

BURKINA FASO
UNITE-PROGRES-JUSTICE

MINISTERE DES ENSEIGNEMENTS SECONDAIRE,
SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE POLYTECHNIQUE DE BOBO-DIOULASSO

INSTITUT DU DEVELOPPEMENT RURAL



Mem-A

1290

DIA



MEMOIRE DE FIN DE CYCLE

En vue de l'obtention du

DIPLOME D'INGENIEUR DU DEVELOPPEMENT RURAL

OPTION : Agronomie

**THEME : Effet de techniques de CES sur les
composantes du rendement du sorgho et les
propriétés chimiques du sol à l'Ouest du Burkina Faso**

Présenté par : DIANE Karamogo Sidiki

Maître de stage : Docteur HIEN Mipro

Directeur de mémoire : Professeur SOME N. Antoine

N° - 2010

JUIN 2010

Table des matières

Remerciements..... iv

Liste des abréviations et sigles..... v

Liste des figures vi

Liste des tableaux..... vi

Résumé..... vii

Abstract..... viii

Introduction générale 1

Chapitre I : Revue bibliographique..... 4

 I.1. Dégradation du sol..... 4

 I.2. Techniques de conservations des eaux et des sols..... 5

 I.2.1. Zaï..... 5

 I.2.1.1. Avantages du zaï..... 6

 I.2.1.2. Contraintes du zaï..... 6

 I.2.2. Cordons pierreux. 6

Conclusion partielle 7

Chapitre II : Milieu d'étude 8

 II.1. Situation géographique..... 8

 II.2. Climat..... 8

 II.2.1. Précipitations 9

 II.2.2. Température 10

 II.2.3. Vents. 10

 II.3. Végétation 10

 II.4. Sols 11

 II.5. Population. 12

 II.6. Agriculture et élevage 12

 II.6.1. Agriculture 12

 II.6.2 Elevage..... 13

Conclusion partielle 13

Chapitre III : Méthodologie et matériels d'étude..... 15

 III.1. Caractéristiques des sols du site..... 15

 III.2. Dispositif expérimental 15

 III.3. Matériel végétal utilisé et densité de semi 16

III.4. Pose des carrés de rendement	16
III.5. Suivi des stades de développement.....	18
III.5.1. Nombre de poquets levés à l'ha	18
III.5.2. Mesure de hauteur et comptage de feuilles des plants.....	19
III.5.3. Evolution de l'épiaison par traitement.....	19
III.6. Evaluation des composantes du rendement	19
III.6.1. Nombre de plants et d'épis à l'hectare (ha)	19
III.6.2. Evaluation du nombre de grains par épi et Poids des grains.	20
III.7. Estimation des rendements	20
III.8. Echantillonnage de sol	21
III.9. Analyse chimique des échantillons de sol	21
III.10. Traitement des données	23
Chapitre IV : Résultats et discussions.....	24
IV.1. Analyses chimiques des échantillons du sol.....	24
IV.1.1. Résultats.....	24
IV.1.2. Discussions	25
IV.2. Evolution des éléments chimiques du sol entre 2007 et 2009	28
IV.2.1. Résultats.....	28
IV.2.2 Discussions	31
IV.3. Suivi des stades de développement	32
IV.3.1. Résultats.....	32
IV.3.1.1. Levée des poquets.....	32
IV.3.1.2. Evolution de la hauteur des plants de sorgho	33
IV.3.1.3. Evolution du nombre de feuille des plants de sorgho.....	34
IV.3.1.4. Evolution de l'épiaison des plants	35
IV.3.2. Discussions	36
IV.4. Evaluation des composantes du rendement	38
IV.4.1. Résultats.....	38
IV.4.2.1. Nombre de plants à l'hectare par traitement.....	38
IV.4.2.2. Nombres d'épis à l'hectare	39
IV.4.2.3. Nombre de grains par épi des différents traitements	40
IV.4.2.4. Poids de mille (1000) grains.....	41
IV.4.2.5. Rendement en grain obtenu par traitement.....	42
IV.4.2.6. Rendement en paille des différents traitements	42

IV.4.3. Discussions 43

Conclusion générale et perspectives 46

Bibliographie 48

Remerciements

Ce mémoire a été réalisé dans le cadre de l'obtention du Diplôme d'ingénieur du développement rural. Les travaux contribuent à l'atteinte des objectifs du programme SUN/UE dans la forêt classée de Kuinima.

Avant tout, nous remercions le Dieu tout puissant qui nous a gratifié de la force et du courage d'étudier jusqu'à atteindre ce niveau. Nous ne finirons jamais de le glorifier. Nous lui demandons d'être toujours notre guide et notre soutien (Amen!).

Nous avons bénéficié ensuite du soutien de nombreuses personnes à qui nous voulons témoigner notre reconnaissance. Ainsi nous remercions sincèrement les personnes morales et physiques suivantes :

- SUN-UE/IDR/UPB pour le soutien scientifique et financier ;
- Le Professeur Antoine N. SOME notre directeur de mémoire qui n'a cessé de se dévouer pour la réussite de ce travail. Pour ses conseils et son sens de la compréhension à mon égard qu'il trouve ici l'expression de ma profonde gratitude ;
- Le Docteur Mipro HIEN, Coordonnateur du projet SUN/UE, notre maître de stage, pour les moyens financiers mis à notre disposition pour la réalisation des travaux sur le terrain. Nous le remercions également pour ses conseils et son appui technique ;
- Monsieur Jérôme T. YAMEOGO pour ses soutiens et conseils nombreux et multiformes ;
- Tous les enseignants de l'IDR ;
- Tous les membres de ma famille ;
- Tous les étudiants de l'institut du développement rural (IDR) pour le climat de fraternité partagé.

Liste des abréviations et sigles

BUNASOL: Bureau National des Sols au Burkina Faso

CES: Conservation des eaux et des sols

CILSS Comité permanent Inter état de la Lutte contre la Sécheresse au Sahel

CP: cordons pierreux

CPCS : Commission de Pédologie et de Cartographie des Sols.

CR: Carré de Rendement

DRS: Défense et Restauration des Sols

FAO : Food and Alimentation organization

GERES : Groupe Européen de Restauration des Sols

IDR: Institut du Développement Rural

INSD : Institut National de la Statistique et de la Démographie

SUN/UE: Sustainable Use of Natural Vegetation in west Africa/Union Européenne.

T : Témoin

Z: zaï

ZCP: zaï + cordons pierreux

Liste des figures

Figure 1 : L'évolution de la pluviosité annuelle des 12 dernières années	9
Figure 2 : Les pluviosités et les températures mensuelles de l'année 2009	9
Figure 3 : Le dispositif expérimental.....	16
Figure 4 : La distribution des carrés de rendement dans les parcelles zaï et témoins....	17
Figure 5 : La distribution des C.R. dans les parcelles à lignes de cordons pierreux.....	18
Figure 6 : l'évolution de la hauteur des plants de sorgho par traitement.....	34
Figure 7 : L'évolution du nombre de feuilles pour les différents traitements	35
Figure 8 : L'évolution du taux d'épiaison par traitement et par semaine.	36

Liste des tableaux

Tableau I : Les caractéristiques chimiques des sols sous l'influence des différents traitements.....	25
Tableau II : Les résultats des analyses des échantillons de sol.....	30
Tableau III : Nombre de poquets levés par ha	33
Tableau IV : La présentation des nombres moyens de plants par traitement.....	39
Tableau V : Le nombre d'épis total par traitement.....	39
Tableau VI : Le nombre d'épis utiles par traitement.....	40
Tableau VII : Le nombre moyen de grains par épi et par traitement	41
Tableau VIII : Le poids de mille grains.	41
Tableau XI : Le rendement grain des traitements en kg/ha.....	42
Tableau X : Le rendement en paille (t/ha) des traitements	43

Résumé

La zone ouest du Burkina Faso présente des caractéristiques agro climatiques favorables à l'agriculture, en comparaison avec la partie nord du pays. Mais cette zone ouest est aujourd'hui menacée par la dégradation rapide de ses ressources naturelles due aux aléas climatiques et aux activités humaines. Les techniques de Conservation des Eaux et des Sols (C.E.S.) n' y ont pas été suffisamment éprouvées et donc les données sur leur efficacité font défaut. La couverture végétale régresse et les terres dénudées se multiplient. C'est pour contribuer à trouver des solutions durables que la présente étude se propose de tester quelques techniques de C.E.S. dans cette zone soudanienne. Un dispositif en bloc totalement randomisé avec quatre traitements (zaï, cordons pierreux, zaï+cordons pierreux et témoin) a été mis en place, sur un sol ferrugineux tropical dégradé, dans la forêt classée de Kuinima qui est située au sud de la ville de Bobo Dioulasso. L'efficacité des traitements a été évaluée à partir des composantes de rendement du sorgho (variété : Sariasso 01) et à partir des propriétés chimiques du sol. Les résultats obtenus montrent que le zaï, suivi du zaï+cordons pierreux ont une meilleure influence sur le développement et la production du sorgho. La combinaison des cordons pierreux au zaï présente une production (grain ; 1511,73 kg/ha et paille 2,96 t/ha) inférieure par rapport au zaï (grain ; 2316,77 kg/ha et paille ; 4,47 t/ha). L'application des cordons pierreux seulement n'a pas amélioré le développement de la culture mais au contraire à diminuer les valeurs des paramètres (composantes de rendement) évalués par rapport au témoin. Ceci serait dû à l'engorgement temporaire des parcelles à la suite des pluies abondantes. L'analyse des échantillons de sol confirme l'amélioration des propriétés du sol au profit des plants dans les poquets de zaï. Elle révèle l'amélioration des propriétés chimiques dans les espaces inter poquets du traitement zaï. Au niveau des cordons pierreux et des espaces inter poquets du traitement zaï + cordons pierreux, le statut organique n'a pas été amélioré entre les deux prélèvements de sol (en mai 2007 et en octobre 2009). La teneur en matière organique du sol a chuté. Pour le traitement cordons pierreux, la baisse de MO a été de 31,50%. Dans les espaces inter poquets du zaï + cordons pierreux, la teneur du sol en MO a passé de 1,64 mg/g en 2007 à 1,08 mg/g en 2009. Pour les poquets de zaï, la diminution de MO est de l'ordre de 0,02 mg/g. Les teneurs des éléments minéraux évalués dans cette étude, autres que l'azote, ont été relevées. La décomposition des résidus de récolte et de la litière aurait contribué à ces relèvements.

Mots-clés : dégradations, techniques de C.E.S., efficacité, zone soudanienne

Abstract

The west zone of Burkina Faso shows favourable agro climatic characteristics in comparison with the north part of the country. But this zone is threatened by the quick degradation of its natural resources due to climatic variations and some human activities. The C.E.S. techniques are not significantly present upon there, and the data of there efficacy lack. The vegetal covering decrease and bared soil multiplies. It's to contribute towards find some durables solutions for that, the present study intends to test some C.E.S. techniques into this soudanian zone. A randomised blocks design with four different treatments (zaï, zaï + stone lines, stone lines and witness) was established on degraded ferric tropical soil, within the forest of Kuinima, which is at the sudden part of Bobo Dioulasso. Effectiveness of treatments is valued from yield components of sorghum (Sariasso 01) and chemical properties of soil. The results show that the zaï have better influence over sorghum development and its production. This treatment is followed by zaï + stone lines, then witness and stone lines. The best effectiveness on sorghum development and its production of zaï and zaï + stone lines treatments are caused essentially by improvement of soil nutrient capacity in seed hole. The application of stone lines has decreased sorghum performances compared to witness. This is due to some obstructing of soil after abundant rain. The low effectiveness of stones lines and Witness is caused mainly by the poverty of soil in mineral elements for plants alimentation. The results of analysis of soil samples confirm the improvement of soil properties in aid of plants in the seed hole of zaï treatment. It reveals that the chemical properties are improved in the spaces between seed hole of zaï treatment. At the level of stone lines, the organic matter statute has not improved between the two taking of soil samples, in May 2007 and in October 2009. The contents in organic matter of soil are decreased. The contents of minerals elements valued in this study, others that nitrogen, have been increased. The decomposition of harvesting residues and of the litter would have contributed at those increasing.

