la production agricole et cela d'autant qu'on y ajoute un complément minéral ou organique ((HIEN *et al.*, 2004).

Tout comme le zaï, l'expansion de l'application des demi-lunes est freinée par la disponibilité en fumure organique, la rudesse du travail d'ouverture des cuvettes de demi-lune et souvent par le manque de main-d'œuvre et de sécurité foncière.

IV.3. Les ouvrages antiérosifs

Il s'agit d'ouvrages en terre ou en pierre construites selon les courbes de niveau et destinés à limiter les pertes de terre par ruissellement et à favoriser l'infiltration des eaux dans le champ. On distingue les cordons pierreux (figure 2), les bandes enherbées et les diguettes en terre.

IV.3.2. Les cordons pierreux



Figure 2: Cordons pierreux (Source: OUEDRAOGO 2005)

Ce sont des obstacles filtrants qui ralentissent la vitesse de ruissellement de l'eau. Ils permettent la sédimentation des particules (sables, mais aussi terre fine, matière organique) à l'amont de la diguette et une augmentation de l'infiltration des eaux ruisselantes (HIEN, 1995 ; SERPANTIE et LAMACHERE, (1998) cités par HIEN et *al.*, 2004). Selon le mode de construction on distingue trois types de cordons pierreux : le système de pierres alignées, le système FEER ou système trois pierres et le système PDS (Pierres Dressées associées au Sous-solage).

De nombreux auteurs ont étudié l'impact des cordons pierreux sur la réduction de l'érosion et du ruissellement et sur les propriétés du sol (ZOUGMORE, 2003 ; ZOUGMORE et *al.*, 2004). Il ressort de ces travaux que ces ouvrages luttent significativement contre l'érosion en retardant le début du ruissellement après une pluie et en ralentissant sa vitesse. Les cordons pierreux permettent ainsi une meilleure infiltration des eaux et le dépôt des particules fines du sol.

L'efficacité des cordons pierreux dépend de leur espacement; plus ils sont espacés moins ils sont efficaces (ZOUGMORE, 2003). Cependant un écartement de 33m entre les cordons semble être le plus économiquement rentable (ZOUGMORE et *al.*, 2000a). En année de bonne pluviométrie, les cordons pierreux n'améliorent que modérément les rendements par leur action positive sur l'érosion et l'humidité du sol. L'association d'une bonne fertilisation notamment organique augmente d'avantage leurs efficacités en améliorant les propriétés physiques et chimiques du sol (ZOUGMORE et *al.*, 2002 ; ZOUGMORE et *al.*, 2004).

Les contraintes majeures à l'adoption et la réalisation des cordons pierreux en milieu paysan restent la disponibilité et le transport des pierres, et la confection des cordons.

IV.3.2. Les diguettes en terre

Ce sont des ouvrages qui retiennent toute l'eau et favorisent son infiltration maximale. Ils sont construits en courbe de niveau tout comme les cordons pierreux et sont généralement conçus lorsque des contraintes de disponibilité des pierres empêchent la réalisation de ces derniers. Cette technique expose les cultures à un risque d'engorgement temporaire en cas de forte pluie. De plus elles sont moins durables que les cordons pierreux et nécessitent un entretien permanent (HIEN et *al.*, 2004).



IV.3.3. Les bandes enherbées

Ce sont des bandes constituées d'herbacées, installées suivant les courbes de niveau dans les champs, seules ou en amont d'autres ouvrages antiérosifs comme les cordons pierreux ou les diguettes en terre. Les espèces d'herbacées pérennes telles que *Andropogon gayanus* sont le plus souvent utilisées. Elles permettent de freiner les eaux de ruissellement et de favoriser leur infiltration. Elles jouent le rôle de filtre et provoquent ainsi le dépôt de sédiments provenant de l'amont de la bande (KAMBIRE, 2002). Elles sont cependant moins efficaces que les cordons pierreux dans la réduction de l'érosion. ZOUGMORE et *al.* (2003) expliquent que la plus grande efficacité des cordons pierreux dans la réduction du ruissellement, par comparaison avec les bandes enherbées, est imputable à la différence d'architecture entre les deux types de barrières. En outre, durant les premières années d'établissement, la bande enherbée n'est pas suffisamment dense. De plus, elle doit supporter la longue et dure saison sèche, à tel enseigne que la reprise et le développement de sa biomasse ne deviennent effectifs que un mois après le début de la saison pluvieuse. La bande enherbée entre aussi en compétition avec les cultures pour la lumière et les éléments minéraux, ce qui peut réduire la croissance des plantes à ses environs immédiats.

IV.4. Le paillage

Selon HIEN et *al.*, (2004), le paillage consiste à recouvrir le sol d'une couche de 2 cm d'herbes équivalent à 3 à 6 t/ha, ou de branchages ou encore de résidus cultureux (tiges de mil ou de sorgho), de façon à stimuler l'activité des termites. Ces derniers vont casser la croûte

superficielle du sol en creusant des galeries sous les paillis. Il en résulte un ameublissement du sol et une augmentation de sa porosité qui permettent une meilleure infiltration de l'eau. Le paillage permet de lutter contre l'insolation et de réduire l'érosion hydrique et éolienne. La décomposition progressive des pailles améliore le statut organique du sol (ROOSE, 1989). L'impact du paillage sur les rendements reste cependant très faible. Selon OUEDRAOGO, (2005) le paillage permet seulement un accroissement de rendement de l'ordre de 5%.

La contrainte majeure pour la généralisation de la technique du paillage réside dans la disponibilité des résidus de récolte (concurrence avec les usages domestiques).

Les pratiques paysannes de gestion de la fertilité des sols ne sont pas exhaustives. D'autres stratégies telles que l'utilisation de haies vives, de brise-vent, de tapis herbacés etc. peuvent se rencontrer en milieu paysan. L'ensemble de ces techniques vise à améliorer la fertilité des champs et d'accroître les rendements.

Les contraintes majeures de leur application restent leur charge de travail élevée, la disponibilité de la matière organique surtout pour le zaï et les demi-lunes. Le statut foncier limite la motivation pour l'installation des ouvrages antiérosifs, et la plantation d'arbre, et l'insuffisance de petits équipements.

VI. Généralités sur le sorgho et le niébé

VI.1. Le sorgho

Description

Le sorgho (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) est une grande graminée annuelle appartenant à la famille des Poacées. Le genre *Sorghum* est subdivisé en deux sous genres (*Parasorghum* et *Eusorghum*). Le sorgho cultivé appartient au sous genre *Eusorghum* (NYABEYENDA, 2005).

Le sorgho se caractérise par un système racinaire puissant qui explique en grande partie sa capacité à supporter des aléas importants en matière d'alimentation en eau (CHANTEREAU et NICOU, 1991). Il forme une tige principale pouvant atteindre 0,5m à plus de 5m de hauteur selon les variétés, d'où émergent des talles issues du développement de bourgeons adventifs situés à la base de la tige. Le nombre de talle dépend des variétés. Les feuilles à nervures parallèles sont distribuées de façon variable le long de la tige. Elles sont longues, larges et

tournant, la face supérieure vers le haut. L'inflorescence chez le sorgho est une panicule qui se forme à l'extrémité de la tige. Selon les variétés, elle peut être lâche ou compacte, érigée ou pendante. La fécondation est autogame mais avec un taux d'allogamie de l'ordre 6% (CHANTEREAU et NICOU, 1991). Le fruit est un caryopse qui mûrit un à deux mois après la fécondation.

Exigences écologiques

Le sorgho est cultivé aussi bien dans les régions tropicales que dans les régions subtropicales et dans les régions tempérées (CHANTEREAU et NIOU, 1991 ; NYABEYENDA, 2005). Il est adapté aux conditions de sec. Cette adaptation du sorgho à la sécheresse s'explique par son système racinaire dense et puissant pouvant aller jusqu'à 2 m de profondeur, le taux de transpiration de son système foliaire, et sa capacité à interrompre son métabolisme et à rester en « veilleuse » en période de sécheresse (FIEDEL *et al*, 1996). Pour SENE (1995), le sorgho est cultivé sur des sols variés mais exige une teneur minimale de 6 % en argile, la meilleure situation étant celle d'un sol sablo-argileux, profond, bien drainé, avec un pH voisin de 6-7. Le sorgho présente une meilleure tolérance que le maïs au sel et à l'aluminium.

VI.2. Le niébé

Description

Le niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) est une plante de la famille des Fabacées qui présente une morphologie variable selon les variétés. On distingue généralement 4 types qui sont :

- Le type érigé ;
- Le type semi-érigé ;
- Le type rampant ;
- Le type grimpant.

Le port peut cependant subir des variations au cours de la croissance et du développement de la plante (COULIBALY, 1984). Le niébé présente des racines pivotantes, fasciculées et profondes ce qui lui permet d'explorer le sol jusqu'à une profondeur de 1m. Les racines ont des nodules lisses et sphériques d'un diamètre de 5mm environ, qui permettent à la plante d'assurer sa nutrition azotée par la fixation symbiotique de l'azote atmosphérique. Les tiges sont cylindriques, glabres et contorsionnées. Elles ont une couleur verte ou violette. Les feuilles sont

alternes et trifoliées avec deux folioles latérales et une terminale. Les fleurs de forme typique du papillon apparaissent au sommet d'un pédoncule situé à l'aisselle des feuilles. La couleur de la fleur varie du violet au jaune puis au blanc. Les gousses issues des fleurs sont également de forme et de couleur variable.

Exigences écologiques

Le niébé exige une température moyenne de 25 à 28°C pendant son cycle végétatif. Il est adapté aux régions semi-humides à semi-arides d'Afrique, à pluviosité de 500 à 1500mm. Il résiste à la sécheresse et tolère aussi une forte humidité du sol (COULIBALY, 1984). Cependant selon MINCHIN *et al.*, (1976) cités par COULIBALY (1984), les courtes périodes d'inondation réduisent la fixation de l'azote, la croissance végétative et la production de graines chez le niébé.

VI.3. Importance du sorgho et du niébé au plan national

Le sorgho est la première céréale cultivée au Burkina et constitue la base de l'alimentation des populations rurales elle représente la moitié de la production totale de céréales du pays. De 1997 à 2007, la production nationale a varié de 942 885 à 1 507 162 tonnes alors que la production totale de céréales variait de 2 013 552 à 3 680 674 tonnes. La superficie emblavée par le sorgho a varié de 1 385 758 à 1 607 741 hectares. (Site web de l'Institut National des Statistiques et de la Démographie ; www.insd.bf).

Au plateau central le sorgho est le plus souvent cultivé en association avec le niébé (OUEDRAOGO, 2005) qui joue un rôle de culture de rente et occupe une place importante dans la sécurité alimentaire (BAMBARA *et al.*, 2008). Les feuilles et les graines du niébé sont consommées pendant les périodes de soudures en attendant la récolte des céréales. De plus, la production traditionnelle du niébé en association avec le sorgho permet aux exploitations de disposer d'un revenu pour acheter des céréales (ZOUNDI *et al.*, 2007).

CHAPITRE II : PRESENTATION DU CADRE DE L'ETUDE

I. La région du Centre Ouest

I.1. Situation géographique

La région du centre ouest (figure 3) est située dans le plateau central entre 11° et 13° de latitude Nord, et entre 1°30' et 3° de longitude Ouest. Elle est limitée au Nord par la région du Nord, à l'ouest par les régions de la Boucle du Mouhoun et du Sud ouest, à l'est par la région du Centre et au Sud par la République du Ghana.

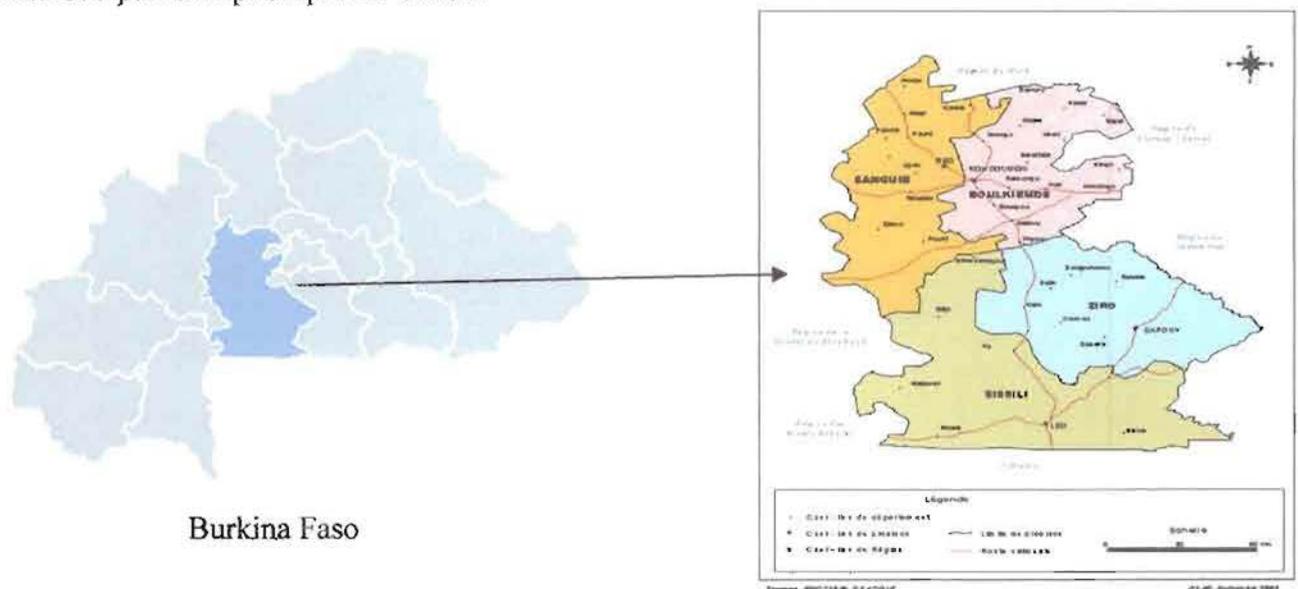


Figure 3 : localisation de la région du Centre-Ouest du Burkina Faso

C'est une région qui couvre 12857km² réparties entre quatre provinces que sont : la province du Sanguié, la province de la Sissili, la province du Ziro et celle du Bouleimdié où se trouve le gouvernorat de la région et le Centre Régional de Recherche Environnementale et Agricole (CRREA) de l'INERA.

I.2. Le climat et la végétation

La région fait majoritairement parti du secteur nord-soudanien décrit par FONTES et GUINKO, (1995) avec une pluviosité annuelle allant de 700 à 900mm et répartie entre 5 et 6 mois du nord vers le sud. La végétation suit cette distribution de la pluviosité avec une transition de la savane arborée et arbustive dans les provinces du Bouleimdié et du Sanguié, à une savane arbustive dans la Sissili et vers la frontière Ghanéenne où l'influence d'un climat

sud-soudanien s'annonce. L'espace végétale plus ou moins anthropique est dominée par des espèces comme *Cambertum spp*, *Anogeissus leiocarpus*, *Parkia biglobosa* etc.

I.3. Les sols

Plusieurs types de sols sont rencontrés dans la région du Centre ouest. Les plus dominants sont des lixisols (sols ferrugineux tropicaux lessivés) riches en oxydes et hydroxydes de Fer et de Manganèse et présentes dans toute la région, et des sols hydromorphes sur matériaux sableux associées à des lithosols sur cuirasse, à des sols peu évolués sur matériaux gravillonnaires (MED-DGAT/DLR, 2005). Dans l'ensemble ces sols sont pauvres en phosphore, en matière organique et ont une faible CEC.