KEYS-WORD: Degradations, CES techniques, effectiveness, soudanian zone

Dédicace

Je dédie ce mémoire à :

Ma mère DIANE Massiguè : votre présence à mes cotés, votre amour filial ont été pour moi le meilleur soutien. J'espère que ce travail sera pour vous le début d'un grand bonheur après tant d'efforts fournis pour le bien de vos enfants ;

Mon père DIANE Bafaga Moussa : vous avez cru en moi. Je vous dois ma personne sociale, cela par l'éducation que vous m'avez donnée. Puisse Dieu vous donner longue vie pour savourer paisiblement le fruit de vos durs labeurs et sacrifices ;

Mon grand frère DIANE Abdramane : Que ce travail soit une satisfaction à vos investissements. Ce qu'on donne n'est jamais perdu.

Introduction Générale

Le problème de la sécurité alimentaire reste toujours posé dans de nombreux pays sahéliens d'Afrique, en dépit d'énormes efforts menés par les gouvernements de ces pays et les organismes non gouvernementaux. En effet, dans la plupart de ces pays, l'agriculture qui est essentiellement pluviale est handicapée par de nombreuses contraintes parmi lesquelles, la sécheresse et la désertification. Ces phénomènes sont le résultat des variations climatiques et des activités humaines dont la conséquence est la dégradation des ressources naturelles (végétation, sols et eaux) (Roose, 1989).

Le Burkina Faso n'échappe pas à cette réalité de la désertification, surtout dans sa partie nord, et cela justifie pour une large part, sa présence dans le Comité permanent Inter Etats de Lutte contre la Sécheresse au Sahel (C.I.L.S.S.) et les multiples actions entreprises dans la lutte contre la désertification comme les reboisements, la protection des végétaux, les activités de CES et DRS.

L'Ouest du Burkina Faso présente des caractéristiques agro écologiques et climatiques favorables à l'agriculture. Ces caractéristiques, jointes au fait que pendant longtemps cette région a été faiblement peuplée et que par conséquent il y avait beaucoup de terres cultivables disponibles, ont favorisé l'existence d'un front pionnier agricole suite à l'arrivée massive des migrants du Nord. Cette arrivée conjuguée avec l'expansion considérable de la culture du coton depuis 1970 a entraîné une occupation plus rapide des terres et favorisé la dégradation progressive des ressources naturelles par la coupe abusive du bois de chauffe, le surpâturage, l'extension et la surexploitation des terres cultivées qui deviennent de plus en plus rares (Zonou, 2006). Nous assistons alors à la diminution de la densité et de la diversité du couvert végétal et à la multiplication des surfaces dénudées dans cette zone.

La dégradation des sols entraîne une baisse de la fertilité des sols qui a pour conséquence la diminution de la productivité des terres ; ce qui constitue un obstacle à l'augmentation de la production agricole. Cependant le Burkina Faso doit satisfaire les besoins alimentaires de sa population de plus en plus croissante et réduire les sorties de devises dues à l'importation de produits alimentaires, surtout le riz.

Depuis longtemps dans la zone Ouest, les champs étaient mis en jachère de longues durées (10 à 20 ans) ; ce qui permettait d'améliorer les propriétés physique, chimique et biologique des sols pour la production agricole. Aujourd'hui, cette pratique de la jachère est de plus en plus délaissée à cause de la raréfaction des terres due à

l'augmentation de la population d'une part et des superficies cultivées par exploitant d'autre part (Pieri, 1989 ; Somé, 1996).

Actuellement, la gestion de la fertilité des sols en milieu paysan repose essentiellement sur l'utilisation des engrais chimiques associées au travail du sol, principalement le labour en début de saison de pluie. Mais l'utilisation des engrais minéraux entraînent à la longue, une dégradation de la structure du sol due à une perte en matière organique, un encroûtement superficiel, et un appauvrissement du sol en éléments nutritifs autres que ceux apportés (Pichot et *al.*, 1981). En outre, les coûts de ces engrais sont élevés pour nos paysans qui ont des difficultés financières à s'en procurer.

Dans un tel contexte, la réhabilitation des terres dégradées et l'amélioration de la productivité des terres par les techniques de conservation des eaux et des sols (C.E.S) seraient une alternative. Bien que les conditions agro climatiques de la zone Ouest diffèrent de celles du nord par les pluviosités relativement plus élevées et la durée de la saison pluvieuse plus longue, nous pensons que les techniques de C.E.S. principalement le zaï, les cordons pierreux et leurs combinaisons pourraient contribuer à la récupération des terres dégradées, à la réduction de la dégradation des sols cultivés et à l'amélioration de la productivité des terres. En effet, leurs efficacités ont été prouvées dans la partie nord du pays en milieu rural et attestés par des études scientifiques (Roose et *al.*, 1999 ; Zougmore et *al.*, 2000 ; Dakio, 2000 ; Maré, 2002). Dans cette zone soudanienne, des études sont menées sur quelques techniques de CES (cordons pierreux, confection de fosses, ...) dans les villages riverains de la forêt classée de Kuinima : Koro, Yégueresso, Koumi, Bama, Pala, Tondogosso, Dingasso et Kouakoualé (Sédogo, 2006) mais aucune étude scientifique ne prouve leur efficacité et leur adaptabilité pour la zone (Yaméogo, 2008).

C'est pour combler ce vide que cette étude se mène dans la forêt classée de Kuinima depuis 2008 dans le cadre des objectifs du projet SUN/UE de l'institut du développement rural (IDR). La présente étude, dont le thème est : « **effet de techniques de CES sur les composantes du rendement du sorgho et les propriétés chimiques du sol à l'ouest du Burkina Faso** » s'inscrit dans le même cadre.

L'objectif global de cette étude est de tester l'efficacité de quelques techniques de CES (le zaï, les cordons pierreux et la combinaison du zaï et des cordons pierreux) dans la zone soudanienne.

Les objectifs spécifiques visent à :

- Evaluer l'effet des différents traitements appliqués sur l'évolution des composantes du rendement du sorgho.
- Déterminer l'effet des traitements sur l'évolution des éléments minéraux et organiques du sol.

Les hypothèses de cette étude sont les suivantes :

- ✓ Les techniques de CES améliorent les composantes du rendement du sorgho en zone sud soudanienne.
- ✓ Les techniques de CES restaurent les propriétés chimiques du sol dans la zone sud soudanienne.

Le présent mémoire comprend quatre chapitres dont le premier est consacré à une revue bibliographique, le deuxième présente le milieu d'étude, le troisième décrit la méthodologie et les matériels de travail et le quatrième présente les résultats et les discussions.

CHAPITRE I

MENTION R B I E N F N

Chapitre I : Revue bibliographique

I.1. Dégradation du sol

La dégradation du sol est une détérioration des propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols. Dans la zone soudano sahélienne, la dégradation de la productivité des sols provient du déséquilibre du bilan des matières organiques et minérales induit par les feux répétés, le surpâturage, le défrichement et les travaux culturaux non adaptés. Ce déséquilibre est encore accéléré par l'érosion (Roose, 1980 ; Breman et Uithol, 1986). Elle conduit à la perte de matières organiques et des particules de terre fine, et entraîne ainsi la baisse de la productivité du sol. Un sol dégradé est donc un sol qui a perdu son aptitude culturale ou un sol peu productif, qui n'arrive plus à assurer ses fonctions de support et de nutrition pour la plante.

Généralement, la dégradation du sol est divisée en trois catégories comportant chacune différentes formes (FAO, 2003 ; Jouve et *al.*, 2002). Ces trois catégories de dégradation du sol sont les suivantes :

- **La dégradation physique:** La forme la plus commune et la plus répandue de la dégradation physique du sol est l'**érosion**. On estime qu'elle affecte 84% des sols dégradés (Steiner, 1996 cité par Jouve, 2002). Cette érosion se manifeste par un transport des matériaux des couches superficielles du sol par l'eau (érosion hydrique) et/ou par le vent (érosion éolienne). L'une des principales causes de l'érosion hydrique est l'accroissement du ruissellement. Cette dernière est influencée par le régime pluviométrique, la topographie des sols mais aussi par les activités humaines en particulier les modes de culture. Une autre forme de dégradation physique du sol est la **compaction** c'est-à-dire la diminution excessive de la porosité du sol. Elle réduit la colonisation du sol par les racines, diminuant ainsi la résistance des plants au stress hydrique et leurs capacités d'extraction des éléments minéraux du sol. D'autres formes sont : l'**encroûtement superficiel** du sol (L'encroûtement diminue l'infiltration et favorise le ruissellement) et la **battance** du sol.

- **La dégradation chimique:** Comme la dégradation physique, celle-ci peut prendre différentes formes en interaction les unes avec les autres. Les formes les plus évoquées dans la littérature sont l'épuisement du sol en éléments nutritifs et l'acidification des sols. L'épuisement du sol en éléments nutritifs est causé par l'exportation de ces éléments dans les productions, sans une restitution compensatrice et aussi par la lixiviation et l'érosion. En plus de l'épuisement du sol en éléments nutritifs,

l'acidification du sol est entraînée par l'application excessive ou irrationnelle des pesticides ou des engrais chimiques.

- **La dégradation biologique** : Celle-ci se manifeste essentiellement par la baisse de la matière organique du sol. Une autre forme de dégradation biologique des sols est la diminution des micro-organismes et de la micro faune du sol, en particulier les termites qui jouent un rôle important dans le recyclage de la matière organique et de la structuration du sol. Les causes majeures de cette dégradation sont le déboisement, le surpâturage et les coupes répétées, l'agriculture itinérante, la mauvaise gestion par l'agriculture des ressources en sol et en eau, comme la non adoption des pratiques en matière de conservation du sol et de l'eau, la pollution des sols par les pesticides et les herbicides.

I.2. Techniques de conservations des eaux et des sols

Selon Reij (1996), les techniques de conservations des eaux et des sols (CES) représentent l'ensemble des pratiques qui concourent à la gestion des sols et de l'eau sur le plan agricole y compris l'agroforesterie et les pratiques agronomiques et culturales.

L'application de ces techniques vise à éviter ou à réduire la dégradation du sol et à améliorer les propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol, et par conséquent elles permettent d'améliorer la productivité de la terre (Sawadogo, 1995 ; Reij et *al.*, 1996 ; Doro, 1991).

Les mesures de conservation des eaux et des sols sont nombreuses et diverses. Elles peuvent être regroupées en trois catégories (Dakio, 2000 ; Jouve, 2002):

- **les dispositifs physiques** que sont les diguettes, les cordons pierreux, les demi lunes, etc.
- **les procédés biologiques**: le paillage, les haies vives, la mise en défend, etc.
- **les techniques culturales**: le zaï, le travail du sol (le sous solage, les buttes etc.), la maîtrise de la densité de semis etc.

Notre étude abordera particulièrement les cas particuliers du zaï et des cordons pierreux

I.2.1. Zaï

En mooré, zaï veut dire "se lever tôt pour préparer sa terre". Il consiste à creuser des cuvettes d'environ 20 à 40cm de diamètre et de 10 à 15cm de profondeur. Après les

premières pluies, on y apporte une à deux poignées de poudrette, c'est à dire des déjections animales desséchées. Les termites attirées par les matières organiques, transforment cette cuvette en entonnoir (Roose et Rodriguez, 1990 ; Roose et *al.*, 1993 ; Reij et *al.* 1996).

I.2.1.1. Avantages du zaï

Les avantages du zaï concernent principalement la capture des eaux de ruissellement et la concentration des éléments fertilisants et des eaux, disponibles dans les cuvettes. Un autre atout majeur du zaï est l'amélioration de la fertilité chimique des champs grâce à l'apport de matière organique effectués au pied des plants. Ces avantages résument la qualité agronomique première du zaï : recréer un micro environnement de croissance favorable et relativement persistant pendant la durée de la saison des pluies. Du point de vue des agriculteurs, l'avantage du zaï reste donc, bien avant sa fonction de réhabilitation des écosystèmes, l'obtention de rendements satisfaisants sur des terres qui paraissaient irrécupérables (Roose et *al.*, 1999).

I.2.1.2. Contraintes du zaï

Le zaï, malgré ses nombreux avantages, ne peut pas résoudre toutes les contraintes à la production agricole dans le Sahel :

Les trous doivent être creusés durant la saison sèche, la pénibilité et la durée du travail restent non négligeables. Selon Roose et *al.*, (1995) ; Reij et *al.*, (1996) le zaï exige 300 heures de travail à la pioche, soit environ 3 mois de travail pour un homme, pour restaurer 1 hectare,

Les disponibilités en fumier, en main d'œuvre et en moyens de transport, sont également des facteurs incontournables dans la pratique du zaï.

I.2.2. Cordons pierreux.

Ce sont des ouvrages anti-érosifs constitués par un arrangement judicieux de pierres sur les courbes de niveau. Les matériaux utilisés sont des blocs de cuirasses appelés moellons. Les cordons sont appliqués sur des terrains en pente où le ruissellement est fort (Rochette, 1989)

Plusieurs auteurs dont Zida (1992), Zougmore et *al.* (1993), Lamachère et *al.* (1991) ont montré que l'installation des cordons pierreux dans les Zones sahéliennes favorise une infiltration plus importante de l'eau, une amélioration du bilan hydrique du

sol et une sédimentation des éléments nutritifs au voisinage du dispositif. Selon Zougmore et *al.* (1993), cette sédimentation est plus importante, lorsque l'espace entre les cordons pierreux est de 25 m ou de 33 m. Cet ouvrage permet donc la réduction de l'érosion hydrique.

Conclusion partielle

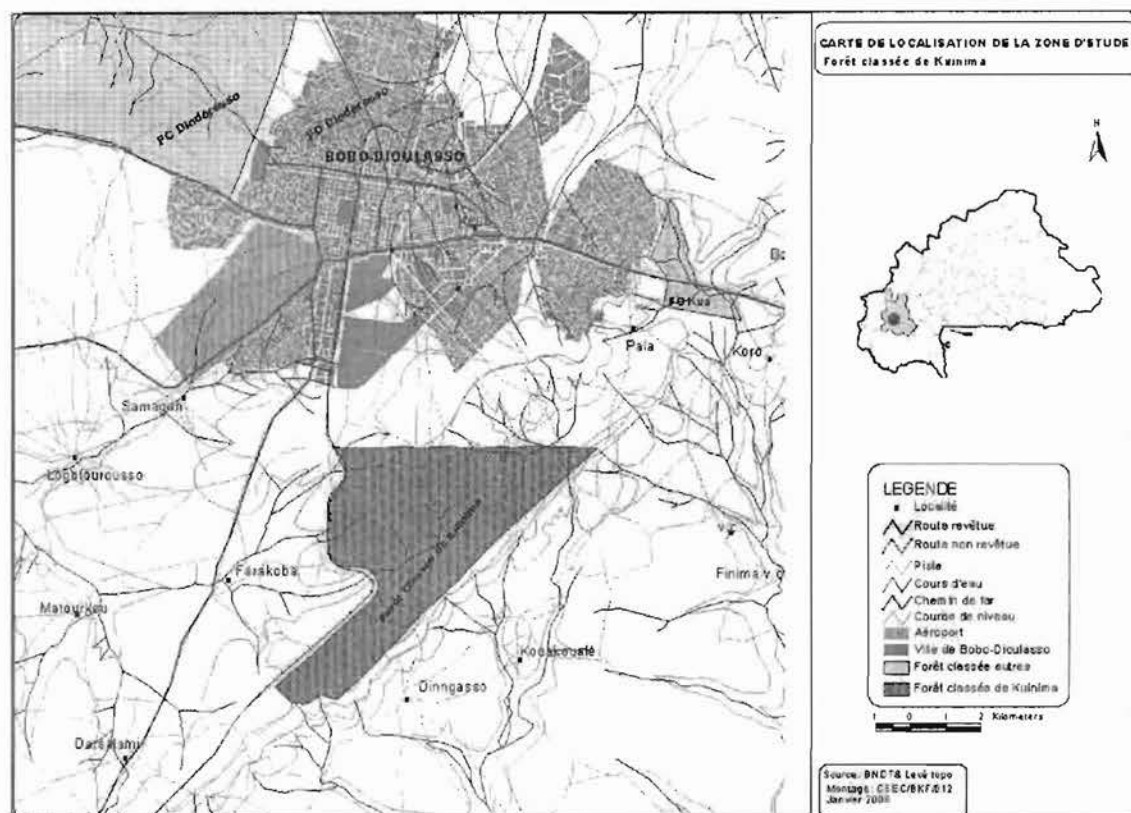
Un sol dégradé est un sol qui a perdu ses capacités de soutien et ou de nutrition de la plante. La dégradation du sol peut être physique, chimique, biologique ou une combinaison des trois. Chacune des trois catégories de dégradation comporte différentes formes en interrelation. La dégradation du sol est induite par des facteurs naturels et des activités anthropiques qui l'accélèrent. Elle entraîne une baisse de la productivité des terres et constitue un obstacle à l'atteinte de l'autosuffisance alimentaire dans la plus part des pays soudano sahéliens. La lutte contre la dégradation des sols au Burkina Faso ne date pas d'aujourd'hui. Elle concerne l'application de méthodes ou de procédés permettant de réduire l'impact des agents de dégradation sur le sol, d'améliorer les propriétés physique, chimique et biologique des sols. Cela entraînerait une augmentation de la productivité des terres et de récupérer des terres dégradées et abandonnées pour une agriculture durable.

Chapitre II : Milieu d'étude

II.1. Situation géographique

Le site de l'étude est implanté dans la forêt classée de Kuinima. Cette forêt est au sud de la ville de Bobo Dioulasso, entre 11°03 et 11°7 latitude nord, et 04°19 et 04°36 longitude ouest.

Selon, l'arrêté de classement en date du 20 novembre 1935, elle avait une superficie de 4000 ha. Actuellement elle ne couvre qu'une superficie de 2150ha. L'autre partie a été déclassée le 31 mai 1947.



Carte n° 1 : Localisation de la forêt classée de Kuinima

II.2. Climat

La zone ouest du Burkina Faso appartient au domaine sud soudanien selon le découpage des zones climatiques réalisé par Guinko (1984). La zone est caractérisée par deux types de saison au cours de l'année :

- une saison pluvieuse d'environ 6 à 7 mois (Mai à Octobre)
- une saison sèche d'environ 5 mois qui va de novembre à avril.

II.2.1. Précipitations

Les données pluviométriques de la station pluviométrique de Farakô-Bâ sont utilisées pour cette analyse.

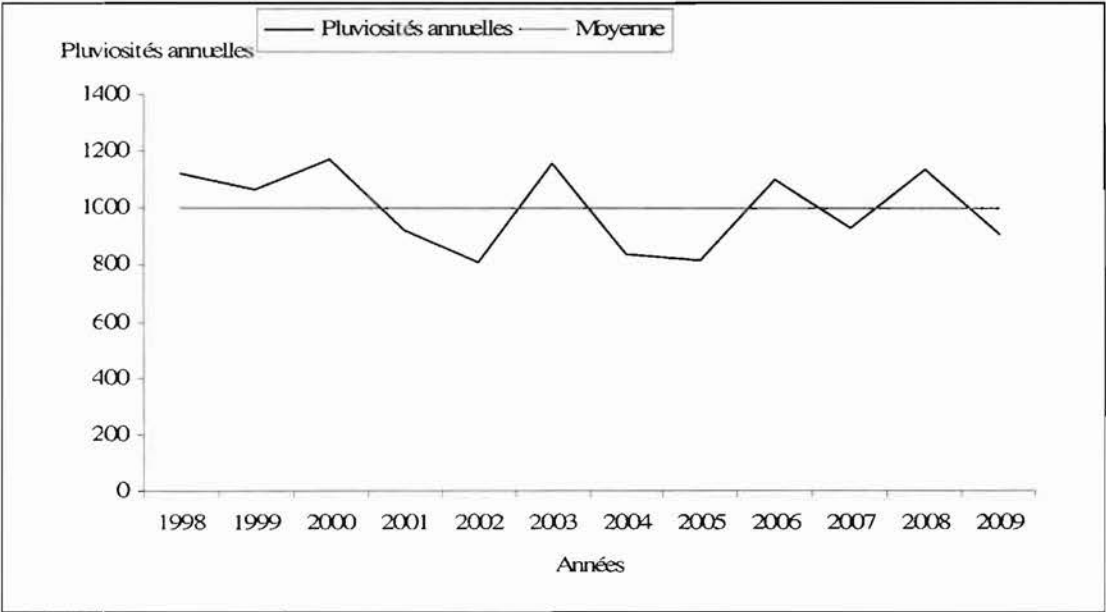


Figure 1 : L'évolution de la pluviosité annuelle des 12 dernières années (1998 à 2009)

La pluviosité moyenne des 12 dernières années (1998 à 2009) est de 996.8mm. Elles varient d'une année à l'autre et, elles sont comprises entre 808mm enregistrée en 2002 et 1172mm pour l'année 2000.