II. La zone d'étude

II.1. Localisation

Six villages de la province du Boulkiemdé ont été sélectionnés pour abriter les travaux de terrain. Il s'agit de Saria et ses cinq villages environnants.

Saria est situé à 80 km au Nord-ouest de Ouagadougou et à 23km à l'Est de Koudougou. Ses coordonnées géographiques sont les suivantes : 12°16'N, 2°9'W, et 300m d'altitude.

Le village de Saria abrite la station de recherche de l'INERA portant le même nom. Les cinq autres villages concernés par l'étude sont :

- Godin (12°15'N, 2°08'W), situé à environ 2 km au sud de Saria sur l'axe Saria-Poa ;
- Poa (12°11'N, 2°08'W), située à environ 10 km au sud de Saria ;
- Villy (12°17'N, 2°12' W), situé à 5km à l'ouest de Saria sur l'axe Koudougou-Saria ;
- Siguinvoussé (12°15'N, 2°16'W), situé à environ 10 km à l'ouest de Saria sur l'axe Koudougou-Saria ;
- Nandiala (12° 19'N, 2°08'W), situé à 6km au Nord du village de Saria

Les caractéristiques climatiques et édaphiques du milieu dans l'ensemble de ces localités sont similaires à celles de Saria.

II.2. Le climat

Le climat est de type nord-soudanien (FONTES et GUINKO, 1995), et marqué par deux principales saisons : une saison pluvieuse de Mai à Octobre ; une saison sèche assez rude d'octobre à avril.

II.3. Les précipitations

La pluviosité annuelle avoisine 800mm, mais sa répartition dans le temps et dans l'espace est irrégulière. Les pluies sont assez agressives et caractérisées par une forte énergie pouvant être à l'origine d'érosions et de battances importantes. La figure 4 présente la pluviosité annuelle des dix dernières années mesurée à Saria. En 2009 la station a enregistré une pluviométrie de 905,7mm répartie sur 63 jours. La figure 5 présente le nombre de jours de pluies par mois dans la même année.

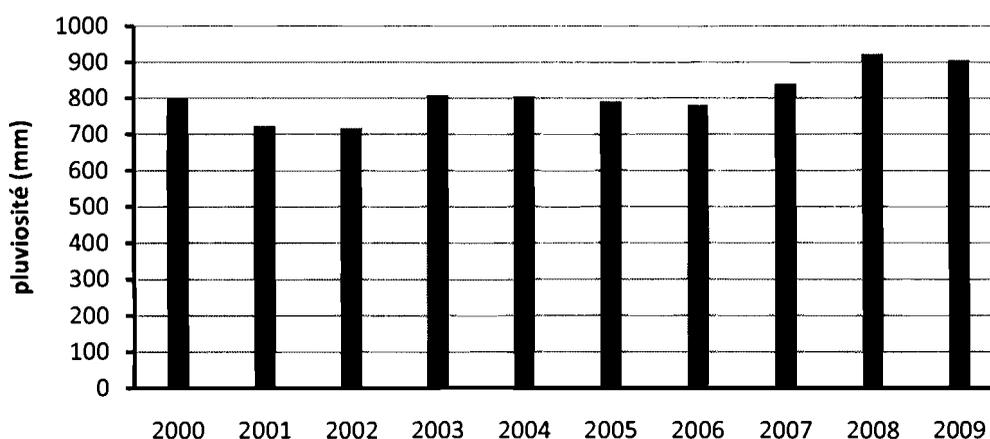


Figure 4: Pluviosité des dix dernières années mesurées dans la station de Saria

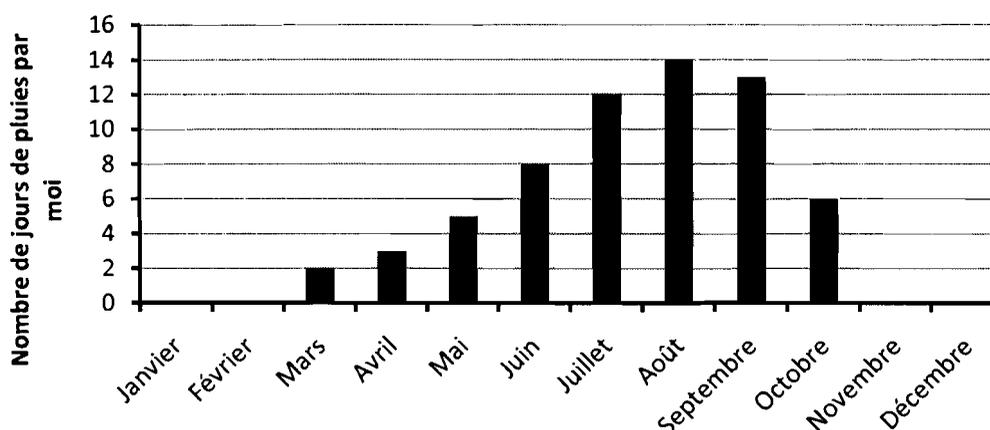


Figure 5: Nombre de jour de pluies par mois relevés Saria pour l'année 2009

II.4. Les températures et évapotranspiration

Les températures moyennes annuelles dans la zone d'étude sont voisines de 28°C, avec une amplitude thermique fluctuant entre 5 et 12°C selon la période de l'année. Les températures moyennes journalières varient entre 30 et 35°C en saison pluvieuse, et 35°C en Avril et Mai. Les maxima mensuels d'environ 40°C se situent dans la même période de l'année et les minima de 15°C sont relevés en Décembre. L'évapotranspiration potentielle moyenne est d'environ 2000mm en année sèche et de 1700mm en année de bonne pluviosité (SOME, 1989).

II.5. La végétation

Le terroir de Saria appartient au secteur nord-soudanien décrit par FONTES et GUINKO (1995), et caractérisé par une savane arborée à arbustive avec une strate herbacée essentiellement constituée par des graminées annuelles. La pression démographique a entraîné une emprise presque totale des cultures sur l'espace. Le paysage végétal (agraire) qui en résulte est celui d'une savane arborée continue et anthropique (MARCHAL, 1983), où subsiste en majorité les espèces d'importance économique comme le *Vitellaria paradoxa* et le *Parkia biglobosa*, les espèces épargnées comme *Lanea microcarpa*, *Faidherbia albida*, *Adansomia digitata*, et les espèces introduites comme le neem (*Azadirachta indica*).

Le tapis herbacé est dominé par *Penisetum pedicellatum*, *Loudetia togoensis* et *Andropogon gayanus* (de plus en plus rare) (SEDOGO, 1993).

II.6. Les sols

En se basant sur la classification FAO-UNESCO (1989), les sols dominants de la région de Saria sont des lixisols ferriques issus d'une roche mère granitique, équivalant aux sols ferrugineux tropicaux lessivés dans la classification française.

En haut de pente ce sont des sols gravillonnaires filtrants, à carapace affleurant (DEMBELE et SOME, 1991) ; la pente est en moyenne de 1,5%. En surface (0- 20 cm) se sont des sols de texture sablo-limoneuse. En allant en profondeur on passe d'une texture argilo-sableuse à argileuse. Cette discontinuité texturale serait entre autre à l'origine des problèmes d'infiltration rencontrés sur ces sols. On note aussi la présence en profondeur (à environ 0,7m) d'une cuirasse latéritique qui limiterait les réserves en eau pour les cultures et favoriserait l'érosion (ROOSE, 1981). Plusieurs études ont porté sur les propriétés physiques et chimiques des sols de la région de Saria (ZOUGMORE, 2003 ; LOMPO, 1993 ; SEDOGO, 1993 et 1981 ;

ROOSE, 1981 ; etc.). Il en ressort que la texture de ces sols et la nature kaolinite des argiles qu'ils contiennent, sont à l'origine de leurs mauvaises propriétés physiques péjorées par leur faible teneur en matières organiques (inférieure à 1%). Ils sont ainsi sensibles à l'encroûtement et prennent en masse très rapidement lorsqu'ils sont soumis à la dessiccation (DEMBELE et SOME, 1991). Ce sont des sols à très faible teneur en bases échangeables, avec une faible CEC. Ils sont surtout extrêmement carencés en phosphore.

II.7. Population et système de culture

La zone de Saria et environs comme tout le plateau central du Burkina Faso est soumise à une très forte densité de population. Dans la province du Boulkiemdé où se trouvent les villages concernés par l'étude cette densité atteindrait de 98,7 habitants au Km² (RPGH, 2006). Cette pression démographique a pour conséquence, dans une population majoritairement agricole, une forte pression sur des ressources en terres de culture. La jachère a ainsi quasiment disparu dans les systèmes de culture.

Les différentes spéculations sont le sorgho et le mil qui occupent à peu près 90% des superficies cultivées dans la province du Boulkiemdé (KABORE, 1996). Le mil est moins important que le sorgho et est cultivé sur les terres les plus pauvres (KAMBIRE, 1994).

On distingue trois principaux types de champs selon SEDOGO (1993):

- Les champs de case : situés aux alentours des concessions, ces champs bénéficient d'apports fréquents et plus ou moins importants de fumure organique. On y cultive du sorgho rouge et du maïs.
- Les champs de village ou champs intermédiaires : ils ne sont pas très éloignés des concessions et sont en général moins fertiles que les champs de case. On y cultive du sorgho blanc ou du mil associé au niébé, de l'arachide et du voandzou.
- Les champs de brousse : ils sont distants des concessions et portent principalement du sorgho. Ils reçoivent très peu de fumure organique du fait de leur éloignement.

Compte tenu de l'état de saturation de l'espace agraire dans ces zones fortement peuplées, la différenciation entre les types de champs est assez difficile (SEDOGO, 1993; 1981).

CHAPITRE 3: MATERIELS ET METHODES

I. Le matériel végétal

Les champs étudiés sont ceux sur lesquels sont cultivés du sorgho en monoculture ou en association avec le niébé. Les variétés utilisées étaient celles habituellement cultivées par les producteurs. Dans la zone d'étude, diverses variétés et écotypes de sorgho sont cultivés en milieu paysan. Ces variétés, locales pour la plupart sont des guinéa avec un cycle de 100 à 130 jours, une hauteur de 3 à 4m et une panicule lâche (SEDOGO, 1993). Des variétés améliorées et vulgarisées par l'INERA sont rencontrées chez certains producteurs mais dans une faible proportion.

On s'est aussi intéressé au niébé qui est une culture très souvent pratiquée en association avec le sorgho et qui devient une culture de rente importante dans la région. Plusieurs variétés locales et certaines variétés améliorées vulgarisées par la station de recherche de Saria sont cultivées par les rencontrées chez les producteurs.

II. Populations étudiées

L'étude a concerné 167 ménages repartis dans six villages. Ces ménages sont répartis comme suit: 30 ménages dans chacun des villages de Saria, Villy, Godin, Siguinvoussé et Nandiala et 17 ménages dans le village de Poa. Le ménage a été défini comme un groupe de personnes vivant dans la même concession, cultivant les mêmes champs et dépendants des mêmes greniers pour leurs besoins alimentaires. Le chef de ménage étant celui qui prend les décisions au sein du groupe et qui représente la famille. L'enquête était donc menée préférentiellement auprès du chef de ménage.

III. Préparatifs des travaux de terrain

Il s'agissait de rencontres avec les responsables locaux (préfets, chefs de villages) et avec les groupements villageois des six villages concernés par l'étude. Ces rencontres avaient pour but d'expliquer aux populations l'objectif visé par notre étude, de susciter l'adhésion des responsables du village, et ainsi faciliter les travaux à venir en milieux paysans.

Ces rencontres avaient aussi pour but de choisir parmi les producteurs, le ou les guides qui nous accompagneraient lors des sorties sur le terrain.

IV. Les travaux de terrain

IV.1. Choix des champs

Un champ de chaque ménage étudié a été sélectionné, soit au total 167 champs. Les critères ayant guidé le choix des champs étaient :

- La localisation du champ; les champs sélectionnés ne devaient pas être des champs de case (environ 500 mètres au minimum des concessions). Les champs situés dans les bas fonds ont été écartés.
- La culture pratiquée ; devrait être du sorgho ou du niébé en association ou en culture pure.

Les champs étaient d'abord proposés par le guide conformément aux choix opérés par les villageois. Il revenait ensuite à l'équipe de piquetage d'accepter ou de rejeter le champ proposé selon qu'il réponde ou pas aux critères établis.

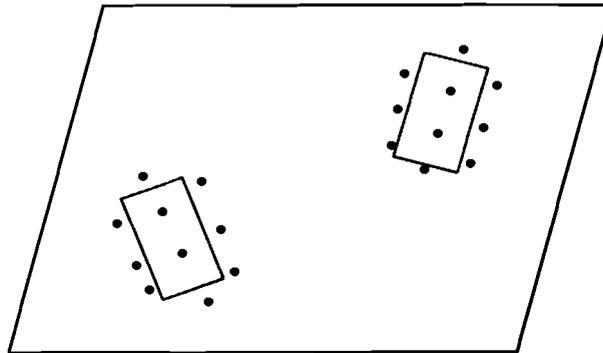
IV.2. Piquetage et prélèvements des sols

Dans un champ sélectionné, avant toute chose, un rapide tour de plaine était effectué pour noter le type de culture, et estimer la superficie du champ par des pas de marche.

Des observations particulières sur les traces d'érosion, les ouvrages antiérosifs, les poches de fertilité, les termitières, les maladies etc. ont été faites pour faciliter l'interprétation de certains paramètres.

Deux placettes de dix mètres carrés (10 m²) chacune étaient ensuite placées dans le champ en tenant compte de son allure générale. Les poches de fertilité étaient évitées.

Des prélèvements de sol ont été effectués à la tarière sur l'horizon 0-10cm dans chaque placette et son environ immédiat. Dix (10) prélèvements ont été effectués pour chacune des placettes (figure 6) et un échantillon composite d'environ 1 kg de sol a été réalisé pour chaque placette en mélangeant équitablement les sols de ces dix prélèvements.



□ : Placette de 10m² (5x2)

● : Point de prélèvement de sol à la tarière

Figure 6 : Schéma général de piquetage et des prélèvements de sol dans un champ

Tous les champs ont été géo référenciés à l'aide d'un GPS, pour retrouver plus facilement le champ ultérieurement et aussi pour avoir une vision d'ensemble de la répartition des champs dans la zone d'étude.

IV.3.Les récoltes

Les récoltes ont suivi les piquetages et ont commencé avec celle du niébé. Pour éviter les pertes de récolte, le producteur de chaque champ à maturité était prié d'aviser le guide de sa localité qui informait l'équipe de travail. Les champs n'ont ainsi été récoltés que par l'équipe de terrain et non pas par les paysans eux même.

• Récolte du niébé

Dans le champ à récolter les pieds de niébé enracinés dans chaque placette ont été isolés et comptés avant le prélèvement des gousses à maturité. Les plants à l'intérieur de la placette étaient gardés lorsque l'état végétatif des plants permettait d'espérer une prochaine récolte (poursuite de la floraison, présence de gousses encore vertes etc.). A la dernière récolte, les fanes de niébé étaient coupées au niveau du collet et pesées sur le champ à l'aide d'un peson pour avoir leur poids humide. Le poids sec des fanes de niébé de chaque placette a été mesuré

en station après un séchage de 2 à 3 semaines au soleil. Le poids des grains de chaque placette a été déterminé après avoir battu les gousses préalablement séchées et pesées.