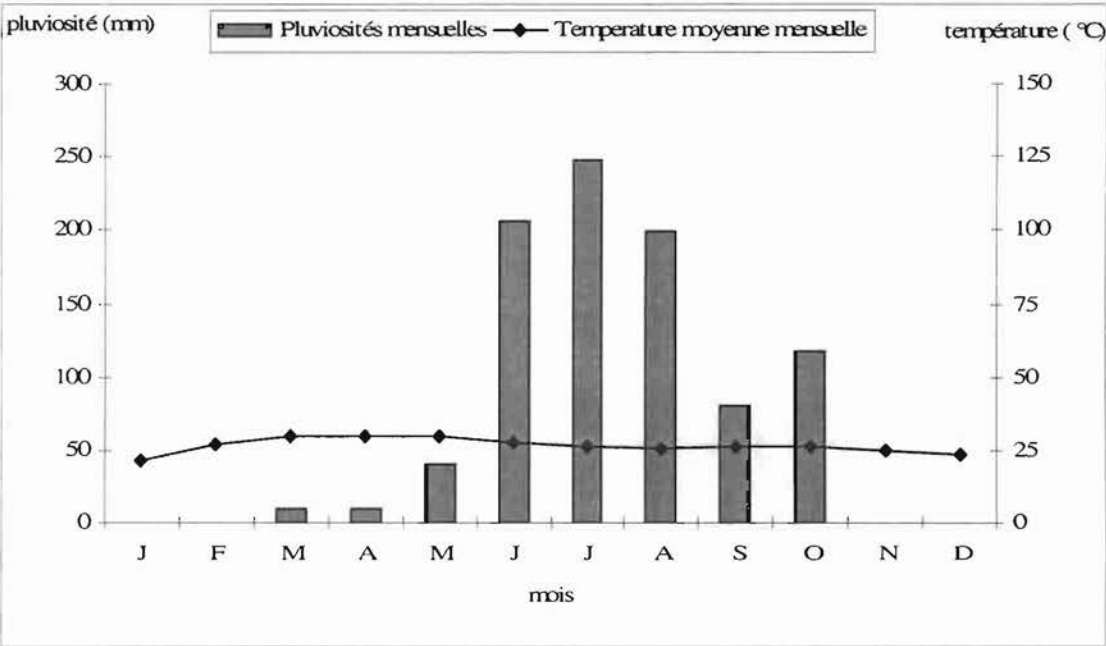


Figure 2 : Les pluviosités et les températures mensuelles de l'année 2009 à Farakô-Bâ

L'année 2009 a connu cinq (5) mois pluvieux allant de juillet à octobre. La pluviométrie a été irrégulièrement répartie. La pluviosité annuelle a été de 908,8 mm. Le mois de Juillet a été le plus pluvieux avec 247,3 mm d'eau enregistrée. Durant la saison pluvieuse, des poches de sécheresse ont été observées.

II.2.2. Température

Les températures moyennes mensuelles sont variables selon les saisons et aussi d'un mois à l'autre. La saison sèche est caractérisée par deux périodes sèches et froides (Janvier à Février et Novembre à Décembre) et une période sèche et chaude (Mars à Mai). Pendant les périodes sèches et froides, les températures moyennes mensuelles se situent entre 21°C et 27°C. La température moyenne durant la période sèche et chaude est de l'ordre de 29,5°C. Durant la saison pluvieuse, les températures mensuelles maximales sont comprises entre 30°C et 33°C, et les minima se situent entre 20°C et 22°C. La figure 2 donne la pluviométrie et les températures au cours de l'année 2009 dans la zone d'étude.

II.2.3. Vents.

Le vent est un facteur qui favorise la pollinisation, la dispersion des végétaux et aussi l'érosion des sols. Au Burkina Faso, deux principaux types de vent sont distingués :

l'harmattan: un vent continental chaud et sec, venant du secteur Nord-Est (Sahara), souffle pendant toute la période sèche de l'année avec une vitesse moyenne comprise entre 15 et 20km/heure.

La mousson: elle vient après l'harmattan pendant l'hivernage. C'est un vent frais et chargé d'humidité, venant du golfe de Guinée. Ce vent souffle dans la direction Sud-Ouest avec une vitesse moyenne de 2 m/seconde.

II.3. Végétation

Le secteur sud soudanien représente environ 32,4% du territoire national et comporte les formations forestières les plus denses du pays. La zone se caractérise par une végétation abondante et diversifiée. Fontes et Guinko (1995), distinguent quatre types de végétation :

- la savane arbustive arboré,
- la savane arborée à arbustive et boisée,

- la savane arborée à boisée et forêt claire,
- la forêt galerie.

Les espèces ligneuses les plus rencontrées sont : *Daniellia Oliveri*, *Afzelia africana*, *Isoberlinia doka*, *Pterocarpus erinaceus*, *Prosopis africana*, *Parkia biglobosa*, *Burkea africana* et *Albizzia chevalieri*.

La strate herbacée très abondante, est dominée par : *Andropogon gayanus*, *Andropogon pseudapricus*, *Andropogon fastigiatus*, *Hyparrhenia spp.*, *Schysachyrium sanguineum*, *Ctenium newtonii*, *Pennisetum pedicellatum*, *Loudetia kerstingii*....(Yaméogo, 2008).

Au cours des années 2008 et 2009, dans le mois d'Août, il y a eu le reboisement des plants d'espèces suivantes dans la forêt de Kuinima : *Faidherbia albida*, *Adansonia digitata*, *Pterocarpus erinaceus*, *Afzelia africana*. Des traces de feu de brousse et des coupes du bois sont observées sur le site de l'étude.

II.4. Sols

Sib et *al.*, 2003 ont inventorié 5 sous-groupes de sol appartenant à 4 classes, selon la classification de la Commission de Pédologie et de la cartographie des sols (CPCS, 1967). Ces quatre classes de sol sont les suivantes :

— **classe des sols minéraux bruts**, ces sols ne contiennent que des traces de matière minérale dans les 20cm supérieurs. La matière minérale subit une altération chimique. Ces sols se rencontrent sur des formations n'ayant pas subi d'évolution pédologique. Leur intérêt agricole est nul. Ce sont des espaces privilégiés des herbacées,

— **classe des sols peu évolués**, cette classe regroupe des sols de profil AC contenant plus de matière organique dans les 20cm supérieurs. Une partie de cette matière organique peut être humifiée. La matière minérale n'a pas subi d'altération sensible quand bien même elle est souvent désagrégée et fragmentée. La cohésion du sol est faible en surface et moyenne dans le reste du profil. L'activité biologique y est bien développée, les racines sont nombreuses,

— **classe des sols à sesquioxydes de fer et de manganèse**, les sols de la classe sont de types (ABC) ou A (B) C caractérisés par:

- une individualisation des sesquioxydes de fer,
- une minéralisation rapide de la matière organique,
- un complexe en B à dominance d'argile Kaolinitique.

-- **classe des sols ferralitiques**, les sols de cette classe sont évolués. Ils se développent dans les zones intertropicales à pluviométrie supérieure ou égale à 1000 mm. L'horizon B est souvent très épais, faiblement à fortement dessaturé. L'horizon C est d'épaisseur variable et renferme des matériaux altérés qui s'écrasent sous la pression des doigts. Le PH est faible. Ce sont donc des sols acides. L'activité biologique y est bien développée.

II.5. Population.

La population de la ville de Bobo-Dioulasso est estimée à environ 435843 habitants (INSD, 2007). C'est une population composée de plusieurs groupes ethniques divisés en deux catégories:

Les autochtones constitués principalement de Bobo, Bwaba, Tiepho, et Sénoufo représentent environ 64% de la population.

Les allochtones estimés à environ 35,1% sont constitués de Peulhs, Dogon, Samogo et Mossé qui comptent le plus grand pourcentage avec 22,3% de la population totale (Pale et *al.* 1998 cités par Dembélé, 2006). Le flux migratoire est des plus importants du pays. En effet la région reçoit les populations migrantes venant du centre et du nord du pays vers les zones agricoles où l'agriculture est propice. Ces dernières années on a enregistré un retour massif des burkinabés de la Côte d'Ivoire suite à la crise dans ce pays. Les populations de la région ont pour activités principales l'agriculture et l'élevage.

II.6. Agriculture et Elevage

II.6.1. Agriculture

Elle est de type extensif et les productions sont diversifiées. Faiblement mécanisée, elle utilise peu d'intrants agricoles. Les principales productions sont basées sur les cultures vivrières, de rente et l'arboriculture.

Les principales cultures céréalières sont : le riz, le maïs, le sorgho et le mil. La quantité de céréale produite varie d'une année à l'autre. La production est essentiellement sous l'influence de la pluviométrie. Pour la campagne agricole 2006-2007, la production de céréale est estimée à 628 907 tonnes contre 447 968 tonnes pour la campagne 2007-2008. La principale culture de rente est le coton. Sa production a été de 155 751 tonnes sur une superficie de 150743 ha dans les Hauts Bassins au compte de

la campagne 2007-2008 (INSD, 2008). D'autres cultures de rentes sont : le sésame, le niébé, l'arachide.

II.6.2 Elevage

Les Hauts Bassins se transforment progressivement en zone d'élevage sous l'effet conjugué de plusieurs facteurs que sont : la levée de la barrière écologique par les sécheresses, les campagnes de vaccination des animaux, la création de zone pastorales, le marché à bétail de Bobo Dioulasso et la situation de cette zone sur l'axe de transhumance vers les pays côtiers.

Le cheptel est nombreux et diversifié. Il est constitué de bovins, d'ovins, de caprins, de porcins, de volailles etc. De façon globale, le cheptel augmente de nombre chaque année. Par exemple, le nombre de bovins est passé de 1 288 338 à 1 314 104 têtes entre 2006 et 2007 (INSD, 2008).

En plus du fourrage herbacé, les pasteurs émondent certaines espèces ligneuses prisées comme *acacia albida Del.*, *pterocarpus einaceus Poir.* ; Ce qui constitue une menace sérieuse pour les forêts.

Conclusion partielle

MENTION TRÈS BIEN

La forêt classée de Kuinima se situe dans la zone ouest du Burkina Faso. Cette zone présente encore des caractéristiques agro climatiques relativement favorables. Il y existe plusieurs types de sol. Les moyennes annuelles des pluviosités environnent 1000 mm et la durée de la saison pluvieuse (6 à 7 mois) est plus longue que celle du cycle de développement des principales cultures céréalières. Les températures moyennes mensuelles durant la saison pluvieuse varient de 20°C à 35°C. Ce qui est favorable à la culture des céréales et au développement des végétaux en générale. La zone ouest renferme les formations végétales les plus denses du pays. Mais l'agriculture et l'élevage qui sont les principales activités des populations rurales sont de types extensifs. Ils contribuent fortement à la dégradation des ressources naturelles dans la zone. L'augmentation de la population résultant du taux de natalité assez élevé (environ 3%) et l'arrivée massive de population migrante dans la zone, conjuguée avec l'expansion de la culture de coton, accélèrent l'occupation des terres. Aussi, les poches de sécheresse sont de plus en plus fréquentes ; ce qui nécessite l'application de techniques de conservations des eaux et des sols pour réduire le caractère aléatoire de la production agricole. La zone ouest est donc sujette à la dégradation de ses ressources et

des mesures adéquates doivent être adoptées en vue de préserver et même d'améliorer les principales ressources des populations.

Chapitre III : Méthodologie et Matériels d'étude

III.1. Caractéristiques des sols du site.