La production en niébé de chaque placette a été mesurée en additionnant le poids des gousses séchées et celui des fanes séchées :

$$\text{Production}_{\text{niébé}} (\text{g}/10\text{m}^2) = \text{Poids}_{\text{fanes sèches}} (\text{g}/10\text{m}^2) + \text{Poids}_{\text{gousses sèches}} (\text{g}/10\text{m}^2)$$

La production de chaque placette a été ramenée à l'hectare en utilisant la relation suivante :

$$\text{Rendement}_{\text{niébé}} (\text{t}/\text{ha}) = \text{Production}_{\text{niébé}} (\text{g}/10\text{m}^2) : 1000$$

La même relation a été appliquée pour le calcul des rendements grains et des rendements fanes pour chaque placette.

Les rendements grains, fanes, et la production moyenne en niébé des champs ont été calculé en faisant la moyenne des valeurs respectives des deux placettes. La figure 7 présente la récolte des gousses de niébé dans une placette.



Figure 7 Récolte des gousses de niébé

- **Récolte du sorgho**

Dans chaque placette, les pieds de sorgho ont d'abord été comptés. Des observations notoires étaient faites si nécessaire (maladies, striga, destruction de la placette...) avant de procéder à la récolte. Les tiges de sorghos présents dans la placette ont ensuite été coupées au niveau du collet et rassemblées avant de leur hotter les panicules, afin d'éviter de couper des panicules étrangères à la placette (figure 8).

Les pailles étaient ensuite rassemblées et pesées sur le champ à l'aide d'un peson. Nous obtenions ainsi un poids total des pailles « humides », après quoi, un échantillon aussi homogène que possible des pailles était prélevé et pesé pour avoir le poids humide de l'échantillon ($Poids_{hum_{ech}}$). Les échantillons de paille ramenés au laboratoire ont été séchés à l'étuve entre 55 et 60°C pendant 48 heures, puis pesés pour obtenir leurs poids secs ($Poids_{sec_{ech}}$). Les panicules récoltées ont été séchées au soleil pendant au moins deux semaines avant d'être pesées pour obtenir le poids panicule ($Poids_{pan}$) de chaque placette. Le poids grains ($Poids_{grain}$) a été mesuré après battage des panicules.

Le taux de matière sèche pour les échantillons de paille prélevé dans chaque placette a été calculé en utilisant la formule :

$$- MS (\%) = (Poids_{sec} / Poids_{hum}) * 100$$

Ce taux a ensuite été rapporté au poids total de pailles « humides » pris au champ pour obtenir la production de pailles dans chaque placette :

$$- Poids_{sec_{paille\ sorgho}} (g/10m^2) = Poids_{hum_{paille\ sorgho}} (g/10m^2) * MS (\%)$$

Les calculs de rendements ont été effectués de la même manière que pour le niébé.



Figure 8: Récolte du sorgho dans une placette

IV.4. Les enquêtes auprès des producteurs

Les enquêtes ont concerné les 167 ménages retenus pour cette étude. Dans chaque ménage un questionnaire semi-structuré a été administré prioritairement au chef de ménage (Confère annexe 4 page II). Les questions ont porté aussi bien sur les conditions socio-économiques des ménages que sur leurs pratiques agricoles dans leur exploitation d'une manière générale et plus

particulièrement dans le champ retenu pour l'étude. Chaque enquête a duré en moyenne une heure de temps.

IV.5. Les analyses de sol

Elles ont été effectuées en Suisse au laboratoire Group of plant nutrition ETH Zurich. Ces analyses ont consisté en des mesures du pH eau, des teneurs en carbone et en azote total, et du phosphore assimilable à partir des échantillons de sol prélevés dans les champs.

Le pH eau des sols a été mesuré par un pH mètre ORION model 720 dans un rapport sol/eau de 1/2.5.

Le carbone et l'azote ont été déterminés par un analyseur CNS (Flash EA, 112 séries) sur 11 mg de sol broyé. Dans l'analyseur, les échantillons subissent une combustion à sec, qui permet la transformation du carbone en CO₂, et de l'azote en N₂. Le dosage de ces gaz produits pour chaque échantillon et leur comparaison à un échantillon de référence permet de déterminer leurs teneurs en carbone et en azote totaux.

Le phosphore assimilable des sols a été mesuré par la méthode des résines. Des lamelles de résines sont préalablement agitées dans une solution de NaHCO₃ 0.5M et introduite dans les solutions d'échantillons composées de 30 ml d'eau distillée et de 3 mg de sol sec. Le tout est agité avec un agitateur pendant 16 heures. Le P fixé sur les résines est alors extrait en agitant les résines préalablement débarrassées des particules de sols par lavage à l'eau distillée, dans une solution de HCl/NaCl 0,1 M. Le P contenu dans les extraits est ensuite dosé par colorimétrie au spectrophotomètre par la méthode au vert de malachite.

IV.6. Traitement des données et analyses statistiques

Elles ont été faites à l'aide des logiciels Microsoft Office Excel, 2007 et SPSS.16. Des analyses de variance et des corrélations de Pearson ont été utilisées, et le seuil de significativité appliqué a été de 5%. Du fait de la diversité des fertilisant organiques utilisés parfois dans un même champ, les champs sont été distingué selon la pratique de la fertilisation organique, organo-minérale, minérale et l'absence de fertilisation. Cette approche a été qualitative et a seulement tenu compte de la nature des fertilisants apportées dans les champs. Les champs en zaï n'ont pas été pris en compte dans la fertilisation organique car cette technique est assez spéciale et ne reflète pas la pratique générale de fertilisation organique. Les quantités de matières organiques (fumier, compost, paille) données en nombre de charrettes par les paysans ont été converties en Kg en se basant sur la fiche technique établie par ZOUGMORE et *al.*, (2000).

CHAPITRE 4: RESULTATS ET DISCUSSIONS

I. Caractéristiques chimiques des sols, gestion de la fertilité et production du sorgho et du niébé dans les champs étudiés.

I.1. Caractéristiques chimiques des sols

Les champs ont été regroupés par classes de ratio C/N, de pH, de phosphore résine, de carbone et d'azote total. La classification des champs selon les teneurs en C, N et le pH, a été faite en se basant sur les classes de BUNASOL (1990). Pour le carbone et l'azote les valeurs correspondantes en g/kg ont été utilisées. Les résultats sont illustrés par les figures 9 et 10. On note que les caractéristiques chimiques des sols sont variables. D'une manière générale le rapport C/N est très élevé, et est inférieur à 12,5 dans seulement 5% des champs. Le pH eau des sols est compris entre 5 et 7. Respectivement 5% et 43% des champs ont un pH compris dans les intervalles 5,1 à 5,5 (fortement acide), et 5,6 à 6,0 (moyennement acide).

Le phosphore disponible (P résine) dans ces sols est généralement faible et vari de 0,28 à 11,28 mg/Kg sol. Près 40% de ces sols ont des P résine inférieurs à 1 mg/kg sol. Le carbone et l'azote total des sols sont généralement faibles. Les teneurs en carbone varient de 2 à 16 g/Kg sol. Environ 55% des champs ont des teneurs en carbone total comprises entre 2,9 et 5,8 g/kg. Celles en azote varient de 0,9 à 1,21 g/mg. Moins de 10% des champs ont une teneur en azote total supérieur à 0,6 g/kg.

MENTION BIEN

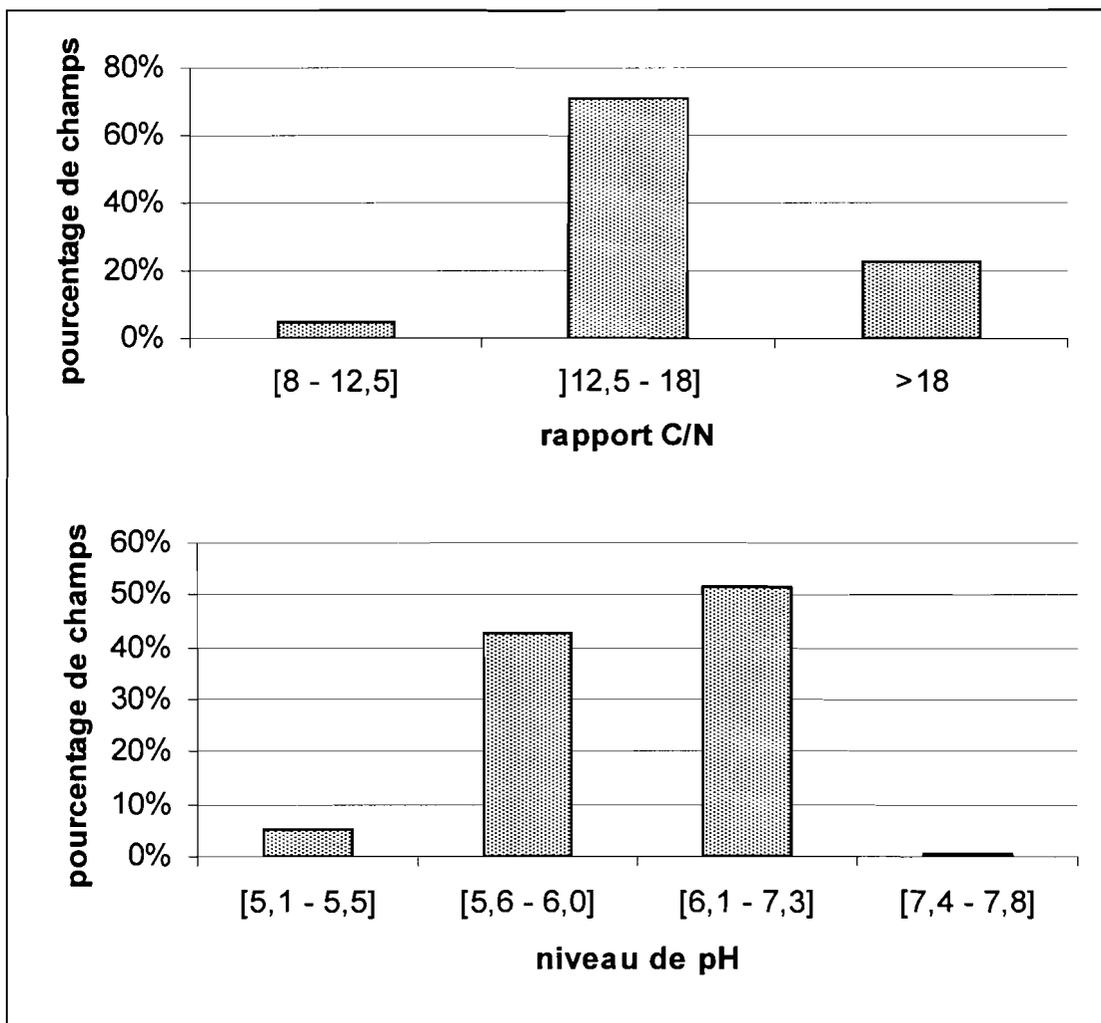


Figure 9 : Répartition des champs par classes de rapport C/N et de pH

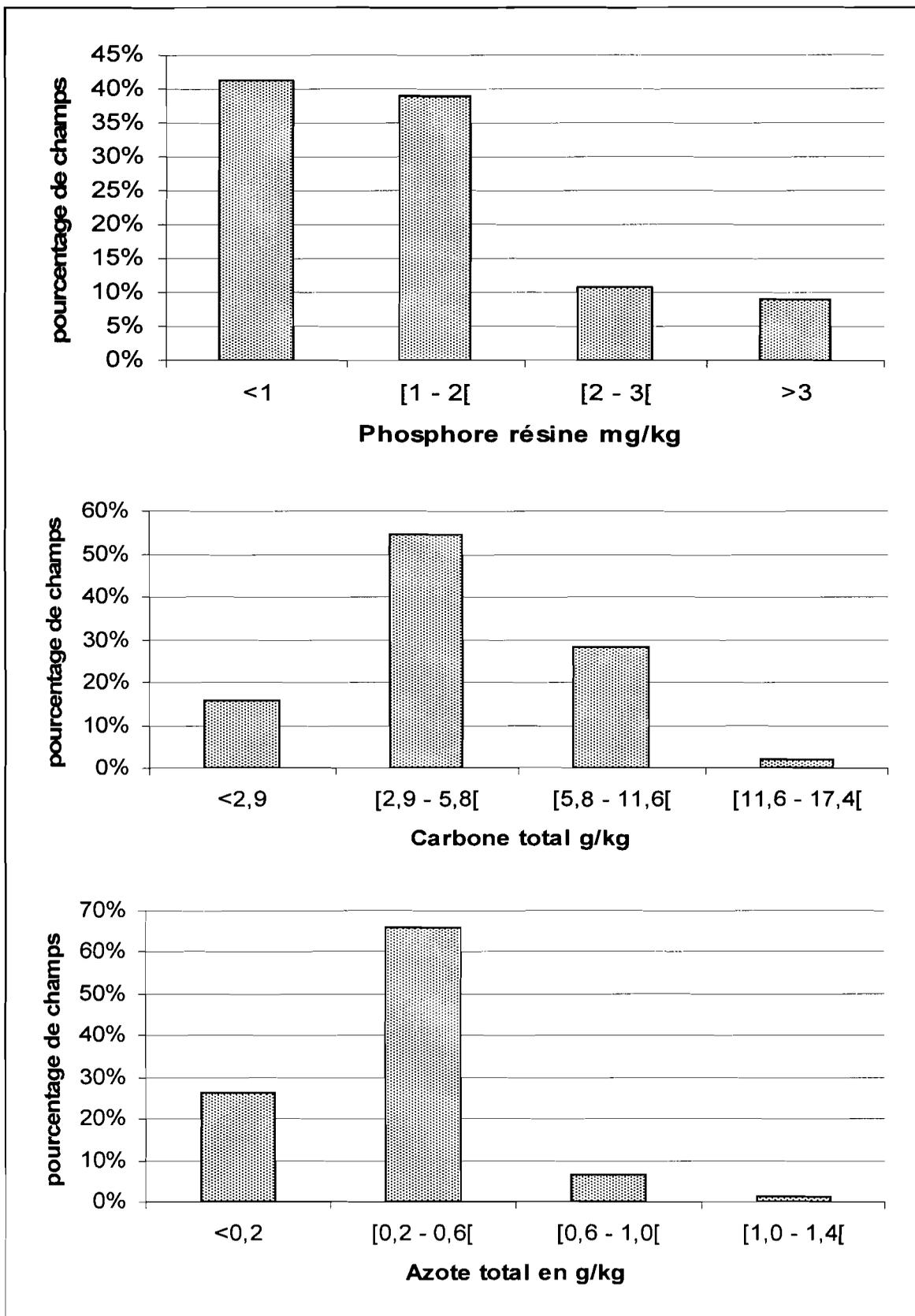


Figure 10 : Répartition des champs par classes de P assimilable, de C et de N total

I.2. Stratégies de fertilisation du sol dans les champs étudiés

Les producteurs utilisent diverses sources de fertilisants et diverses techniques de gestion de la fertilité du sol comme le montrent la figure 11 et le tableau 1. D'une manière générale les quantités de fertilisants organiques appliquées sont faibles. Le fumier et le compost ne sont pas appliqués dans près de 70% des champs. L'usage des engrais minéraux est très faible, et les champs qui en sont bénéficiaires, le sont à des doses très souvent inférieures à 50 kg/ha. Plus de 60% des champs n'ont pas reçu de NPK et seulement 20% ont des apports supérieurs à 50 kg/ha. Près de 90% des champs n'ont pas bénéficié d'apport d'urée. On constate également que les producteurs ont recours à d'autres sources de fertilisants telles que les déchets ménagers et les cendres. En effet environ 20 et 2% des producteurs ont appliqué respectivement les déchets ménagers et les cendres dans leurs champs.

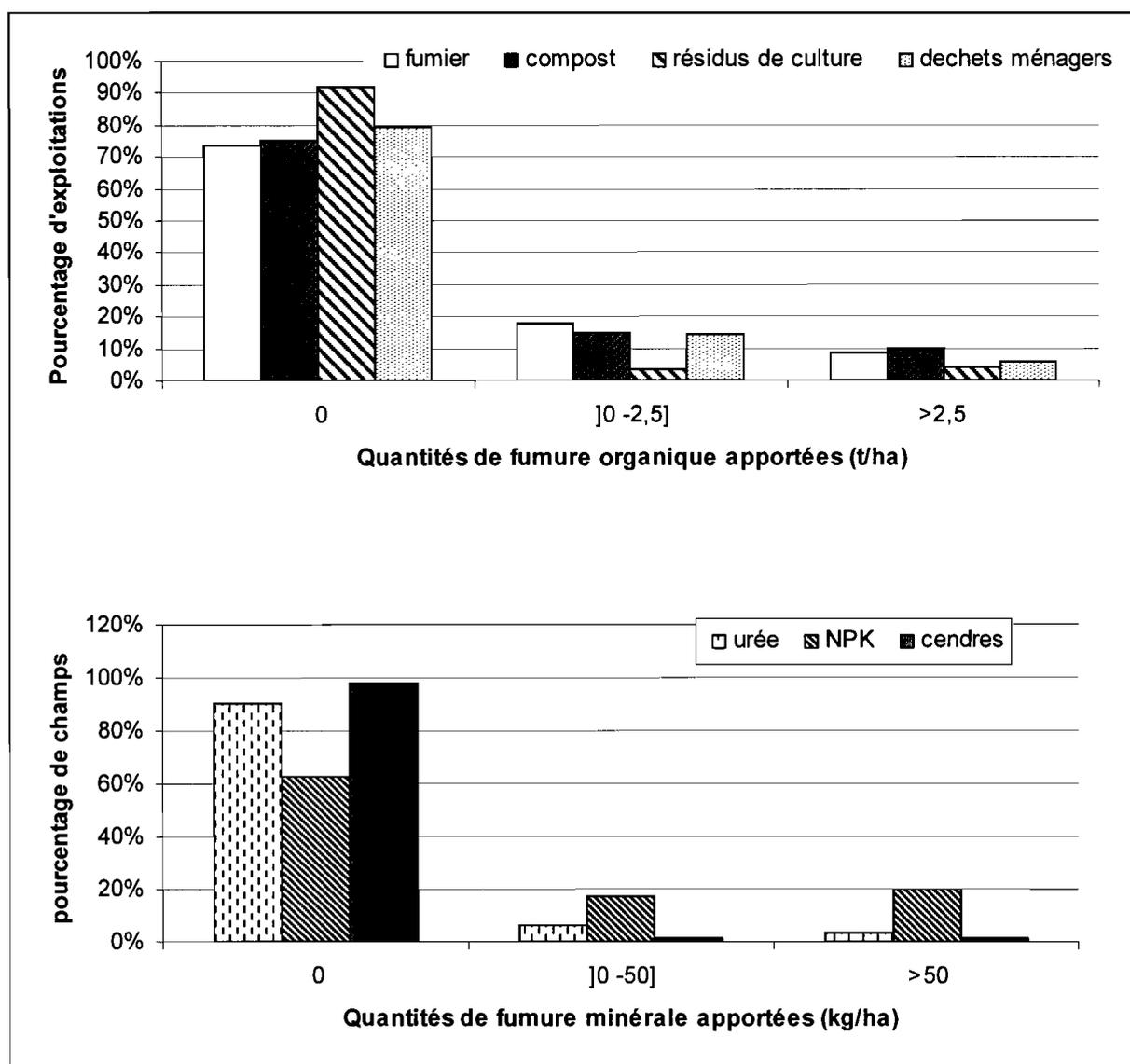


Figure 11 : répartition des champs selon les apports d'engrais organiques et minéraux

Plusieurs techniques de conservation de sol sont présentes dans les champs comme le montre le tableau 3. Le taux d'application varie en fonction des techniques. La technique de demi-lune est inexistante sur les champs étudiés. La technique du zaï est pratiquée dans une faible proportion (7%) comparativement aux techniques de cordon pierreux (33%), et de bandes enherbées (30%). Les diguettes en terre occupent 10,2% des champs étudiés, et la jachère est adoptée dans une très faible proportion et surtout de courte durée (moins de 5 ans).

Tableau 1 : Stratégies de protection des sols pratiquées dans les champs étudiés

Techniques de conservation des sols	Pourcentage sur le nombre total de champs
Zaï	7,2
Demi-lunes	0
Cordons pierreux	33
Diguette en terre	10,2
Bandes enherbées	30
Jachère	1,2

I.3. Production du sorgho et du niébé dans les champs étudiés

Les résultats sont présentés dans les tableaux 2 et 3. Les rendements grains du sorgho dans les champs étudiés sont assez variables. Les rendements paille présentent les mêmes tendances (données non montrées).

Le rendement grain moyen du sorgho pour l'ensemble des champs est de 550 Kg/ha. Au total 54,6% des champs de sorgho ont des rendements grains inférieurs à 500 Kg/ha.

Pour les rendements grains du niébé en association, on note que 67,5% des champs ont des rendements compris entre 50 et 250 kg/ha. C'est aussi dans cette classe que se situe le rendement grain moyen du niébé associé qui est de 170 kg/ha. Seulement 8% des champs en association ont des rendements grains de niébé supérieurs à 250 Kg/ha.

Le rendement grain moyen du niébé en culture pure est de 360 kg/ha. Seulement 31% des champs de niébé pur ont entre 500 et 1000 Kg/ha.

On note aussi une grande variabilité des densités de semis surtout pour le niébé en association (tableau 3). Seulement 19% des champs présentent des densités de semis de sorgho proches de la densité recommandée (62500 pieds/ha).

Le P disponible des sols est positivement corrélé avec les rendements du sorgho et du niébé aussi bien en monoculture qu'en culture associée. Le niveau de conservation du sol pratiquée est aussi positivement corrélé avec les rendements du sorgho (tableau 6).

Tableau 2 : Classification des rendements grains du sorgho et du niébé en pourcentage du nombre total des champs étudiés

	Classes de rendement (kg/ha)	% Total champs
Sorgho	< 500	54,6
	500-1000	36,2
	1000-1500	6,2
	1500-2000	3,1
Niébé associé	< 50	2,2
	50-250	67,5
	250-500	6,7
	500-1000	1,7
Niébé pur	< 50	2,8
	50-250	33,3
	250-500	33,3
	500-1000	30,6

Tableau 3 : Classification des densités de semis du sorgho et du niébé en pourcentage du nombre total des champs étudiés

	Classes (nombre de pieds par hectare)	% Total Champs
Sorgho	< 60000	37,7
	60000-70000	19,2
	70000-100000	33,1
	> 100000	10,0
	1000-5000	41,3
	5000-10000	36,4
	Niébé associé	
	10000-15000	14,9
	15000-20000	3,3
	> 20000	4,1
Niébé pur	40000-50000	55,6
	50000-55000	44,4

MENTION BIEN

Discussion

Le rapport C/N des sols est élevé et généralement supérieur à 12. Cela est en accord avec les résultats obtenus par PALLO (2009), et traduirait une mauvaise minéralisation de la matière organique dans ces sols. En effet selon BOYADGIEV (1980) cité par PALLO *et al.*, (2009), les sols à rapport C/N de 8 à 12 (seulement 5% des sols étudiés) ont une minéralisation de la matière organique dite normale alors qu'au delà de 12 la minéralisation de la matière organique est jugée très lente. Cela s'expliquerait par les caractéristiques (rapport C/N élevée) des fertilisants organiques apportés par les paysans (BONZI, 1989). Les niveaux de pH des sols fortement à moyennement acide s'expliqueraient par la nature intrinsèquement acide des lxisols (PALLO et THIOMBIANO, 1989), et par la culture continue des sols.

En majorité, les niveaux de carbone et d'azote des champs piquetés sont bas à très bas selon les classes du BUNASOL. Ces teneurs sont en moyenne inférieures aux teneurs de carbone et d'azote totaux (respectivement de $11,345 \pm 1,51$ et de $0,942 \pm 0,22$ g/kg) mesurées par PALLO *et al.* (2009) sous végétation naturelle en zone nord soudanienne de conditions pédoclimatiques similaires. La culture continue des terres, et les faibles quantités de matières organiques apportées dans les champs expliquent cette énorme différence. En effet la mise en culture des terres entraîne une chute du taux de MO du sol si elle n'est pas accompagnée d'une fertilisation organique adéquate (PIERI, 1989 ; SEDOGO, 1993).

Les teneurs en phosphore disponibles sur ces sols sont également très faibles et s'expliqueraient par la faiblesse, voir l'inexistence des apports d'engrais minéraux et phosphatés. Cela pourrait limiter fortement les rendements des cultures comme l'atteste les corrélations nettes entre le P assimilable et les rendements du sorgho et du niébé mesurés sur ces sols, comparativement au carbone et à l'azote (confère annexe 1, page I). Ces résultats corroborent ceux de COMPAORE *et al.* (2003), et de LOMPO *et al.* (2008), selon lesquels le phosphore disponible est l'élément le plus limitant de la production des cultures sur ces lixisols.

En général les paysans apportent en faible quantité, divers fertilisants organiques (fumier, compost paille), et ont souvent recours à des sources alternatives telles que les déchets ménagers qui ne sont sans doute toujours pas de très bonne qualité. En témoignent leur faible minéralisation dans les sols. Cela s'expliquerait par la faible disponibilité de la matière organique dans la zone d'étude. Ces résultats corroborent ceux de BELIERES *et al.* (1989), qui ont montré que l'utilisation domestique des résidus de culture dans la région est si importante, que leur utilisation comme fertilisant organique sous forme de compost ou de résidus de culture brute est minime. Les apports d'engrais minéraux (NPK et urée) sont très faibles et concordent avec les résultats de OUEDRAOGO (1884) et BELIERS *et al.*, (1889) qui ont montré la faiblesse de la fertilisation minérale par les exploitations dans la zone de Saria. Le coût élevé des engrais par rapport aux conditions économiques des paysans expliqueraient cette faible utilisation.

Aucune des techniques de conservation de sol n'est vraiment généralisée dans les champs étudiés. Les différentes contraintes liées à la réalisation de ces techniques de conservation du sol (charge de travail, disponibilité en main d'œuvre, tenue foncière des champs...) pourraient être à l'origine de la non adoption généralisée de l'une ou l'autre de ces techniques dans la région d'étude. HIEN *et al.* (2004) explique ces résultats par les circonstances

socioéconomiques défavorables. Pour ZOUGMORE, (2003) les cordons pierreux ont été pendant longtemps financés par les Organisations Non Gouvernementales, ce qui expliquerait qu'ils soient la technique la plus fréquente. Selon le même auteur, cela aurait aussi conduit à une raréfaction des pierres dans la région, ce qui serait ainsi à l'origine du pourcentage non négligeable d'exploitations qui ont des bandes enherbées comme une alternative aux cordons pierreux.

La majorité des champs ont des rendements faibles, inférieurs à 500 kg/ha pour le sorgho. Cela s'expliquerait principalement par les problèmes de fertilités des sols, notamment leurs faibles teneurs en phosphore vu que la saison pluvieuse n'a pas été catastrophique. A cela il faut aussi ajouter le faible potentiel de rendement des variétés traditionnelles qui sont généralement cultivées en milieu paysan. La variabilité des densités de semis et des pratiques de gestion de la fertilité des sols expliqueraient également la grande variabilité des rendements obtenus surtout au niveau du niébé associé. En culture associée, le niébé est semé après le sorgho et le nombre de poquets dépend fortement de la place restante dans le champ et vari d'un producteur à l'autre. Les densités de semis si elles ne sont pas respectées pourraient ainsi limiter les rendements. Il y a une corrélation positive entre les densités de semis et les rendements du niébé en culture associée.

Conclusion partielle

Les sols ont des niveaux de carbone et d'azote généralement faibles, qui s'expliquent par la nature et les quantités des apports organiques. La minéralisation de la matière organique est très faible dans les sols et il serait intéressant de mener des études sur la qualité des substrats organiques apportées. Le Phosphore disponible des champs est très faible et serait l'un des facteurs limitant les rendements des cultures dans la zone d'études. Les rendements obtenus sont également faibles. L'utilisation des fertilisants minéraux est très limitée. Diverses stratégies de gestion de la fertilité des sols sont pratiquées par les producteurs. La technique des cordons pierreux qui longtemps a été subventionnée est plus rencontrée. Cependant aucune de ces techniques de protection des sols n'est vraiment adoptée par la majorité des exploitations. Leur adoption semble donc suivre des règles socioéconomiques que nous aborderons plus loin.

II. Relations entre les stratégies de gestion de la fertilité des sols, les caractéristiques chimiques des sols et les rendements du sorgho et du niébé.

II.1. Influence des stratégies de fertilisation sur les propriétés chimiques des sols

Nous avons évalué les teneurs en P, C, N et le pH des sols selon le type de fertilisation effectué. Il s'agit là d'une approche qualitative de la fertilisation pratiquée par les paysans qui ne tient pas compte des quantités de fertilisants appliquées. Les types de fertilisations ainsi identifiés dans les champs sont : la fertilisation organique seule ; la fertilisation minérale seule ; la combinaison de fertilisants organiques et minéraux dans le même champ et l'absence totale de fertilisation dans le champ. Les résultats sont résumés dans le tableau 4. Les champs ayant bénéficié d'une fertilisation organique ont les valeurs les plus élevées de P, C, de N et de pH. Le Phosphore moyen des champs qui n'ont reçu aucune fertilisation est inférieur à celui des champs qui ont bénéficié de la fertilisation minérale seule. Les plus faibles valeurs de C, N et de pH sont par contre observées dans ces champs sous fertilisation minérale seule, et l'analyse de variance montre qu'elles sont significativement inférieures aux valeurs observées dans les champs en fertilisation organique.

Tableau 4 : caractéristiques chimiques des sols en fonction des types de fertilisations appliquées

Types de fertilisation	P résines (mg/kg)	C total (g/kg)	N total (g/kg)	pH
Fertilisation organique	1,52 ± 1,59 a	6,0 ± 2,9 a	0,4 ± 0,2 a	6,3 ± 0,5 a
Fertilisation minérale	1,38 ± 1,35 a	3,6 ± 1,2 b	0,2 ± 0,9 b	6,0 ± 0,3 b
Fertilisation organo-minérale	1,52 ± 0,9 a	5,3 ± 2,6 a	0,3 ± 0,2 a	6,0 ± 0,4 ab
Aucune fertilisation	1,27 ± 1,19 a	5,3 ± 1,7 a	0,3 ± 0,1 a	6,2 ± 0,4 ab

II.2. Influence des stratégies de fertilisation sur la production du sorgho et du niébé dans les champs étudiés.

La même approche qualitative de la fertilisation que celle utilisées en II.1 a été appliquée.

- **Influence sur le rendement du sorgho**

Les résultats sont présentés dans le tableau 5. La combinaison d’engrais organiques et minéraux donne des rendements grains les plus élevés, suivis de la fertilisation organique seule. Les champs ayant bénéficié de fertilisation minérale seule ont donné les rendements les plus faibles. Les mêmes tendances s’observent avec la biomasse totale des champs, cependant les différences ne sont pas significatives.