Les sols du site de notre étude appartiennent aux sols ferrugineux tropicaux lessivés indurés (Yaméogo, 2008). Dans les 20 premiers centimètres, la texture varie de Limono-sableuse à Limono-argilo-sableuse. Leur réserve en minéraux altérables et leur capacité d'échange cationique sont faibles ainsi que le taux de matière organique (Feller, 1994 ; CPCS, 1967). Notre site d'expérimentation présente une pente plus ou moins forte (0 à 5%). Le sol est peu profond avec une structure présentant des affleurements de la roche mère (cuirasse) par endroits. La charge en gravillon est assez importante en surface. Ces sols apparaissent donc potentiellement pauvres en nutriments minéraux et organiques essentiels pour la croissance et le développement des plantes. Ceux ci font que ce site nous semble être adapté à l'application du zaï et des cordons pierreux. (Kaboré, 1993 ; Dugue, 1989 cités par Dakio, 2000)

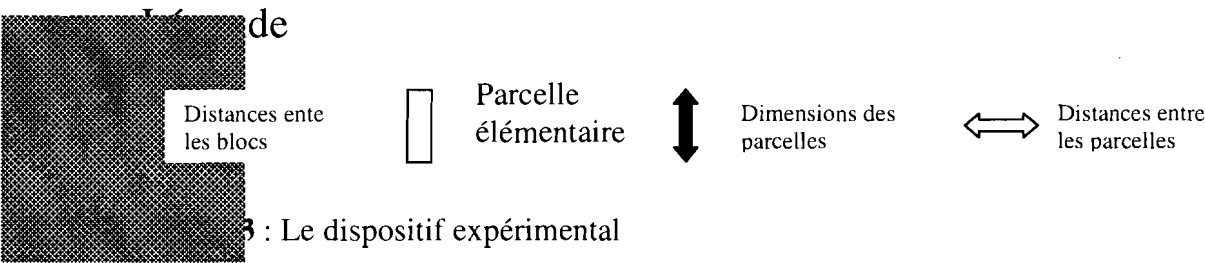
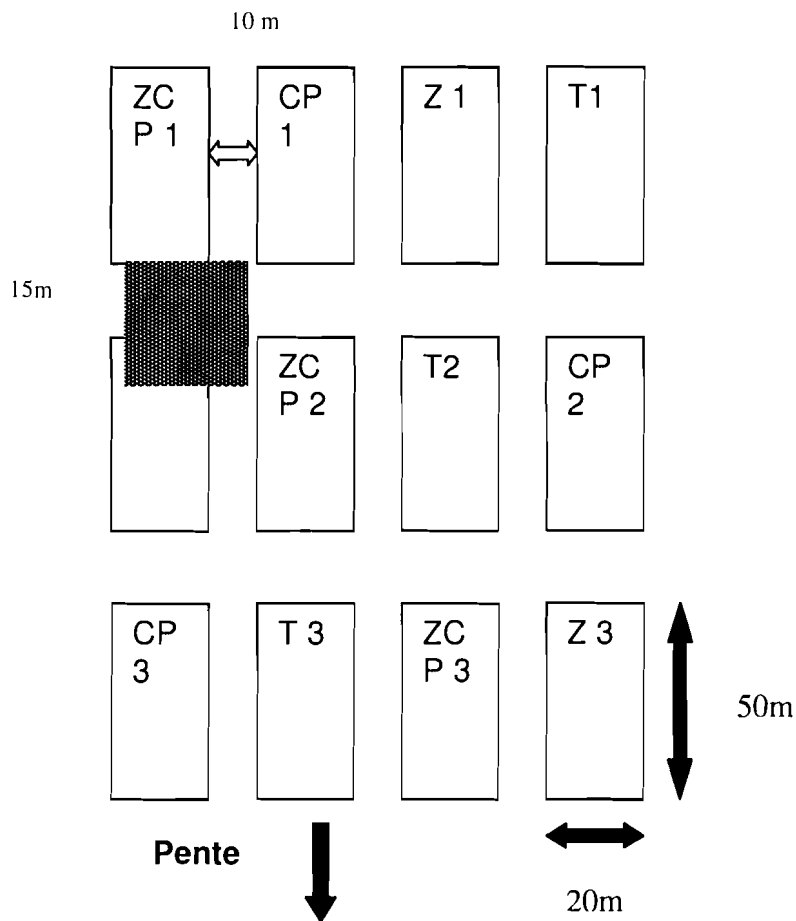
III.2. Dispositif expérimental

MENTION BIEN

Il est constitué de trois blocs avec quatre traitements totalement randomisés. Les blocs sont séparés par une distance de 15 m et les parcelles au sein du même bloc sont distantes de 10 m. Les parcelles ont une superficie de 20 m X 50 m, soit 1000 m².

Chaque bloc comporte les traitements suivants:

- ✓ le zaï (Z) : les trous de zaï ont une profondeur moyenne de 15 cm et un diamètre d'environ 20 cm. Les poquets sont distants de 80 cm en interligne et de 40 cm en intraligne.
- ✓ les cordons pierreux (CP) : Les lignes de cordons pierreux sont distantes de 33 m ;
- ✓ une association zaï + cordons pierreux (ZCP) ;
- ✓ le témoin (T).



III.3. Matériel végétal utilisé et Densité de semi

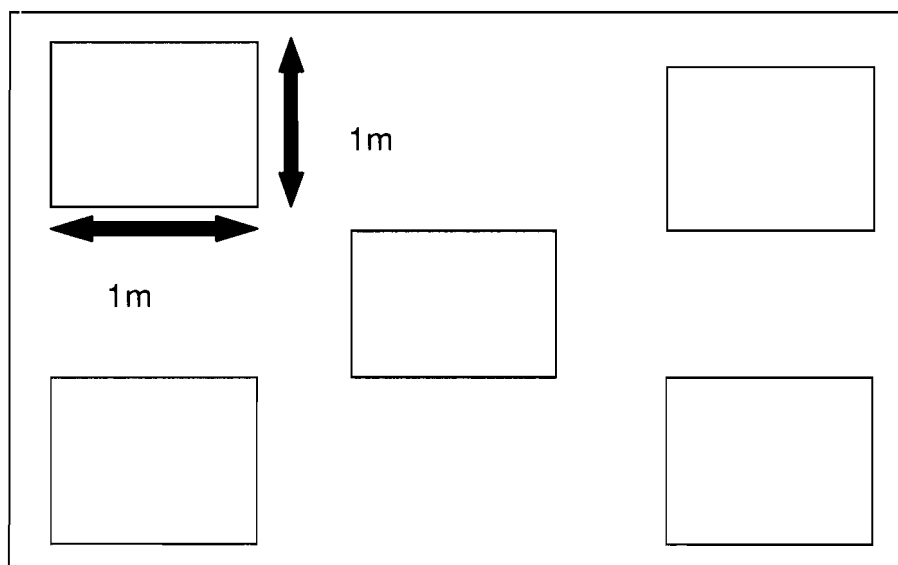
Pour tester l’efficacité des traitements, la variété de sorgho, Sariasso 01 a été utilisée. C’est une variété de type racial Guinea. La durée du cycle semi maturité est de 120 jours et 90 jours pour la période semi 50% floraison. Elle est résistante à la sécheresse et à la verse. Les autres caractéristiques sont présentées à l’annexe IV.

Les semis ont été réalisés à la densité conseillée pour une culture de sorgho. Nous avons 0,80 m entre les lignes et 0,40 m entre les poquets.

III.4. Pose des carrés de rendement

Les carrés de rendement font chacun 1 m². Nous en avons placé 5 dans les parcelles de zaï et celles témoins selon les diagonales de ces parcelles, et 8 dans les

parcelles de cordons pierreux et de zaï+cordons pierreux. A ce niveau, les carrés de rendement sont alignés perpendiculairement aux lignes de cordons pierreux. Les dispositions en diagonale, en ligne parallèle et en zigzag des carrés de rendement, sont les plus recommandées pour prendre en compte l'hétérogénéité d'une parcelle (T.T.A., 2004)



Légende

-  Carré de rendement
 Dimensions des carrés de rendement

Figure 4 : La distribution des carrés de rendement dans les parcelles zaï et témoins

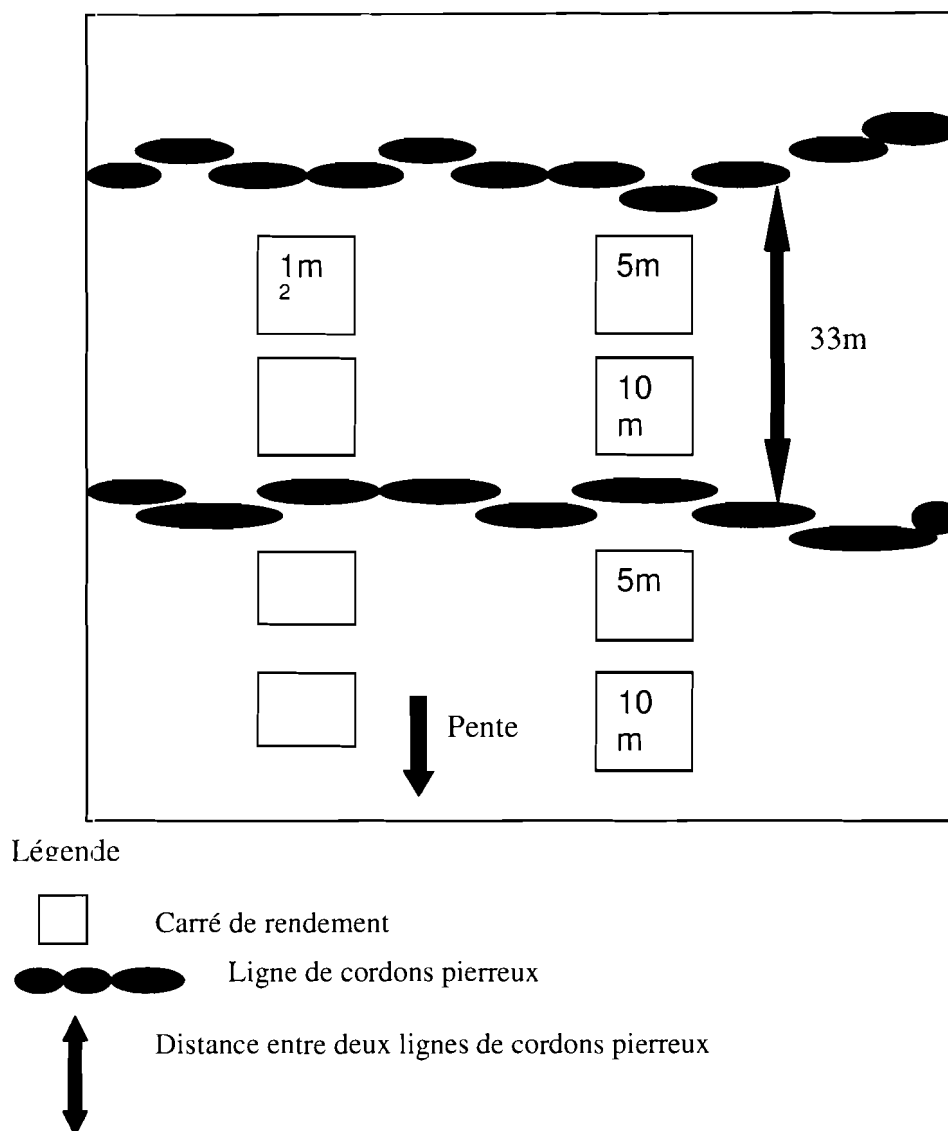


Figure 5 : La distribution des C.R. dans les parcelles à lignes de cordons pierreux

III.5. Suivi des stades de développement

Le rendement des céréales s'élabore tout au long du cycle de développement, à partir des composantes que sont : le nombre de plants par unité de surface, le nombre d'épis par plante, le nombre de grains par épi et le poids d'un grain. Le suivi des stades de développement permet de mieux percevoir les effets des différents traitements sur les composantes du rendement.

III.5.1. Nombre de poquets levés à l'ha

Après la pose des carrés de rendements, nous avons compté le nombre de poquets présentant au moins un plant de sorgho à l'intérieur de ceux-ci. Ensuite nous avons calculé la moyenne par parcelle et par traitement et enfin, extrapolé la moyenne

par traitement à l'hectare. Théoriquement, nous avons 6 poquets par C.R. et 31250 poquets à l'hectare correspondant à la densité de 0,8 m X 0,4 m.