Tableau 5 : rendements sorgho (en t/ha) des champs en fonction des types de fertilisations appliquées

	Rendements sorgho	
	grains	biomasse totale
Fertilisation organique	0,55 ± 0,33 a	2,11 ± 1,18 a
Fertilisation minérale	0,42 ± 0,21 a	1,84 ± 0,84 a
Fertilisation organo-minérale	0,57 ± 0,39 a	2,29 ± 1,03 a
Aucune fertilisation	0,44 ± 0,23 a	1,76 ± 0,84 a

- **Influence sur les rendements du niébé**

Les résultats sont présentés dans le tableau 6. En culture pure on observe que les champs qui ont bénéficiés d’apports organiques et minéraux ont les rendements les plus élevés. Ils sont suivis des champs en fertilisation minérale seule. La fertilisation organique seule donne les plus faibles rendements. En culture associée les rendements sont sensiblement proches, cependant les champs en fertilisation organique seule ont encore les rendements les plus faibles. Que se soit en culture pure ou associée, les rendements ne sont pas significativement différents. Les mêmes tendances s’observent avec la biomasse totale.

Tableau 6 : rendements du niébé (en t/ha) des champs en fonction des types de fertilisations appliqués

	Rendement niébé associé		Rendement niébé pur	
	grain	biomasse totale	grain	biomasse totale
Fertilisation organique	0,09 ± 0,07 a	0,22 ± 0,15 a	0,22 ± 0,21 a	0,64 ± 0,45 a
Fertilisation minérale	0,12 ± 0,11 a	0,27 ± 0,26 a	0,39 ± 0,22 a	0,97 ± 0,48 a
Fertilisation organo-minérale	0,12 ± 0,11 a	0,27 ± 0,23 a	0,56 ± 0,36 a	1,52 ± 1,4 a
Aucune fertilisation	0,11 ± 0,10 a	0,23 ± 0,18 a	0,26 ± 0,15 a	0,79 ± 0,69 a

I.3. Influence des techniques de protection du sol sur la production du sorgho et du niébé dans les champs étudiés

I.3.1. Influence de la pratique du zaï en milieu paysan

La pratique du zaï concerne uniquement le sorgho. Le tableau 7 présente les résultats. Les champs aménagés en zaï ont en moyenne les rendements grain de sorgho de 0,92 t/ha, significativement supérieurs aux champs non aménagés en zaï qui ont un rendement moyen de 0,52 t/ha. La même tendance s'observe avec la biomasse totale mesurée.

Tableau 7 : rendements du sorgho (t/ha) dans les champs dans les champs aménagés et non aménagés en zaï

	Rendement grain	Biomasse totale
Zaï	0,92 ± 0,41 a	3,56 ± 1,62 a
Sans zaï	0,52 ± 0,32 b	2,08 ± 1,17 b

1.3.2. Influence des ouvrages antiérosifs

- **Sur les rendements du sorgho**

Dans l'ensemble, les champs équipés d'ouvrages antiérosifs ont eu des rendements plus élevés comparativement aux champs qui en sont dépourvus. Ces valeurs de rendement ne sont cependant pas significativement différentes selon les techniques utilisées ou selon l'absence d'ouvrages de contrôle de l'érosion. L'ensemble des valeurs est regroupé dans le tableau 8.

Tableau 8 : Effet des ouvrages antiérosifs sur les rendements grains et la biomasse totale du sorgho (en t/ha)

	Rendement grain	Biomasse totale
Cordons pierreux	0,62 ± 0,39 a	2,43 ± 1,57 a
Bandes enherbées	0,60 ± 0,42 a	2,34 ± 1,37 a
Diguettes	0,63 ± 0,38 a	2,50 ± 1,05 a
Aucun contrôle	0,47 ± 0,26 a	1,91 ± 0,93 a

- **Sur les rendements du niébé**

Les rendements sont variables selon les ouvrages de lutte antiérosive présente dans les champs. Les rendements les plus bas ont été obtenus avec les diguettes que ce soit avec le niébé pur ou associé. Les rendements les plus élevés ont été observés avec les cordons pierreux. L'ensemble des résultats est présenté dans le tableau 9.

Tableau 9 : Effets des ouvrages antiérosifs sur les rendements grains et la biomasse totale du Niébé en t/ha

	Rendements niébé associé		Rendements niébé pur	
	grain	biomasse	grain	biomasse
Cordons pierreux	0,12 ± 0,09 a	0,25 ± 0,18 a	0,57 ± 0,16 a	1,21 ± 0,37 a
Bandes enherbées	0,12 ± 0,13 a	0,32 ± 0,35 a	0,37 ± 0,29 a	0,86 ± 0,56 a
Diguettes	0,07 ± 0,07 a	0,14 ± 0,12 a	0,28 ± 0,21 a	0,80 ± 0,71 a
Aucun contrôle	0,10 ± 0,09 a	0,24 ± 0,20 a	0,34 ± 0,23 a	0,95 ± 0,75 a

Discussion

Bien que les plus grandes teneurs en phosphore disponible aient été relevées dans les champs ayant reçu la fumure organique, l'analyse de variance n'indique pas de différence significative de phosphore assimilable entre la fertilisation organique, organo-minérale, minérale et l'absence de fertilisation. Cela n'est pas en accord avec les résultats de LOMPO (2008) qui a trouvé en situation expérimentale, que la fumure minérale et organo-minérale entraîne une amélioration significative du phosphore assimilable du sol, comparativement au témoin absolu. Nos résultats s'expliquent donc par la grande variabilité quantitative et qualitative des fertilisants apportés dans les champs paysans que nous avons montré plus haut. De même, il

n'existe pas de corrélations significatives entre les différents fertilisants utilisés et le niveau de P résine (confère annexe 2). Cela montre que la fertilisation des champs telle que pratiquée par les paysans ne permet pas d'améliorer significativement le niveau de P du sol. PIERI (1989), explique cela par la faiblesse des apports d'engrais phosphatés, et par la pauvreté en phosphore des fumures organiques ayant pour origine des végétaux qui se sont développés sur des terres le plus souvent carencés en cet élément.

Les champs fertilisés avec la fumure minérale ont des teneurs en C, et N totaux et des pH significativement inférieurs à celles des champs qui ont bénéficié de fumure organique. Cela s'explique par le fait que les paysans ont tendance à utiliser les engrais minéraux dans les champs les plus pauvres, qui n'ont pas reçu de matière organique (BELIERES *et al.* 1989). Cet engrais a un effet acidifiant sur le sol et augmente la minéralisation de la matière organique (SEDOGO, 1993), entraînant ainsi une baisse de la matière organique du sol. Les corrélations positives obtenues entre la MO des champs d'une part et les teneurs en C, N totaux et leur pH, et d'autre part les corrélations négatives entre les engrais minéraux appliqués et le carbone, l'azote et le pH des champs (confère annexe 2 page I) confirment ces résultats.

Bien que la fertilisation organique améliore le niveau de C et dans une moindre mesure l'azote des sols, les rendements obtenus ne sont pas significativement différents de ceux obtenus avec la fertilisation minérale seule ou encore en l'absence totale de fertilisants.

Plusieurs facteurs concourent à déterminer les rendements en plus de la pluviosité et des caractéristiques chimiques des sols. Il s'agit entre autres des quantités des fertilisants utilisés, des densités de semis, du précédent cultural, de l'incidence parasites (insectes, striga, adventices...), du travail du sol, etc. En milieu paysan (non contrôlé) il y a une variabilité de l'ensemble de ces facteurs entre les champs, ce qui entraîne une variabilité importante au niveau des rendements, noyant ainsi l'effet directe des propriétés du sol sur les rendements. Cela expliquerait l'absence de différence significative entre les rendements selon le type de fertilisation pratiqué. En revanche les rendements du sorgho sont liés aux quantités de fumure organique apportées dans les champs (confère annexe 3 page I). De plus, les rendements moyens du sorgho les plus élevés obtenus en fertilisation organique et organo-minérale, témoignent d'une tendance à l'amélioration des rendements, et confirme le rôle déterminant des apports de matière organique sur la fertilité du sol et la production agricole.

Les rendements de sorgho obtenus dans les champs en zaï sont significativement supérieurs à ceux obtenus dans les autres champs. Le zaï est une technique exigeant l'apport de grandes

quantités de fumure organique. La dose moyenne de matière organique totale apportée dans les champs avec zaï est de 5915 kg/ha contre une moyenne d'apport de 2454 kg/ha (données non montrées), pour l'ensemble des champs piquetés ayant bénéficié d'apports de matières organiques. De plus, l'application de la fumure organique étant plus localisée, on a une concentration des éléments nutritifs aux environs immédiats des racines des plants dans les champs en zaï. Ce qui explique en grande partie ces résultats.

Les champs équipés d'ouvrages antiérosifs ont eu en moyenne des rendements de sorgho supérieurs à ceux des champs sans aucune technique de conservation (environ 600 kg/ha contre 465 kg/ha sans technique de conservation). Des résultats similaires ont été obtenus par YOUNGBARE, (2008) dans des parcelles en milieu paysan dans la province du Zondoma au plateau mossi (Burkina Faso). Ces rendements sont cependant relativement faibles comparés aux rendements obtenus en milieu expérimental dans la même région. ZOUGMORE et *al*, (2000) ont obtenu des rendements de près d'une tonne de sorgho grain par hectare à Saria avec un espacement d'environ 25m entre les cordons pierreux. Les conditions de pratiques de ces techniques par les paysans ne sont pas vraiment les mêmes qu'en station de recherche. Traditionnellement, la construction des ouvrages de CES relève de l'expérience empirique des populations. De ce fait, ils ne sont pas toujours adaptés aux types de sols et ne répondent pas souvent aux normes d'aménagement (OUEDRAOGO, 2005). La fertilisation pratiquée dans les champs et l'âge des ouvrages pourraient aussi expliquer ces résultats. Dans des conditions de culture continue de sorgho, comme c'est le cas dans notre zone d'étude, les cordons pierreux peuvent induire une baisse du pH et de la concentration en C, N et P du sol après cinq années de culture s'ils ne sont pas accompagnés d'une fertilisation adéquate (ZOUGORE, 2003). Ce qui n'est pas toujours le cas en milieu paysan.

Conclusion partielle

La fertilisation organique telle que effectuée par les paysans ne permet pas d'améliorer significativement le niveau de phosphore assimilable du sol. Elle permet en revanche une augmentation des teneurs en carbone et en azote totaux du sol comparativement à la fertilisation minérale. La fertilisation minérale seule est pratiquée par les paysans dans les champs les plus pauvres et accentue leur acidification et les pertes en MO. Les rendements sont tous faibles et liés aux quantités de fumure apportés dans les champs. La pratique du zaï par les

paysans améliore significativement les rendements du sorgho. Les techniques antiérosives n'ont pas eu d'effets significatifs sur les rendements obtenus.

III. Conditions socio économiques des ménages et caractéristiques des exploitations

III.1. Caractéristiques des exploitations

Les résultats sont illustrés par les figures 12 et 13. On constate que environ 50% des exploitations ne possèdent pas de gros ruminants. La majorité des exploitations (environ 31%) possède entre 5 et 10 petits ruminants. Près de 70% des exploitations possède au moins un âne. Le nombre de volaille des exploitations est plus variable. Cependant environ 40% des exploitations en possède entre 20 et 50.

Le nombre d'outils de travail à traction animale et le nombre d'animaux de trait sont variables. Environ 60% des exploitations ne possède pas de charrue et près de 70% d'entre elles possède une houe manga. Plus de 30% des exploitations ne possède pas de charrettes. On constate que environ 50% des exploitations ne possède pas un bœuf de labour et 29% n'a pas d'âne de trait.

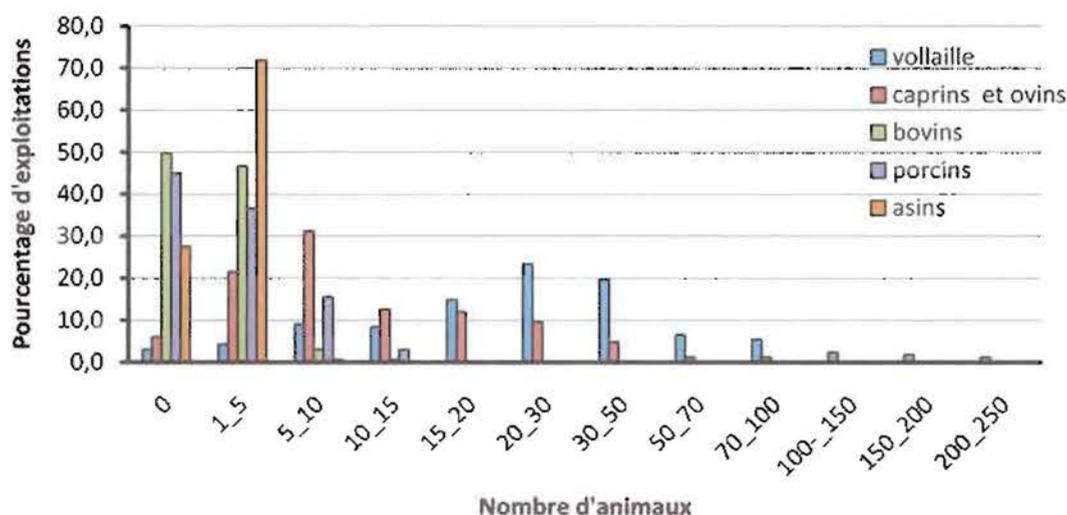


Figure 12 : Répartition des exploitations selon le nombre d'animaux possédé

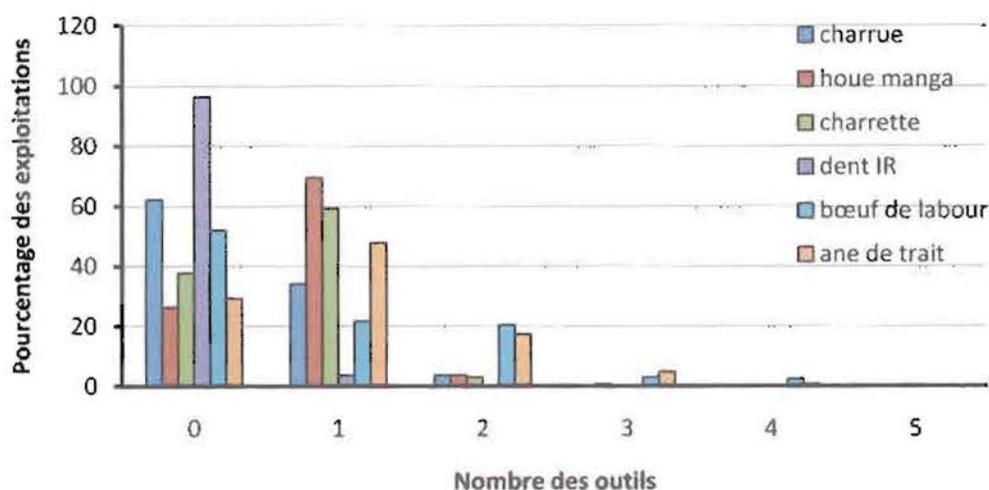


Figure 13 : Répartition des exploitations selon l'équipement agricole

III.2. Conditions socio-économiques des ménages

Les résultats sont présentés dans les tableaux 10 et 11. Les enquêtes font ressortir que l'agriculture pluviale et l'élevage sont les principales activités économiques des ménages. Ces deux activités occupent respectivement 100% et 97% des ménages. D'autres activités secondaires telles que le maraîchage et l'artisanat sont pratiquées respectivement par 47% et 25% des ménages. Le commerce essentiellement basé sur la vente de petits condiments par les femmes, la vente de produits agricoles (arachide, niébé, produits de potager...) et d'animaux (volaille, et petits ruminants) est pratiqué par 81% des ménages. On note que 62% d'entre eux reçoivent une assistance de la part de parents vivant en ville ou à l'étranger (Côte d'Ivoire surtout).

Du point de vu du type d'habitation, 40% des ménages n'ont que des maisons en banco et 11% des habitations entièrement en ciment. En ce qui concerne les biens durables des ménages, 2% des ménages possèdent une voiture, 65% une motocyclette et 21% possède un poste téléviseur. Le niveau des dépenses mensuelles des ménages est assez variable. Pour seulement 28% d'entre eux ces dépenses mensuelles sont supérieures à 50000 francs CFA. Les nombres totaux de personnes et le nombre d'inactifs des ménages sont variables. La population moyenne par ménage est de 17 personnes dont 7 inactifs. On note que 70% des ménages appartient à un groupement villageois, et 34% a déjà bénéficié d'encadrement ou de formation en gestion de la fertilité du sol.

Tableau 10 : Situation économique des ménages

	% Total ménages	
Source de Revenu	<i>Agriculture</i>	100
	<i>Maraîchage</i>	46,7
	<i>Elevage</i>	97
	<i>Artisanat</i>	24,6
	<i>Fonctionnaire</i>	6,6
	<i>Pension de retraite</i>	4,2
	<i>Commerce</i>	80,8
	<i>Aide financiers</i>	62,3
Possession de Biens durables	<i>Voiture</i>	2,4
	<i>Vélomoteur</i>	64,7
	<i>Bicyclette</i>	98,8
	<i>Radio</i>	85,6
	<i>TV</i>	21
	<i>Téléphone portable</i>	72,5
	<i>Autres</i>	16,2
Dépenses mensuelles (CFA Francs)	<i>< 5000</i>	0,6
	<i>5000-25000</i>	42,5
	<i>25000-50000</i>	25,7
	<i>> 50000</i>	28,1
	<i>Pas de réponse</i>	3,0

Tableau 11 : Conditions sociales des ménages

		% Total ménages
Nombre des membres du ménage	<i>1-5</i>	6,0
	<i>5-10</i>	24,6
	<i>10-15</i>	18,6
	<i>15-20</i>	19,2
	<i>20-30</i>	22,8
	<i>30-40</i>	7,8
	<i>>40</i>	1,2
Nombre de personnes inactives des ménages	<i>0-5</i>	41,9
	<i>5-10</i>	38,3
	<i>10-15</i>	14,4
	<i>15-20</i>	3,6
	<i>20-25</i>	1,8
Ménage ayant reçu une formation en gestion de la fertilité du sol	-	34,1
Ménage appartenant à un groupement de producteurs	-	70,1
Type d'habitation du ménage	<i>Totalement en banco</i>	40,1
	<i>Mixte (banco- ciment)</i>	48,5
	<i>Totalement en ciment</i>	11,4

Discussion

La population étudiée est essentiellement rurale, et dépend presque exclusivement de l'agriculture et de l'élevage, vu que l'activité commerciale est basée sur les produits de l'agriculture et de l'élevage. L'assistance financière par transfert d'argent dont bénéficie près de 62% des ménages traduit des conditions économiques difficiles. Le niveau des dépenses mensuelles des ménages, est un bon indicateur de leur niveau de richesse (COULIBALY, 2001). Plus de 72% des ménages étudiés sont en dessous du niveau moyen mensuel de dépense des ménages Burkinabé qui est de 72198 CFA (MED/CSLP, 2003). Au regard du seuil national

de pauvreté qui est de 82672 F par personne adulte et par an, on s'aperçoit que la grande majorité des ménages étudiés sont pauvres. Ces résultats sont en accord avec ceux du MED/CSLP (2003). Le pourcentage élevé (70%) de ménages appartenant à un groupement de producteurs témoigne d'une certaine organisation des exploitations de la région, ce qui est probablement dû à l'impact des projets et programmes de développement. La taille des ménages (17 personnes en moyenne) indique des besoins alimentaires relativement élevés. Dans un contexte de forte pression démographique, d'insuffisance de terres cultivables et de faibles rendements agricole, la sécurité alimentaire serait donc une préoccupation majeure pour ces ménages.

Il ressort également une assez grande variabilité entre les exploitations du point de vu de leurs caractéristiques. Cependant on peut retenir certains traits communs. L'élevage des gros ruminants est assez restreint. Cela conduit sans doute à de faibles productions de fumier expliquant les faibles apports de matière organique dans les champs étudiés. Les exploitations qui le font possèdent un petit nombre d'animaux essentiellement utilisés pour la traction animale. L'élevage des petits ruminants et de la volaille est beaucoup plus répandu et constitue des sources de devises importantes pour les ménages. Les caractéristiques des exploitations dépendent directement du statut économique des ménages. La houe manga est l'équipement le plus répandu après les outils aratoires manuels. Il y'a une coexistence du travail manuel et du travail attelé, et la traction animale est essentiellement asine, ce qui laisse penser à une insuffisance des outils de traction.

ATTENTION BIEN

Conclusion partielle

Dans l'ensemble nous pouvons dire que les populations enquêtées vivent de l'agriculture et de l'élevage auxquelles s'ajoutent certaines activités secondaires qui leur permettent d'améliorer plus ou moins leur quotidien. Les ménages ont dans l'ensemble des conditions socioéconomiques très modestes. Le cheptel des exploitations est dominé par les petits ruminants et la volaille qui représentent des sources de revenus appréciables pour les exploitations, mais produisent peu de matière organique vu le nombre restreint par ménage. L'élevage des ânes et du gros ruminant a pour but d'assurer une force de traction pour les travaux champêtres. Le niveau d'équipement des exploitations est assez faible et cela dépend certainement tout comme le nombre d'animaux des exploitations, de leur niveau économique.

IV. Influence des conditions socioéconomiques sur les pratiques de gestion de la fertilité des sols

IV.1. Coût annuel de la main d'œuvre et techniques de conservation du sol

Nous avons fait la moyenne du coût annuel de la main d'œuvre des exploitations. Les résultats sont résumés dans le tableau 12.

Les exploitations pratiquant le zaï ont un coût moyen annuel de la main d'œuvre supérieur de 38% à celui des exploitations qui ne le font pas. Ce coût est bien plus élevé que celui des exploitations pratiquant les autres techniques (ouvrages antiérosifs). Celles qui ont des cordons pierreux et des bandes enherbées ont un coût supérieur respectivement de 2,78 et 1,75% par rapport à celles qui ne les font pas. Les exploitations qui font les diguettes ont en moyenne un coût annuel de la main d'œuvre inférieur de 20,7% par rapport à celles qui ne les font pas. Les exploitations qui ne pratiquent aucune technique de conservation de sol dans leurs champs ont un coût moyen annuel de la main d'œuvre inférieur de 14% par rapport à celles qui en pratiquent.

Tableau 12 : Moyennes des coûts annuels de la main d'œuvre des exploitations pratiquant ou pas les différentes techniques de conservation de sol

Technique pratiquée	Modalités de réponse et moyennes	Coût Moyen annuel du travail	Différence en pourcentage du coût (par rapport à la réponse négative)
Zaï	Non	35126	0
	oui	48551	+38,22
	Moyenne générale	40690	+14,52
Cordons pierreux	Non	40258	0
	Oui	41379	+2,78
	moyenne générale	40690	+1,07
Bandes enherbées	Non	40443	0
	Oui	41151	+1,75
	Moyenne générale	40690	+0,61
diguettes	Non	41945	0
	Oui	33263	-20,70
	Moyenne générale	40690	-2,99
Aucune technique pratiquée	Non	41568	0
	Oui	35740	-14,02
	Moyenne générale	40690	-2,11

IV.2. Influence de la formation

Sur la base des résultats de l'enquête, une comparaison des taux d'applications des techniques de conservation du sol au sein des exploitations formées et non formées a été effectuée. Les résultats sont présentés dans la figure 14.

Les taux d'application du zaï dans les exploitations formées et non formées sont sensiblement pareils (respectivement 36,4 et 36,8%). Ces taux sont assez différents pour ce qui concerne les cordons pierreux : 55,6% pour les exploitations ayant reçu une formation contre 31,8% pour celles qui n'ont pas reçu de formation. Les taux d'application des autres techniques de conservation sont légèrement supérieurs dans les exploitations formées par rapport aux exploitations non formées. Les proportions d'exploitations n'appliquant aucune technique de conservation de sol sont plus importantes chez les non formés que chez les formés.

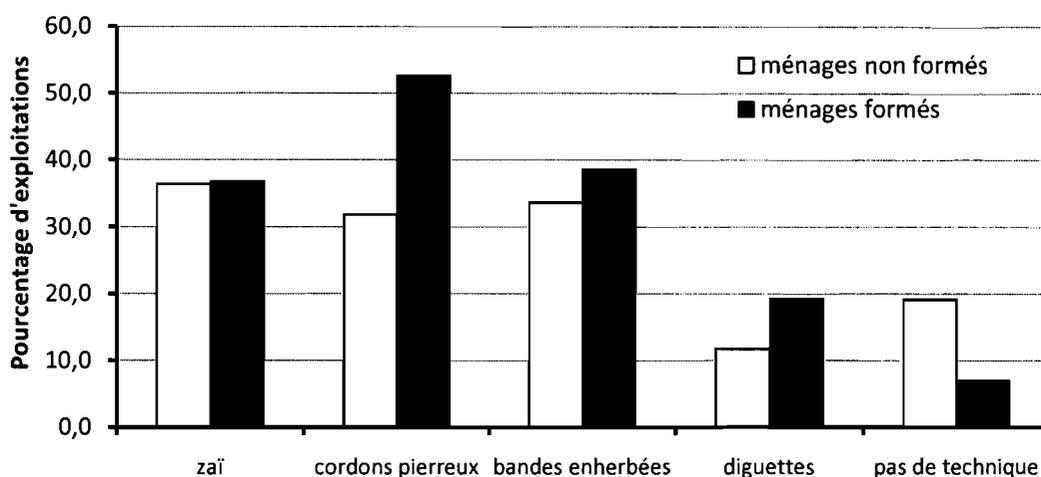


Figure 14 : Pourcentage de pratiques des techniques de protection du sol dans les exploitations formées et non formées

IV.3. Influence du nombre d'animaux

Le tableau 13 présente le nombre moyen des différents animaux des exploitations selon la pratique ou non des différentes techniques de conservation des sols.

Les nombres moyens de gros et de petits ruminants sont respectivement de 1,3 et 13,7 ; ils sont identiques pour les exploitations pratiquant ou pas le zaï. Le nombre moyen de porcins et d'asins est un peu à l'avantage des exploitations qui font le zaï par rapport à celles qui ne le font pas.

Le nombre moyen de gros et petits ruminants sont plus élevés chez les exploitations qui ont des cordons pierreux (respectivement 1,5 et 15) par rapport à celles qui n'en ont pas (respectivement 1,1 et 12,8). La même tendance s'observe sur le nombre de volaille. Le nombre moyen de petits et de gros ruminants ainsi que ceux des autres animaux sont tous plus élevés tant chez les exploitations ayant des bandes enherbées que chez celles qui n'en possèdent pas. La situation inverse s'observe pour le cas des diguettes où les exploitations qui les utilisent ont un nombre moyen pour tous les animaux, inférieur à celles qui ne les appliquent pas. Dans l'ensemble on observe que les exploitations qui ont des cordons pierreux et des bandes enherbées ont en moyenne les plus grands nombres d'animaux tandis qu'il n'y a pas de différence pour le zaï.

Tableau 13 : Nombre moyens d'animaux possédés par les exploitations pratiquant ou pas les différentes techniques de conservation du sol

Technique et modalité		Nombre moyen d'animaux des exploitations				
		gros ruminants	petits ruminants	ânes	porcs	volaille
zaï	NON	1,3	13,7	1,3	2,4	37,3
	OUI	1,3	13,7	1,4	3,7	37,3
cordons	NON	1,1	12,8	1,2	3,2	29,9
pierreux	OUI	1,5	15,0	1,6	2,4	48,9
bandes	NON	1,2	12,3	1,2	2,8	29,9
enherbées	OUI	1,4	16,3	1,6	3,0	50,8
diguettes	NON	1,3	14,2	1,4	3,0	38,5
	OUI	1,1	10,7	1,1	1,8	30,0
Moyennes générales		1,3	13,7	2,9	1,4	1,4

IV.4. Influence du statut de l'exploitant du champ

La figure 15 présente en pourcentage, les champs piquetés comportant les différentes techniques de conservation de sol, selon qu'ils sont prêtés ou exploités par leurs propriétaires. Les cordons pierreux existent ainsi dans environ 38% des champs dont les exploitants sont eux même propriétaires et dans 9% des champs prêtés. Les bandes enherbées sont présentes dans 28% des champs dont les exploitants sont eux même propriétaires, et dans 12% des champs prêtés. Les diguettes sont présentes dans 19% des champs prêtés et dans 8% des champs exploités par leurs propriétaires. Respectivement 53 et 37% des champs prêtés et exploités par leurs propriétaires ne pratiquent aucune technique de conservation des sols.

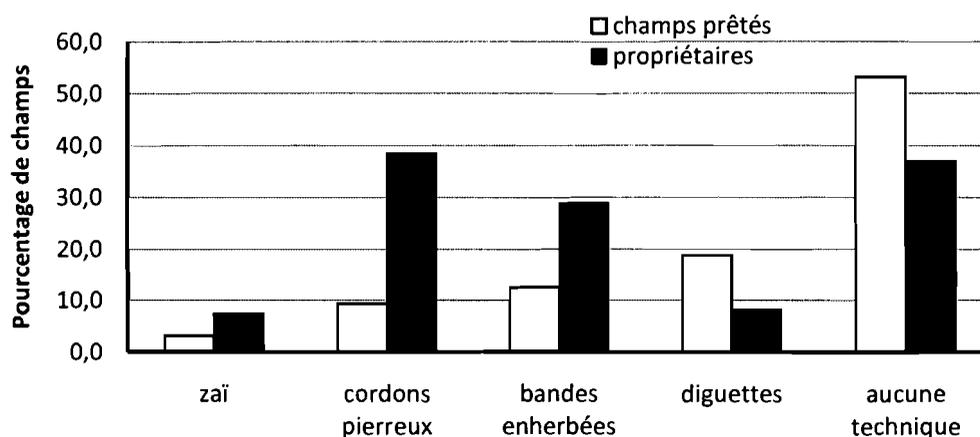


Figure 15 Pourcentage d'application des différentes techniques de conservations de sol dans les champs prêtés et dans les champs exploités par leurs propriétaires

Discussion

La réalisation aussi bien du zaï que des cordons pierreux et bandes enherbées exige une charge de travail importante (REIJ *et al.*, 1996 ; HIEN *et al.*, 2004). Cependant, contrairement à ces derniers, le zaï doit être renouvelé annuellement. Cela explique son incidence très notable sur la main d'œuvre des exploitations qui le pratiquent, comparativement aux ouvrages antiérosifs tels que les cordons pierreux ou les bandes enherbées qui sont plus durables et ne sont pas renouvelés chaque année.

La formation a tendance à inciter les producteurs à opter pour les cordons pierreux, par rapport aux autres techniques de conservation du sol. Cela s'explique par le fait que cette technique est le plus souvent vulgarisée par des projets de développement (ZOUGMORE, 2003), qui forment généralement les bénéficiaires. Pour le reste, la proximité relative des villages étudiés au centre de recherche de Saria pourrait laisser penser que la grande majorité des exploitations ont déjà été en contact avec les différentes techniques, et que sans avoir été nécessairement formés les paysans appliqueraient les techniques après observation directe dans d'autres champs paysans. En plus, les producteurs formés n'auraient pas toujours l'opportunité d'appliquer ce qu'ils ont appris. Nos résultats ne nous permettent donc pas de conclure à une influence très déterminante de l'aspect formation sur le choix des stratégies paysannes de gestion de la fertilité.