III.5.2. Mesure de hauteur et Comptage de feuilles des plants.

La croissance des plants se manifeste par l'augmentation de ses dimensions. Pour évaluer la croissance, nous avons mesuré et compté chaque semaine la hauteur et le nombre de feuille des plants à l'intérieur des carrés de rendements. Ces techniques ont été déjà utilisées par d'autres auteurs (Hamado et *al.*, 2008 ; Bagnian, 2006 ; Prasad et *al.*, 2008). La mesure de hauteur a été réalisée à l'aide d'une planche graduée en centimètre (cm).

III.5.3. Evolution de l'épiaison par traitement

Nous avons suivi également l'évolution du nombre d'épis par semaine. Les épis qui ont émergés des gaines foliaires sont comptés sans tenir compte de leur taille, ni de leur capacité à donner des grains. Nous avons ensuite fait la moyenne par traitement et par semaine.

III.6. Evaluation des composantes du rendement

Les composantes du rendement sont des paramètres de la culture et ou de la plante permettant la détermination du rendement de cette culture. Ce sont dans le cas des céréales : le nombre de plants/hectare (NP/ha) ; le nombre d'épis par plant (NE/plt) ; le nombre de grain par épi (NG/épi) et le poids d'un grain (PIG)

III.6.1. Nombre de plants et d'épis à l'hectare (ha)

A la récolte, nous avons compté le nombre total de pieds de sorgho restant à l'intérieur des C.R., et aussi le nombre d'épis total et le nombre d'épis utile. Nous avons calculé ensuite les moyennes de ces paramètres par traitement et nous avons extrapolé ces résultats à l'hectare selon la formule suivante :

$$\text{Valeur par hectare du paramètre évalué (VP/ha)} = A \times B : C$$

A désigne soit le nombre moyen de plants, soit le nombre d'épis total ou bien le nombre d'épis utiles compté dans les CR d'une parcelle donnée.

B = Nombre théorique de plants à l'ha (31250 poquets/ha*3 plants/poquet = 93750 plants).

C = Nombre théorique de plants par C.R. (18 plants)

Enfin, nous avons calculé les valeurs moyennes à l'ha des différents paramètres pour chaque traitement, en additionnant ceux des trois parcelles d'un traitement donné et divisé par trois.

III.6.2. Evaluation du nombre de grains par épi et Poids des grains.

Les épis des carrés de rendements sont récoltés à maturité avant la récolte générale. Chaque épi récolté est mis dans un sachet et étiqueté. L'étiquette précise le traitement, le numéro de la parcelle et le numéro du carré de rendements. Après égrainage, les grains de chaque épi sont comptés.

Après le comptage, les grains obtenus par épi sont mélangés par parcelle. Nous y avons prélevé au hasard 1000 grains par parcelle que nous avons séchés à l'étuve à 105°C et pesés.

III.7. Estimation des rendements

Les productions des C.R. en grain sont séchées et pesées. Ensuite, nous avons calculé la moyenne par parcelle. Ces moyennes sont rapportées à l'hectare selon la formule ci après :

$$\text{Rendement grain (kg/ha)} = \text{Pm/CR} \times 10000$$

Pm/CR désigne la production moyenne des carrés de rendement d'une parcelle donnée. Les C.R. font 1m² de superficie.

Nous avons enfin calculé le rendement moyen à l'hectare par traitement.

La paille correspond à la biomasse épigée, non consommable par l'homme. Elle est constituée par l'ensemble des parties aériennes des plants sans les grains c'est à dire les tiges, les feuilles et les restes des épis après égrainage. Les pailles des sous parcelles ont été regroupées et séchées à l'ombre. Tous les deux jours, elles ont été pesées jusqu'à ce que leurs poids soient constants. Le séchage a duré deux semaines. Les poids obtenus lors du dernier pesé ont été utilisés pour calculer les rendements en paille des différentes parcelles à partir de la formule ci après :

Rendement paille (kg/ha) = $Pp/CR \times 10000$

Pp/CR désigne la production moyenne en paille des carrés de rendement d'une parcelle donnée. Les C.R. font $1m^2$ de superficie.

Nous avons calculé ensuite les rendements moyens en paille des différents traitements.

III.8. Echantillonnage de sol

La disposition des points de prélèvement des échantillons de sol en diagonale, en ligne parallèle et en zigzag sont les plus recommandées pour prendre en compte l'hétérogénéité d'une parcelle (T.T.A., 2004)

Des prélèvements au nombre de 5 sont effectués au niveau des parcelles de zaï et les témoins. Dans les parcelles de zaï, les prélèvements sont faits dans les poquets de zaï et hors poquets. Les points de prélèvements sont à l'intérieur des carrés de rendements situés sur les diagonales des parcelles. Pour les parcelles de cordons pierreux et de zaï + cordons pierreux, les points de prélèvement sont alignés parallèlement à la pente dans les carrés de rendements et sont au nombre de 8. Les échantillons ont été prélevés dans l'horizon 0-20 cm, à l'aide de la tarière, après les récoltes.

Les échantillons prélevés sont mélangés par parcelle dans un seau en plastique. Un échantillon composite de 1 Kg a ensuite été prélevé pour chaque parcelle et mis dans un sachet fermé, pour les analyses au laboratoire. On a eu donc deux échantillons composites pour les parcelles de zaï et de zaï + cordons pierreux, et un échantillon composite pour les parcelles témoins et les cordons pierreux.

III.9. Analyse chimique des échantillons de sol

Les échantillons de terre prélevés ont été analysés par le laboratoire du Bureau National des sols (BUNASOLS).

Les analyses débutent par le tamisage, à l'aide d'un tamis de 2 mm pour séparer la terre fine des particules grossières de terre.

Les analyses ont porté sur l'acidité du sol, le taux de matière organique, l'azote totale, le phosphore assimilable, le potassium disponible, les bases échangeables et la capacité d'échange cationique.

— **L'acidité** est déterminée par la mesure du pH eau à partir d'un mélange de terre avec de l'eau distillée dans un rapport 1 / 2,5 selon la norme de AFNOR (1981), puis le pH est mesuré à l'aide d'un ph-mètre.

— **Le taux de la matière organique** est déterminée indirectement par le dosage du carbone selon la méthode de Walkey et Black (1934). Le carbone organique est oxydé en milieu sulfurique concentré par le bichromate de potassium en excès. L'excès du bichromate est ensuite titré par une solution de sel de Mohr ($\text{Fe}(\text{SO}_4)_2(\text{NH}_4)_2$) en présence de diphénylamine. Pour passer du taux de carbone au taux de matières organiques totales, on utilise un coefficient multiplicateur qui est de 1,724. On estime que la matière organique contient 58 pour 100 de carbone.

— **L'azote total** est déterminé par minéralisation de l'échantillon de sol avec un mélange d'acide sulfurique -Sélénium- acide salicylique en le chauffant progressivement (100 à 340°C) jusqu'à minéralisation totale. Après cette minéralisation, la solution aqueuse est mélangée à du carbone actif et filtrée ensuite. L'azote total est déterminé directement à l'auto-analyseur (SKALAR).

— **Le phosphore assimilable** est déterminé selon la méthode Bray n°1. L'Extraction du phosphore est réalisée avec une solution mixte de fluorure d'ammonium et d'acide chlorhydrique. L'extrait est ensuite passé au spectrophotomètre à 720 nm en utilisant le molybdate d'ammonium.

— **Le potassium disponible** est obtenu par extraction dans l'échantillon du sol en utilisant une solution mixte d'acides chlorhydrique (HCL ; (0.1 N)) et oxalique ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$; (0.4 N)). Le potassium est déterminé au photomètre à flamme par la comparaison des intensités de radiations émises par les atomes de potassium avec celles de solution standard.

— **La capacité d'échange cationique (C.E.C.)** est déterminée en utilisant l'Argent thiourée à 0,01M (mélange de AgNO_3 et de Thiourée (H_2NCSNH_2)) pour l'extraction des cations. L'échantillon de sol est Agité avec une solution de AgTU pendant 2 heures et est ensuite filtré ou centrifugé. La CEC est déterminée par la quantité d'argent dosée dans le filtrat qui lui représente.

— **Les bases échangeables** : le principe de la détermination des bases échangeables est basé sur leur déplacement par un autre cation. L'acétate d'ammonium ou l'acétate d'ammonium alcool est utilisé pour effectuer ce déplacement au

BUNASOLS selon l'état du sol (acide, basique ou neutre). Le percolat obtenu contient les cations libérés et la détermination de la CEC se fait ensuite au photomètre à flamme.

III.10. Traitement des données

Les moyennes des paramètres de croissance et de la production ont été calculées à l'aide du logiciel Excel. L'analyse statistique de ces valeurs moyennes est réalisée avec le logiciel XLSTAT (ANOVA). Nous avons effectué une analyse de variance pour comparer les moyennes à l'aide du test de TUKEY et de NEWMAN KEULS au seuil de 5%.

Les données obtenues sur la teneur en élément chimique des échantillons de sol ont été analysées à l'aide du même logiciel XLSTAT

Chapitre IV : Résultats et Discussions

IV.1. Analyses chimiques des échantillons du sol

IV.1.1. Résultats

Dans le tableau I, sont indiqués les résultats des analyses des échantillons du sol. Les différents paramètres varient selon les traitements. La matière organique totale (MO) est plus élevée dans les poquets du zaï (1,7 mg/g), dans les poquets du zaï + cordons pierreux (1,62 mg/g) et au niveau des cordons pierreux (1,55 mg/g) par rapport au témoin (1,41 mg/g). Par rapport au témoin, les parcelles de cordons pierreux et les poquets du zaï + cordons pierreux présentent la plus grande teneur en azote (0,08 mg/g). Ils sont suivis par les parcelles du traitement zaï (0,07 mg/g). Le rapport C/N est significativement plus élevé au niveau du témoin (13,67) et dans les poquets de zaï (14) par rapport aux autres traitements. Entre le témoin et les poquets du zaï, la différence n'est pas significative pour C/N. Pour le phosphore assimilable (Pa) et le potassium disponible (Kd), les poquets de zaï et de zaï + cordons pierreux présentent des valeurs significativement plus grandes par rapport au témoin. L'analyse statistique ne montre pas de différence significative entre les parcelles de cordons pierreux, le témoin et les espaces inter poquets des traitements zaï et de zaï + cordons pierreux pour le Pa et le Kd. La capacité d'échange cationique (CEC) est plus élevée, en comparaison avec le témoin, aux niveaux des parcelles de cordons pierreux, du zaï et dans les poquets du zaï + cordons pierreux. La plus grande valeur de CEC est obtenue dans les poquets de zaï (9,74 méq/C). La somme des bases échangeables (BE) des parcelles de zaï (poquets et inter poquets) et les poquets de zaï + cordons pierreux sont plus grands de façon significative par rapport à celle du témoin. La plus grande BE est celle des poquets de zaï (6,20 méq/C). Entre le témoin et les cordons pierreux, la différence n'est pas significative par rapport à la BE. Par rapport au pH eau, les traitements sont divisés en trois (3) groupes significativement différents par l'analyse statistique. Les cordons pierreux et le témoin constituant le premier groupe, ont les plus faibles valeurs de pH eau. Le deuxième groupe est formé par les espaces inter poquets des traitements zaï et zaï + cordons pierreux. Les plus grandes valeurs sont présentées par le groupe 3 constitué par les poquets de zaï et de zaï + cordons pierreux. La différence entre les traitements du même groupe n'est pas significative.