Si il est reconnu que le zaï est une pratique qui exige de grandes quantités de matières organiques (fumier et compost surtout), paradoxalement les ménages qui le pratiquent ne possèdent pas plus d'animaux que les autres. Dans le système d'élevage extensif avec divagation des animaux en saison sèche, l'hypothèse la plus vraisemblable pouvant expliquer cette situation serait alors que ces exploitations accordent une plus grande attention à la mobilisation et la collecte de leur fumier et résidus de culture comparativement aux autres exploitations. Le plus grand nombre d'animaux dans les exploitations possédant des cordons pierreux et des bandes enherbées traduit probablement leur meilleure situation économique par rapport aux autres exploitations. De même le nombre plus réduits d'animaux dans les exploitations utilisant les diguettes, laisse penser que ces exploitations sont les plus défavorisées financièrement, vu qu'en même temps ce sont elles qui ont les coûts de main d'œuvre les plus réduits (tableau 14).

Les bénéficiaires temporaires des terres ne sont pas prêts à entreprendre des travaux d'aménagement sur des sols qui ne les appartiennent pas (KABORE *et al.*, 1993). Ces résultats

confirment ce que bon nombre d'auteurs, (REIJ et *al.*, 1996) ont affirmé sur l'importance du statut de propriété, quant à l'adoption des techniques de conservation du sol. Les diguettes sont plus fréquentes dans les sous usufruits. Les diguettes sont une technique de conservation du sol assez ancienne, construites artisanalement par seulement 14% des exploitations, et qui a tendance à être remplacée par les cordons pierreux. Les exploitations qui les réalisent sont celles qui, pour des contraintes d'ordre économiques ou foncières ne peuvent se procurer les cordons pierreux ou les bandes enherbées.

Conclusion partielle

L'étude des caractéristiques socioéconomiques des exploitations nous révèle que certaines d'entre elles sont plus déterminantes dans le choix de l'adoption de techniques de conservation de sol que d'autres. Les exploitations qui ne sont pas capables d'investir dans la main d'œuvre pourront difficilement faire le zaï dans leurs champs. L'adoption des cordons pierreux est influencée par la formation en gestion de la fertilité du sol: l'absence totale de technique de conservation dans les champs est plus fréquente dans les exploitations qui ne sont pas formées. Le nombre d'animaux des exploitations nous indique que ce ne sont pas forcément celles qui en possèdent le plus qui font le zaï. Par contre les diguettes sont pratiquées par les exploitations les plus pauvres qui ont le moins d'animaux et de capacité de travail. Dans l'ensemble le statut foncier des champs influe grandement sur le choix des techniques de conservations pratiquées. Les exploitants qui ne sont pas propriétaires de leurs champs ne sont pas prêts à y implanter des ouvrages coûteux tels que les cordons pierreux. Les diguettes se sont révélé être la technique de conservation de sol des exploitations les moins favorisées foncièrement et économiquement.

CONCLUSION GENERALE

Cette étude se donnait pour objectif d'étudier la fertilité des champs paysans dans la région du centre ouest du Burkina Faso, à travers l'influence des stratégies paysannes en relation avec les conditions socioéconomiques. Les rendements et les propriétés chimiques des champs ont été mesurés et les exploitations concernées ont été enquêtées pour connaître leurs conditions socioéconomiques et leurs pratiques de gestions de la fertilité des champs. A la fin de ce travail que pouvons-nous retenir ?

Dans l'ensemble, les champs piquetés ont des propriétés chimiques défavorables avec un pH acide, et de faibles teneurs de carbone et d'azote totaux, et surtout de phosphore assimilable. Les paysans utilisent diverses sources de fertilisants dans les champs. Les quantités apportées, spécialement celles des engrais minéraux, généralement faibles s'expliquent par leur inaccessibilité économique due aux conditions socio-économiques très modestes des exploitations.

Les stratégies de fertilisations pratiquées par les paysans n'ont pas amélioré d'une manière significative les faibles niveaux de phosphore assimilable des champs. En revanche les champs fertilisés uniquement aux engrais minéraux ont les caractéristiques chimiques les plus défavorables, témoignant ainsi de l'inefficience de cette stratégie, telle qu'elle est pratiquée par les exploitations enquêtées. Les rendements obtenus dans les champs piquetés ont été généralement bas, et plus fonction des quantités de fertilisants apportés dans les champs que du type de fertilisation (organique ou minérale) pratiqué. Parmi l'ensemble des techniques de conservation de sol qui sont pratiquées dans la région, le zaï s'est révélé être celle qui a le plus d'impact sur les rendements du sorgho.

De l'étude de l'influence des conditions socio-économiques des producteurs sur l'adoption des techniques de conservation de sol il ressort que le zaï est la technique qui exige le plus d'investissement en main d'œuvre. Le nombre d'animaux des exploitations n'influence pas directement le choix des techniques de conservation de sol. Cependant la tendance est à l'adoption des cordons pierreux et de la bande enherbée chez les exploitations qui ont plus d'animaux. La formation en gestion de la fertilité du sol influence positivement sur la pratique des cordons pierreux, et les ménages qui n'ont reçu aucune formation sont ceux qui le plus souvent ne pratiquent aucune stratégie de protection du sol. Le statut de l'exploitant des

champs influence la pratique des techniques de conservation de sol. Seules les diguettes sont souvent rencontrées dans les champs prêtés

Cette étude a montré la diversité et l'utilisation par les paysans de multiples types de fumures organiques pour lesquels nous manquons d'information sur la qualité. En perspectives il serait donc intéressant de mener des investigations sur la qualité agronomique des différents substrats organiques utilisés par les paysans. Cette étude confirme la nécessité d'une politique de sécurisation foncière et de formation des exploitations sur les bonnes pratiques agricoles, en vue de favoriser l'adoption des techniques de conservation du sol. Elle pourrait également aider à mieux orienter les politiques de vulgarisation agricole dans la région.

MENTION BIEN

Références bibliographiques

BAMBARA D., ZOUNDI J.S., TIENDREBEOGO J.P, 2008. Association céréale/légumineuse et intégration agriculture-élevage en zone soudano-sahélienne, Cahiers Agricultures vol. 17, n° 3: pp 297-301

BANQUE MONDIALE, 2008. Rapport sur le développement dans le monde. L'Agriculture au service du développement. 375p.

BATIONO A., LOMPO F., KOALA S., 1998. Research on nutrient flows and balances in West Africa: state of art. Agriculture, Ecosystems and Environment 71, 19-35.

BELIERES J.F., SANON M., BALIMA M., 1989 : Fertilisation organique et minérale de la zone d'étude. Rapport INERA, Projet Agrégation des sols, 22pp

BERGER M., BELEM P.C., DAKOUO D. ET HIEN V., 1987. Le maintien de la fertilité dans l'Ouest du Burkina Faso et la nécessité de l'association agriculture-élevage. Coton Et Fibres Tropicaux, vol. XIII, fasc.3.

BONZI M., 1989. Etude des techniques de compostage et évaluation de la qualité des composts : Effet des matières organiques sur les cultures et la fertilité des sols. Mémoire d'Ingénieur du Développement Rural, IDR/UO, 66 p.

BUNASOL, 1990. Manuel pour l'évaluation des terres : Documentation technique N°6, 181p

CHANTEREAU J., NICOU R., 1991. Le sorgho. Editions Maisonneuve et Larose, Paris, 159p

COMPAORE E, FARDEAU J C, MOREL J L AND SEDOGO M P 2001 Le phosphore bio-disponible des sols: une des clés de l'agriculture durable en Afrique de l'Ouest. Cahiers d'Etudes et de Recherche Francophone/Agriculture 2, 81–85.

COMPAORE E., FROSSARD E., SINAJ S., FARDEAU J.-C., MOREL J.-L., 2003. Influence of Land-Use Management on Isotopically Exchangeable Phosphate in Soils from Burkina Faso *in soil science and plant analysis* vol. 34, nos. 1 & 2, pp. 201–223

COULIBALY M., 1984. Réponse de cultivars locaux de niébé à la fumure phosphatée, Mémoire de fin d'étude, ISP-UO, 59p.

COULIBALY O., 2001. Analyse des conditions de vie des ménages agricoles à partir des données d'enquêtes et recensements agricoles, Atelier sur le renforcement des Statistiques de l'alimentation et de l'agriculture en Afrique en appui aux politiques et programmes de sécurité alimentaire et de réduction de la pauvreté, Pretoria, Afrique du Sud 22p

DAKUO D., TROUCHE G., BA N. M., NEYA A., KABORE K. B., 2005: Lutte génétique contre la cécidomyie du sorgho, *Stenodiplosis sorghicola*: une contrainte majeure à la production du sorgho au Burkina Faso. Cahiers agricultures vol. 14, n° 2.

DELVILLE P. L., 1996. Gérer la fertilité des terres dans les pays du sahel. Diagnostics et conseils aux paysans. CTA-GRET. Collection << le point sur >> 397p.

DEMBELE Y., SOME L., 1991. Propriétés hydrodynamiques des principaux types de sol du Burkina Faso In *Soil Water Balance in Vie Sudano-Sahelian Zone (Proceedings of the Niamey Workshop, February 1991)*. IAHS Publ. no. 199, pp 217-27.

DMP/GEF, 2004. Caractéristiques physiques des sites de recherche du programme d'action sur les zones en marge du désert (DMP): sites de Katchari, Oursi, Banh et Tougouri (Rapport 005), CNRST, 32p

FALISSE A. et LAMBERT J., 1994. Fertilisation minérale et organique in TAYEB amaine E.H., Persoons E., Agronomie Moderne bases physiologiques et agronomiques de la production végétale. HATIER-AVPELF-UREF.

FAO-UNESCO. 1989. Carte mondiale des sols. Légende révisée. Rapport sur les ressources en sols du monde n° 60. FAO, Rome : 125 p.

FIEDEL G., MAETI A., TIBEAUT S., 1996. Caractérisation et valorisation du sorgho, Montpellier, CIRAD-CA, 404p.

FONTES J, GUINKO S., 1995 Carte de la végétation et de l'occupation du sol du Burkina Faso. Note explicative. Toulouse : Ministère de la coopération française; 53 p.

Food and Agriculture Organisation of the United Nation, 2006. World reference base for soil resources 2006, A framework for international classification, correlation and communication., Rome, 2006.

HIEN E. 2004. Dynamique du carbone dans un acrisol ferrugineux du centre Ouest du Burkina : influence des pratiques culturales sur le stock et la qualité de la matière organique. Thèse de doctorat de l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier, 138p

HIEN F. G., 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. Document sur la gestion des ressources tropicales 7. Université Agronomique Wageningen, 219 p.

HIEN V., SANGARE S., KAMBIRE L. F., KABORE P. D., LEPAGE M., SOME L., TRAORE J., SOME B., TRAORE K., 2004. Recherches sur des technologies de lutte contre la désertification au sahel et étude de leur impact agro écologique. INERA, Ouagadougou-Burkina Faso, 91p.

KABORE B., TANKOANO P., PARKOUDA R. 1993. Enquête sur l'utilisation des engrais par les paysans : cas des provinces du Sanmatenga et du Zoundweogo. Institut du Développement Rural. Ouagadougou Burkina Faso., 52p.

KABORE T. S., 1996. Innovation technique et efficacité économique dans les systèmes de production des provinces du Bouliemdié et du Sanguié au Burkina Faso. Thèse de doctorat, Université Nationale de Côte d'Ivoire, Abidjan, 185p.

KAMBIRE S.H., 1994. Systèmes de culture paysan et productivité des sols ferrugineux lessivés du plateau central (B.F.): effets des restitutions organiques. Thèse doctorat troisième cycle, université de Cheikh Anta Diop de Dakar. 188p

KAMBIRE, L., 2002. Etude de l'influence du mode de gestion des bandes végétatives (*Andropogon gayanus Kunth*) sur le rendement du sorgho et le bilan hydrique du sol. Mémoire de fin d'études, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso-Institut du Développement Rural (UPB-IDR), 89p.

KANTE S., 2001. Gestion de la fertilité des sols par classe d'exploitations au Mali-Sud. Thèse de doctorat de l'Université Wageningen, 225p.

LOMPO F., 1993. Contribution à la valorisation des phosphates naturels du Burkina Faso: Etude des effets de l'interaction phosphate naturel-matière organique. Thèse de Docteur Ingénieur. Université nationale de Côte d'Ivoire; 247p.

LOMPO F., 2008. Effets induits des modes de gestion de la fertilité sur les états du P et la solubilisation des phosphates naturels dans deux sols acides du BF. Thèse de doctorat. Univ. Cocody CI, 178p.

MANDO A., MIEDIEMA R., 1997: Termite induced change in soil structure after mulching degraded (crusted) soil in the Sahel. *Applied Soil Ecology*, n°6 : pp.61-63.

MARCHAL M., 1883. Les paysages agraires de Haute-Volta, Analyse structurale par la méthode graphique. ORSTOM, Paris, 115p.

MED- DGAT/DLR, 2005. Profil des régions du Burkina Faso.

Ministère de l'Economie du Développement, 2003. Cadre Stratégique de Lutte contre la Pauvreté, 133p

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

NANEMA C., 1990. Contribution à la caractérisation de la fertilité organique des sols dans quatre zones agro climatiques du Burkina Faso. Mémoire d'Ingénieur du Développement Rural, IDR/UO, 62 pp.

NYABEYENDA P., 2005. Les plantes cultivées en région tropicale d'altitude d'Afrique, les presses agronomiques de Gembloux, 223p.

OUEDRAOGO K. S., 1984. Etude des pratiques de fertilisation et de la fertilité des sols dans deux villages : SARIA – Plateau Mossi, GOUIN – Pays Samo. Mémoire de fin d'étude, option agronomie, ISP/OU, 119p.

OUEDRAOGO M., SOME L., DEMBELE Y., 2006. Economic impact assessment of climate change on agriculture in Burkina Faso: a ricardian approach, Centre for Environmental Economics and Policy in Africa (CEEPA), 40p

OUEDRAOGO S., 2005. Intensification de l'agriculture dans le plateau central du Burkina Faso: Une Analyse des possibilités à partir des nouvelles technologies. Thèse de doctorat, Université de Groningue, 322p.

PALLO F. J. P., SAWADOGO N., ZOMBRE N. P., SEDOGO M. P., 2009. Statut de la matière organique des sols de la zone nord-soudanienne au Burkina Faso *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, **13**(1), 139-142

PALLO F. J. P., THIOMBIANO L., 1989. Les sols ferrugineux tropicaux lessivés à concrétions du Burkina Faso : caractéristiques et contraintes pour l'utilisation agricole, Soltrop : pp 307-327

PIERI C., 1989. Fertilisation des terres de savanes. Bilan de trente années de recherche et de développement agricole au sud du Sahara. Ministère de la coopération-IRAT/CIRAD. 444pp.

PONTANIER R., A. M'HIRI, J; ARONSON, N. AKRIMI, E. LE FLOC'H, 1995. *L'Homme peut-il refaire ce qu'il a défait?* Colloques et Congrès, Science et changements planétaires/ Sécheresse. John Libbey, Paris 455p.

POUSSET, 2000. Engrais verts et fertilité des sols. Editions agridécisions.287p.