Tableau I : Les caractéristiques chimiques des sols sous l'influence des différents traitements

Traitements	MO (mg/g)	N (mg/g)	C/N	Pa (méq/C)	Kd (méq/C)	CEC (méq/C)	BE (méq/C)	pH eau
CP	1,55 b	0,08 a	11,67 _c	3,82 c	52,70 c	5,49 b	3,20 cd	5,45 c
T	1,41 c	0,06 c	13,67 _a	4,08 c	47,70 c	4,54 c	2,94 d	5,42 c
ZCP-HP	1,08 d	0,05 d	12,67 _b	3,56 c	53,63 c	3,24 d	2,48 e	5,59 b
ZCP-P	1,62 ab	0,08 a	12 c	12,03 b	193,30 a	5,53 b	4,07 b	6,58 a
Z-HP	1,54 bc	0,07 b	12 c	3,52 c	58,70 c	5,59 b	3,48 c	5,69 b
Z-P	1,7 a	0,07 b	14 a	15,10 a	133,03 b	9,74 a	6,20 a	6,52 a

Les valeurs dans le tableau suivi de la même lettre ne sont pas significativement différentes, selon l'analyse statistique effectuée à l'aide du test de Tukey au seuil de 5%

CP : Cordon pierreux ; ZCP : Zaï + Cordon pierreux ; Z : Zaï ; HP : Hors poquet ; P : Inter poquet ; méq/C : milli équivalent pour 100g de terre

IV.1.2. Discussions

a) La matière organique du sol

Les résultats de l'analyse des échantillons de sol montrent une augmentation du taux de matière organique totale (MO) du sol au niveau des traitements cordons pierreux. dans les poquets de zaï des traitements zaï et zaï + cordons pierreux de façon significative par rapport au témoin. Nous pouvons ainsi dire que ces traitements ont amélioré le statut organique du sol. Au niveau des cordons pierreux, cette amélioration s'expliquerait par la sédimentation des particules solides contenues dans l'eau de ruissellement dont la vitesse est ralentie avec l'application des cordons pierreux (Zougmore, 2000). Dans les poquets de zaï et de zaï + cordons pierreux, l'apport du fumier dans les trous de zaï serait la principale explication de l'amélioration du taux de MO par rapport au témoin.

b) La teneur en azote totale

Elle a été augmentée significativement par rapport au témoin aux niveaux des cordons pierreux, dans les poquets du traitement zaï + cordons pierreux et au niveau du zaï (poquets et inter poquets). D'autres auteurs dont Maré (2002), Zougmore et *al.*

(1993) ont indiqué l'augmentation de la teneur en N du sol avec l'application des cordons pierreux. Doamba (2007) conclue au terme de son étude dans le Baffons de Thion, que le zaï permettait l'amélioration des caractéristiques physico chimiques du sol. Les variations des taux en MO des parcelles permettraient d'expliquer les variations des teneurs en azote total. En effet, selon Pieri (1989), la MO constitue le stock et la réserve de l'azote total du sol. L'azote est donc apporté au sol principalement par la matière organique. Les teneurs en matière organique des sols des parcelles de zaï, zaï + cordons pierreux et cordons pierreux expliqueraient ainsi l'amélioration de la teneur en azote de ces sols. Les plus fortes améliorations de la teneur en azote sont observées sur les parcelles de cordons pierreux et ceux du zaï + cordons pierreux. Nous pouvons expliquer cela par la faible minéralisation de la MO. Cette situation pourrait s'expliquer aussi par une relative faible utilisation de l'azote libérée au cours de la minéralisation de la matière organique, par les plants aux niveaux de ces traitements. La faible croissance des plants sur les parcelles de cordons pierreux témoigne de cette faible utilisation de l'azote. Les engorgements temporaires plus accentués, observés sur les parcelles de cordons pierreux et zaï + cordons pierreux auraient entraînés une diminution de l'utilisation de l'azote par les plants. En effet, le manque d'air dans le sol, provoqué par l'occupation de la quasi-totalité des pores du sol par l'eau, entraîne une réduction des activités physiologiques des racines. Il en résulte ainsi une réduction de l'absorption des éléments minéraux et organiques par les plants.

c) Le rapport C/N

Il est un indice qui montre le niveau de dégradation de la matière organique du sol. Les résultats obtenus indiquent des valeurs de C/N significativement plus faibles par rapport au témoin, aux niveaux des traitements cordons pierreux, dans les poquets des traitements zaï et zaï + cordons pierreux et dans l'espace inter poquet du traitement zaï + cordons pierreux. Cela pourrait montrer que l'activité biologique a été améliorée au niveau de ces traitements. En effet, l'amélioration de l'activité des micro-organismes du sol favorise la décomposition de la MO, il s'en suit une diminution du rapport C/N. Le rapport C/N décroît au fur et à mesure que la MO apporté au sol se décompose (Feller, 1994).

d) Les teneurs en phosphore assimilable (Pa), en potassium disponible (Kd) ; la capacité d'échange cationique (CEC) et la somme des bases échangeables (BE)

Aux niveaux du zaï (poquets et inter poquets), des poquets du zaï + cordons pierreux et des cordons pierreux, la CEC est significativement plus élevée par rapport au témoin. Ceci pourrait s'expliquer par les quantités plus élevées de MO au niveau du zaï, des poquets du zaï + cordons pierreux et des cordons pierreux (Pallo et *al.*, 2008 ; Ouattara et *al.*, 1997). En effet, la matière organique fraîche apportée au sol se minéralise directement ou bien s'humifie avant la minéralisation. L'humus formé s'associe à l'argile pour former le complexe absorbant. Ce dernier est capable de fixer des cations contenus dans la solution du sol et améliore la CEC du sol. La quantité d'humus formée augmente avec la quantité de matière organique apportée. Les poquets du zaï + cordons pierreux et du zaï sont les seules à présenter les teneurs en Pa et en Kd significativement supérieures par rapport au témoin. Cela est sans doute dû à l'apport du fumier dans les trous. La minéralisation du fumier apporté dans les trous aurait entraîné l'augmentation plus significative dans les poquets du zaï et du zaï + cordons pierreux, de la BE.

e) L'acidité

Le relèvement du PH eau au niveau des traitements zaï et zaï + cordons pierreux, nous amène à dire que ces traitements entraînent une diminution de l'acidité du sol. Cela serait lié à l'augmentation des bases échangeables dans le sol suite à la minéralisation de la MO. C'est pour cela que le pH eau est beaucoup plus élevé dans les poquets qu'au niveau des espaces inter poquet.

Au vu de tout ce qui précède nous pouvons conclure que l'application des cordons pierreux dans les parcelles cultivées améliore les caractéristiques chimiques et organiques des sols. Mais cette amélioration serait insuffisante pour soutenir une bonne croissance des plants surtout en année de bonne pluviométrie. Le zaï et le zaï + cordons pierreux ont aussi amélioré les propriétés chimiques et organiques des sols comparativement au témoin et au cordons pierreux. Cette amélioration est beaucoup plus importante dans les poquets qu'aux niveaux des espaces inter poquets. Cela nous amène à penser que les sols à l'ouest du Burkina Faso souffrent plus de la dégradation chimique que de l'insuffisance d'eau.

IV.2. Evolution des éléments chimiques du sol entre 2007 et 2009

IV.2.1. Résultats

Le tableau II compare les résultats des analyses de sol obtenus en 2007 avant l'application des différents traitements, à ceux de 2009. Les paramètres chimiques du sol des différents traitements ont évolué différemment entre ces deux années. La matière organique totale a diminué au niveau du traitement cordons pierreux de 23,93% par rapport à sa teneur en 2007. La diminution du taux de matière organique totale est également constatée au niveau du traitement zaï + cordons pierreux, aussi bien dans les espaces inter poquets (33,80%) que dans les poquets (à ce niveau, la diminution est faible : 0,01mg/g). Dans les poquets du zaï, entre les deux prélèvements, la teneur en MO a augmenté de 22,59% et dans les espaces inter poquets de 10,81%. Au niveau du témoin cette augmentation est plus faible, elle est de l'ordre de 2,17%, toujours par rapport à la valeur initiale des taux de MO obtenus en 2007 sur les parcelles respectives des différents traitements. Tous les traitements présentent une baisse de l'azote totale entre les deux prélèvements. Cette baisse varie de 0,001 mg/g à 0,031 mg/g par rapport à l'état initial (résultats des analyses de 2007) pour les différents traitements. Le rapport C/N a évolué positivement pour le témoin, dans les poquets du zaï et aussi dans les espaces inter poquets des traitements zaï et zaï + cordons pierreux. L'augmentation du rapport C/N se situe entre 0,17 pour les espaces inter poquets du zaï + cordons pierreux et 2,17 pour les poquets du zaï. Il a baissé au niveau des cordons pierreux de 1,33 et est resté constant dans les poquets du zaï + cordons pierreux. Les autres paramètres chimiques Pa, Kd, CEC, BE, V et pH eau présentent une augmentation de leurs valeurs pour tous les traitements. Cette augmentation est plus importante dans les poquets des traitements zaï et zaï + cordons pierreux, par rapport aux espaces inter poquets de ces mêmes traitements, et aussi par rapport aux témoin et cordons pierreux. La teneur en Pa est passée de 1,68 méq/C à 15,10 méq/C soit multipliée par 8,9 environ dans les poquets du zaï et dans ceux du zaï + cordons pierreux, elle est passée de 1,89 méq/C à 12,03 méq/C soit multipliée par environ 6,3. Par rapport au Kd, les poquets du zaï + cordons pierreux indiquent la plus forte élévation (175,5 méq/C), ensuite les poquets du zaï avec 119,33 méq/C. Dans les poquets du zaï, la hausse de la CEC est de 6,58 méq/C. La hausse de la BE est environ 2,94 fois supérieur à la valeur initiale dans les poquets du zaï, et d'environ 1,41 fois supérieur dans ceux du zaï + cordons pierreux. Le relèvement

du pH a été également plus important dans les poquets du zaï (2,33) et dans ceux du zaï + cordons pierreux (1,80).

Tableau II : Les résultats des analyses des échantillons de sol

Traitements	MO		N		C/N		Pa		Kd		CEC		BE		PH eau	
	2007	2009	2007	2009	2007	2009	2007	2009	2007	2009	2007	2009	2007	2009	2007	2009
CP	2,033 a	1,546 b	0,083 a	0,078 a	13 a	11,666 c	1,727 b	3,816 c	28,967 a	52,7 c	3,283 b	5,486 b	1,96 b	3,2 cd	4,82 a	5,446 c
T	1,38 c	1,41 c	0,07 d	0,059 c	12 b	13,666 a	1,843 b	4,076 c	14,333 c	47,7 c	4,167 a	4,536 c	2,157 a	2,94 d	4,307 b	5,42 c
ZCP-HP	1,637 b	1,083 d	0,08 b	0,048 d	12 b	12,666 b	1,89 a	3,56 c	17,8 b	53,633 c	3,217 b	3,236 d	1,687 c	2,476 e	4,793 a	5,586 b
ZCP-P	1,637 b	1,623 ab	0,08 b	0,079 a	13 b	12 c	1,89 a	12,03 b	17,8 b	193,3 a	3,217 b	5,533 b	1,687 c	4,073 b	4,793 a	6,58 a
Z-HP	1,387 c	1,536 bc	0,073 c	0,072 b	11,833 b	12 c	1,687 b	3,523 c	13,703 c	58,7 c	3,16 b	5,593 b	1,57 c	3,483 c	4,287b	5,69 b
Z-P	1,387 c	1,7 a	0,073 c	0,07 b	11,833 b	14 a	1,687 b	15,103 a	13,703 c	133,033 b	3,16 b	9,736 a	1,57 c	6,2 a	4,287b	6,52 a

MO = matière organique totale, N = teneur en azote totale, Pa = phosphore assimilable, Kd = potassium disponible, CEC = capacité d'échange cationique, BE = somme des bases échangeables.