REIJ C., SCOONES I., TOULMIN C., 1996. Techniques traditionnelles de conservation de l'eau et des sols en Afrique. Editions Karthala, 260p

ROOSE E., 1989. Méthodes traditionnelles de gestion de l'eau et des sols en Afrique occidentale soudano-sahélienne: définitions, fonctionnements, limites et améliorations possibles Communication à la 6e Réunion du Réseau Erosion Montpellier, septembre 1989.

ROOSE E., KABORE V., GUENATE C., 1995 : Le zaï, une technique traditionnelle africaine de réhabilitation des terres dégradées dans la région soudano-sahélienne, Burkina Faso. In *L'Homme peut-il refaire ce qu'il a défait ?* eds Pontanier R., M'Hiri A., Aronson J., Akrimi N. et Le Floch E. IRD, pp 249-265.

ROOSE E.,1881. Dynamique actuelle des sols ferrallitiques et ferrugineux tropicaux d'Afrique occidentale : Étude expérimentale des transferts hydrologiques et biologiques de matières sous végétations naturelles ou cultivées .O.R.S.T.O.M. Paris 569p.

RPGH, 2006. Résultats définitifs. Ministère de l'économie et des finances. 52 p

SAWADOGO O., 2002. Influence des modes de gestion de la fertilité sur le statut du P d'un sol ferrugineux. Mémoire de fin d'étude IDR/UPB, 66p.

SEDOGO M.P., 1981. Contribution à l'étude de la valorisation des résidus culturaux en sol ferrugineux et sous climat tropical semi-aride. Matière organique du sol, nutrition azotée des cultures. Thèse Docteur Ingénieur, INPL NANCY. 135 p.

SEDOGO P.M., 1993. Evolution des sols ferrugineux lessivés sous culture/ incidence des modes de gestion sur la fertilité. Thèse de doctorat. Univ. Cocody. C.I., 285p.

SENE L., 1995. Réponse de la variété de sorgho CE 145-66 a l'alimentation en eau : effets du stress hydrique sur le rendement et la qualité des semences, mémoire de fin d'étude CERAAS-ISRA/CNRA - Bambey – Sénégal, 59p.

SOLTNER D., 1996 les bases de la production végétale. Tome 1 : 467p.

SOME L., 1989. Diagnostique agro pédologique du risque climatique de sécheresse au Burkina Faso. Étude de quelques techniques améliorant la résistance pour les cultures de sorgho, de mil et de maïs. Thèse doctorat USTL, Montpellier, 268 p.

TRAORÉ K. 2006. Effects of soil amendments and drought on Zn husbandry and grain quality in Sahelian sorghum. Thèse de PhD publiée dans tropical resource management No 74, 162p.

TRAORÉ K., STROOSNIJDER L. 2005. Sorghum quality, organic matter amendments and health; farmers' perception in Burkina Faso, West Africa. Ecology of Food and Nutrition 44: 225–245

WAMBEKE A. V., 1995. Sols des tropiques. CTA et Huy Trop ABSL. 335p.

YOUGBARE H., 2008. Evaluation de la fertilité des terres aménagées en cordons pierreux, zaï et demi-lunes dans le bassin versant du Zondoma, Mémoire d'ingénieur du développement rural/Option Agronomie. IDR/UPB. Burkina Faso, 55p

YOUNG A., 1995. L'agroforesterie pour la conservation du sol. ICRAF.194p

ZOMBRE N. P., 2006. Variation de l'activité biologique dans les zipella (sols nus) en zone subsahélienne du Burkina Faso et impact de la technique du zaï (techniques des poquets), In Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 10 (2), 139 – 148

ZOUGMORE B. R., 2003. Integrated water and nutrient management fort sorghum production in semi-arid Burkina Faso. Thèse PhD Université Agronomique de Wageningen Pays-Bas. 205p.

ZOUGMORE R, GNANKAMBARY Z, GUILLOBEZ S AND STROOSNIJDER L 2002
Effect of stone lines on soil chemical characteristics under continuous sorghum cropping in semiarid Burkina Faso. Soil and Tillage Research 66, 47-53.

ZOUGMORE R, KAMBOU NF, ZIDA Z., 2003. Role of nutrient amendments in the success of half-moon soil and water conservation practice in semi-arid Burkina Faso. Soil Till Res n° 71 : PP 143-9.

ZOUGMORE R., GUILLOBEZ S., KAMBOU N.F., SON G. 2000. Runoff and sorghum performance as affected by the spacing of stone lines in the semiarid Sahelian zone. Soil & Tillage Research 56, 175-183

ZOUGMORE R., OUATTARA K., MANDO A., OUATTARA B., 2004. Rôle des nutriments dans le succès des techniques de conservation des eaux et des sols (cordons pierreux, bandes enherbées, zaï et demi-lune) au Burkina Faso. Sécheresse 15: 41-48.

ZOUMORE R., BONZI M., ZIDA Z. 2000. Etalonnage des unités locales de mesures pour le compostage en fosse de type unique étanche durable. Fiche technique 4, INERA, 2p

ZOUNDI J.S., LALBA A., TIENDREBEOGO J.-P., BAMBARA D., 2007. Systèmes de cultures améliorés à base de niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) pour une meilleure gestion de la sécurité alimentaire et des ressources naturelles en zone semi-aride du Burkina Faso., In Tropicultura vol. 25 n° 2 pp 87-96

Annexes

Annexe 1 : Coefficients de corrélation de Pearson entre la biomasse totale produite et les caractéristiques chimiques et le niveau de conservation du sol dans les champs étudiés

	Sorgho	Niébé associé	Niébé pur
Carbone	-0.006	0.054	-0.40
Azote	0.052	0.063	-0.16
P résine	0.188*	0.445**	0.529**
pH eau	0.147	0.191*	0.135
Niveau de conservation du sol	0.226**	0.127	0.182

Annexe 2 : Coefficients de corrélation de Pearson entre les propriétés chimiques et les stratégies de gestion la fertilité des sols:

	Carbone	Azote	P résine	pH eau
Azote	0.955**			
P résine	0.413**	0.412**		
pH eau	0.521**	0.492**	0.476**	
Fertilisation organique	0.221**	0.251**	0.132	0.185*
Fertilisation minérale	-0.164*	-0.178*	-0.086	-0.170*
Niveau de conservation du sol	0.138	0.140	0.016	0.109

Annexe 3 : coefficients de corrélations de Pearson entre les apports totaux de fumures organiques et minérales et les rendements moyens des champs

		Fumure organique totale	Fumure minérale totale
Sorgho	Rendement grain	0,205*	-0,085
	Rendement paille	0,284**	0,13
Niébé associé	Rendement grain	0,017	0,73
	Rendement fanes	0,053	0,056
Niébé pur	Rendement grain	0,263	0,337*
	Rendement fanes	0,324	0,087

Annexe 4 : Question utilisé durant les enquêtes en milieu paysan

Questionnaire

Questionnaire numéro :.....

Date de l'enquête:.....

Localité

Nom et prénom de l'enquêteur :...

Nom et prénom de l'enquêté :

Age de l'enquêté.....

Titre de l'enquêté dans le ménage (Cocher).....

1-époux	2-épouse	3-enfant
---------	----------	----------

CARACTERISTIQUES DU MENAGE

Sexe du chef de ménage (Cocher).....

1-Homme	2-Femme
---------	---------

Age du Chef de ménage :.....

Nombre total des personnes du ménage.....

Nombre de personnes inactives (Vieux, Enfants, Malades).....

--	--	--

Niveau d'éducation final des membres du ménage (Nombre de personnes de niveau : 1-illettré ; 2-alphabétisé ; 3-coran ; 4-Primaire ; 5-Secondaire ; 6-Université)

1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---

Au moins une personne de votre ménage a-t-elle déjà reçu une formation en Gestion de la fertilité du sol ? (Cocher).....

1-Oui	2-Non
-------	-------

Au moins une personne de votre ménage appartient-t-elle à un groupement villageois de producteurs ? (Cocher).....

1-Oui	2-Non
-------	-------

Types d'habitations du ménage (cochez).....

1-Banco	2-En dur	3-semi dur
---------	----------	------------

Quelles sont les sources de revenu dans votre ménage (Cocher) ?

- *Agriculture pluviale*.....
- *Maraîchage*.....

- *Elevage*.....
- *-Artisanat*.....
- *Salariés*.....
- *-Retraités*.....
- *-Commerce*.....
- *Transfert d'argent*

Combien de ces biens durables possédez vous ? (Donner le nombre)

- *Voiture*.....
- *Motocyclette*.....
- *-Bicyclette*.....
- *Poste radio*.....
- *Poste de Télévision*.....
- *Téléphone*.....
- *-Autres (Précisez)*.....

A combien estimez vous les dépenses mensuelles de votre ménage? (Cocher)

- *Moins de 5000*.....
- *De 5000 et 10 000*.....
- *De 10 000 à 15 000*.....
- *De 15 000 à 25 000*.....
- *CM11.5-De 25 000 à 35 000*.....
- *CM11.6-De 35 000 à 50 000*.....
- *Plus de 50 000*.....
- *Ne sais pas*.....

II : CARACTERISTIQUES DE L'EXPLOITATION AGRICOLE

Combien de têtes de ces animaux d'élevage possédez-vous?

- *Volaille*.....
- *Petits ruminants*.....
- *Gros ruminants*.....
- *Porcs*.....
- *Anes*.....

Nombre total des champs de l'exploitation.....

- *Nombre total des champs de brousse*.....
- *Nombre total des champs de cases*.....

Distance des champs de brousse par rapport au domicile (cochez).....

1-proche	2-éloigné	3-très éloigné
----------	-----------	----------------

Distance du domicile par rapport au marché (cochez).....

1-proche	2-éloigné	3-très éloigné
----------	-----------	----------------

Superficie cultivée en champs de brousse (ha).....

S	N	S/N
---	---	-----

Superficie cultivée en champs de case (ha).....

S	N	S/N
---	---	-----

Superficie cultivée en semences (ha).....

S	N	S/N
---	---	-----

Rendement grains du sorgho sur toute la ferme (nombre de sacs de 100 Kg).....

Rendement grains du sorgho sur champs de brousse (nombre de sacs de 100 Kg).....

Rendement grains du niébé sur toute la ferme (nombre de sacs de 100kg).....

Rendement grains du niébé sur champs de brousse (nombre de sacs de 100kg).....

Nombre de personnes travaillant dans l'exploitation.....

Coût annuel de la main d'œuvre.....

Citez vos cultures de rente.....

Mode d'acquisition des champs (cochez et mentionnez la superficie)

- *Héritage*.....

1-Oui	2-Non
-------	-------
- *Prêt*.....

1-Oui	2-Non
-------	-------
- *Location*.....

1-Oui	2-Non
-------	-------
- *Achat*.....

1-Oui	2-Non
-------	-------
- *Don*.....

1-Oui	2-Non
-------	-------

Combien de ces équipements agricoles possédez-vous ?

- *Tracteur*.....
- *Charrue*.....
- *Bœufs de labour*.....
- *Anes*.....
- *Houe manga*.....
- *Dents IR*.....
- *Charrettes*.....
- *Autres (Précisez)*.....

Devenir de la production agricole (en % de la production totale) : utiliser 100 cailloux

- *Consommation*.....
- *Vente*.....
- *Dons*.....

III: STRATEGIES DE GESTION DE LA FERTILITE DU SOL DES CHAMPS DE BROUSSE

SGFCB 1 : Types d'intrants (cochez ou mentionnez)

- *Fumier*

S	N	S/N
---	---	-----
- *Compost*.....

S	N	S/N
---	---	-----
- *Résidus de cultures*.....

S	N	S/N
---	---	-----
- *Déchets*.....

S	N	S/N
---	---	-----
- *Apport d'engrais N (urée)*.....

S	N	S/N
---	---	-----
- *Apport de complexe NPK*.....

S	N	S/N
---	---	-----
- *Apport combiné d'engrais organiques et minéraux*.....

S	N	S/N
---	---	-----
- *Utilisation de semences améliorées*.....

S	N	S/N
---	---	-----
- *Utilisation de pesticides et ou herbicides*.....

S	N	S/N
---	---	-----

SGFCB 2 : Modes d'acquisition des intrants.....

1-comptant	2-crédit	3-coupon
------------	----------	----------

SGFCB 3 : Lieu d'acquisition des intrants.....

1-grossiste	2-revendeur
-------------	-------------

SGFCB 4 : Origine des intrants (mentionner).....

1-enfouissement	2-brûlis	3-exportation
-----------------	----------	---------------

SGFCB 5 : Quel est le mode de gestion des résidus de culture ?

SGFCB 6 : Modes de production en champ de brousse (cochez)

- *Rotation sorgho/niébé*.....

1-Oui	2-Non
-------	-------
- *Association sorgho et niébé*.....

1-Oui	2-Non
-------	-------
- *Monoculture de sorgho*.....

1-Oui	2-Non
-------	-------
- *Monoculture niébé*.....

1-Oui	2-Non
-------	-------

SGFCB 7 : Techniques de conservation du sol en champ de brousse (Cocher)

- *Zai*.....

1-Oui	2-Non
-------	-------
- *Demi-lune*

1-Oui	2-Non
-------	-------
- *Cordons Pierreux*.....

1-Oui	2-Non
-------	-------
- *Bandes enherbées*

1-Oui	2-Non
-------	-------
- *Diguettes*.....

1-Oui	2-Non
-------	-------
- *Jachère (si oui, le nombre d'années)*.....

1-Oui	2-Non
-------	-------
- *Autres techniques (mentionnez)*.....

--	--
- *Aucune technique*.....

1-Oui	2-Non
-------	-------

SGFCB 8 : Quel type de travail du sol pratiquez vous ? (Cocher)

- *Manuel*.....

1-Oui	2-Non
-------	-------
- *Attelé*.....

1-Oui	2-Non
-------	-------
- *Motorisé*.....

1-Oui	2-Non
-------	-------
- *Aucun travail du sol*.....

1-Oui	2-Non
-------	-------

SGFCB 9 : Présence d'arbres ou de termitières dans les champs ?

- 1-Oui (si oui indiquez le nombre).....

arbres	termitières
--------	-------------
- 2-Non (si non pourquoi ?).....

SGFCB 10 : Quelles autres stratégies de gestion de la fertilité du sol pratiquez-vous ? (Citer)

.....

MENTION BIEN

IV : STRATEGIES DE GESTION DE LA FERTILITE DU SOL DANS LE CHAMPS

SGFCE 1 : Rendement moyen annuel de la parcelle.....

Sorgho	Niébé
--------	-------

SGFCE 2 : Depuis combien de temps est elle cultivé.....

--

SGFCE 3 : Êtes-vous propriétaire de la parcelle ?.....

Oui	Non
-----	-----

SGFCE 4 : Y'a t'il des techniques de conservation ? (si oui lesquels).....
.....

SGFCE 5 : Quels sont les problèmes particuliers de la parcelle ?.....
.....

SGFCE 6 : Avez-vous utilisez des variétés améliorées ?.....

Oui	Non
-----	-----

SGFCE 7 : Quelle quantité de fertilisants avez-vous apporté cette campagne dans votre champ sur lequel nous enquêtons ?

<i>Fumure organique (Nombre de charrettes)</i>	<i>Urée en Kg</i>	<i>NPK en Kg</i>	<i>Autres en Kg</i>
<i>Fumier :</i>			
<i>Compost :</i>			
<i>Résidus de cultures</i>			
<i>Autres</i>			

Evaluations

Évaluez l'enquêté (son niveau de compréhension des questions).....

médiocre	moyen	bien	très bien
----------	-------	------	-----------

Faites évaluer le questionnaire par l'enquêté.....

facile	difficile	très difficile
--------	-----------	----------------