CP = cordons pierreux, T = témoin, ZCP-HP = espace inter poquet du traitement zaï + cordons pierreux, ZCP-P = poquet du traitement zaï + cordons pierreux, Z-HP = espace inter poquet du traitement zaï, Z-P = poquets du traitement zaï.

Dans la même colonne, les valeurs suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes

IV.2.2 Discussions

a) Le taux de matière organique

Au niveau des traitements cordons pierreux et zaï + cordons pierreux, le taux de MO a diminué entre le premier prélèvement de sol en 2007 et le second en 2009. Cela pourrait signifier une plus forte minéralisation de la MO par rapport aux autres traitements à cause de l'humidité du sol beaucoup plus persistante durant les périodes sans pluie, sur les parcelles de cordons pierreux et de zaï + cordons pierreux comparativement aux autres parcelles (témoins et zaï) (Zougmore, 2000). Cela prolongerait dans le temps l'activité des micro-organismes et une plus grande quantité de matière organique serait alors dégradés et minéralisés.

b) La teneur en azote totale

Entre les deux prélèvements, la teneur en azote a chuté au niveau de tous les traitements à des degrés variables selon les traitements. Cette situation pourrait avoir pour cause :

- la dénitrification des nitrates surtout en période non pluvieuse quand la température du sol est assez élevée ;
- l'utilisation de l'azote libérée au cours de la minéralisation de la MO par les micro-organismes pour leur métabolisme propre, ce qui entraîne le manque de l'azote dans le sol au profit des plants et rend déficitaire le bilan de l'azote. Cette situation intervient lorsque la teneur en azote du sol est faible ;
- le prélèvement des éléments minéraux et organiques par les arbres ne serait pas en reste car leur nombre est relativement important dans les parcelles et ils absorbent les éléments minéraux du sol de manière continue tout au long de l'année.

c) Les teneurs en phosphore assimilable, en potassium disponible, en bases échangeables ; la CEC et le pH_{eau}

Tous les paramètres concernés, ont tous subit une évolution positive au niveau de tous les traitements à des degrés variables selon les traitements. La contribution des arbres à l'amélioration des propriétés chimiques et organiques du sol en serait l'explication. En effet, l'arbre par le prélèvement et la valorisation d'éléments minéraux profonds dans le sol et par l'intermédiaire de la photosynthèse, arrive à produire une biomasse végétale considérable (les feuilles notamment). Celles-ci en chutant, contribuent à rehausser le stock de matière organique du sol. Cela explique aussi

l'augmentation du taux de matière organique dans le sol entre les dates de prélèvement de sol en 2007 et en 2009 au niveau du témoin. Ainsi la minéralisation de cette matière organique contribue à enrichir en surface le sol en éléments minéraux (Young, 1995 cité par Hien et *al.*, 2003). La minéralisation de la MO permet d'accroître les valeurs de la somme des bases échangeables et singulièrement, celles de la capacité d'échange cationique (Pallo et *al.*, 2008). Le taux de MO conditionne fortement la teneur et l'évolution des paramètres de fertilité chimique du sol (N, CEC, PH, P et K) (Ouattara et *al.*, 1997). Les influences du zaï et du zaï + cordons pierreux ont été relativement plus positives sur l'évolution des propriétés chimiques du sol par rapport au témoin et aux cordons pierreux au cours de ces deux dernières années. Ces meilleures influences sont beaucoup plus accentuées dans les poquets. Cela aurait été entraîné donc par la minéralisation du fumier apporté dans les poquets.

IV.3. Suivi des stades de développement

IV.3.1. Résultats

IV.3.1.1. Levée des poquets

La levée est la sortie des plantules de sorgho de la terre. Le nombre de poquets levé a été évalué par comptage des poquets présentant au moins une plante de sorgho. Le tableau III présente le nombre de poquets levés par hectare selon les traitements.

Le nombre de poquet levé varie d'un traitement à un autre. Il est compris entre 27083 poquets levés soit un taux de levé de 86% pour le témoin et 30555 poquets levés correspondant au taux de levé de 97.8% pour le zaï. Le traitement zaï est suivi par le zaï + cordons pierreux et ensuite par les cordons pierreux. L'analyse statistique montre des différences significatives entre les traitements, les uns par rapport aux autres au seuil de 5%.

Tableau III : Nombre de poquets levés par ha (Nombre théorique de poquets/ha = 31250)

Traitements	Moyennes estimées	Pourcentages de poquet levé
Z	30555,556	97.78 a
ZCP	29730,903	95.14 b
CP	28862,847	92.36 c
T	27083,333	86.67 d

CP : cordons pierreux, T : témoins, Z : zaï, ZCP : zaï +cordons pierreux.

Les valeurs suivies par la même lettre dans la même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% par le test de Tuckey.

IV.3.1.2. Evolution de la hauteur des plants de sorgho

Après la levée de la graine, la plantule entame sa phase de croissance végétative. Au cours de celle-ci, la plante grandie. L'évolution de la hauteur des plants est présentée par la figure 6.

Au début des mesures, la 5^{ème} semaine après les semis, les hauteurs moyennes des plants étaient de 31,985 cm, 15,870 cm, 19,327 cm et 35,930 cm respectivement sur les parcelles de zaï, des cordons pierreux, du témoin et de zaï + cordons pierreux. L'analyse statistique montre que ces valeurs sont tous significativement différentes les unes des autres. La figure 6 présente la croissance des plants par traitement. Cette présentation sous forme graphique montre des courbes sigmoïdes. L'observation de ces courbes de croissance montre que le zaï et le zaï + cordons pierreux ont une évolution similaire durant tout le cycle de développement. Sur les parcelles témoins et de cordons pierreux, l'évolution de la hauteur des plants est similaire de la 5^{ème} à la 7^{ème} Semaine Après Semis (SAS). A partir de la 8^{ème} SAS, la hauteur des plants sur les parcelles témoins deviennent de plus en plus haute par rapport aux plants sur les parcelles de cordons pierreux.

De façon générale, sur les courbes nous pouvons différencier approximativement trois phases :

- Une première phase allant de la 5^{ème} à la 8^{ème} SAS pendant laquelle, les plantes ont une croissance lente. Au cours de cette phase, la vitesse moyenne de croissance en hauteur est de 0,59 cm/jour ; 0,69 cm/jour ; 1,51 cm/jour et de 1,67

cm/jour respectivement pour les plants des traitements cordons pierreux, témoin, zaï et zaï + cordons pierreux.

- Une deuxième phase allant de la 8^{ème} SAS jusqu'à la 14^{ème} SAS. Pendant cette phase, la croissance des plantes est accélérée. Pour cette 2^{ème} phase, les plants ont une vitesse de croissance de 1,65 cm/jour ; 2,27 cm/jour ; 3,74 cm/jour ; 3,36 cm/jour respectivement sur les parcelles de cordons pierreux, de témoin, de zaï et de zaï + cordons pierreux. Cette croissance accélérée se traduit par un développement végétatif intense et une élongation maximale. Cette phase se termine après la floraison. Les plants à la fin de ce stade atteignent leur hauteur maximale. Ces hauteurs maximales ont été de 220,97 cm pour le zaï, 99,39 cm pour les cordons, 125,9 cm pour les témoins et 212,54 cm pour le zaï + cordons.

- La troisième phase commence à partir de la 13^{ème} SAS jusqu'à la récolte. Durant cette phase, les plantes ne croissent plus et ont tendance à se courber sous le poids des grains qui se remplissent.

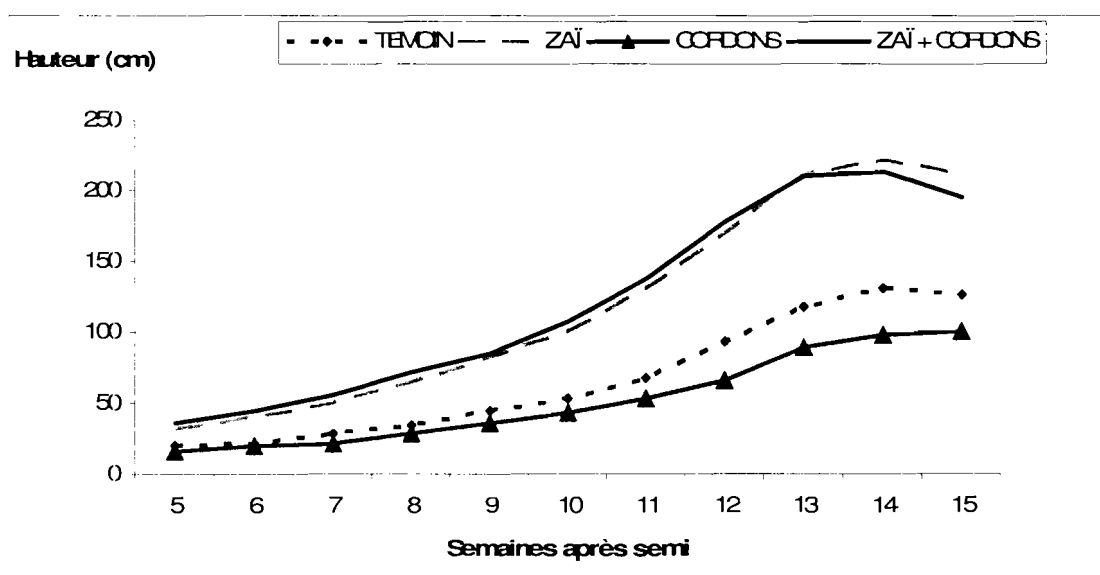


Figure 6 : l'évolution de la hauteur des plants de sorgho par traitement

IV.3.1.3. Evolution du nombre de feuille des plants de sorgho

La figure 7 montre l'évolution du nombre de feuille des plants de sorgho. Au début des observations, à la 5^{ème} SAS, le nombre moyen de feuilles des plants pour les traitements était compris entre 5 feuilles et 7 feuilles. A cette date, l'analyse statistique révèle trois groupes significativement différents que sont : le zaï + cordons pierreux, le zaï et le dernier groupe constitué du témoin et les cordons pierreux. D'une semaine à l'autre, le nombre de feuille augmente plus rapidement sur les parcelles de zaï+cordons

pierreux qui sont suivies par les parcelles de zaï. L'augmentation est plus lente sur les parcelles de cordons pierreux. A partir de la 11^{ème} SAS, les nombres de feuille sont restés constants jusqu'à la fin des comptages.

Le plus grand nombre de feuilles est compté sur les parcelles de zaï+cordons pierreux et la plus petite valeur sur les parcelles de cordons pierreux. Le nombre moyen maximal de feuilles a été de 11 pour les plants des parcelles de zaï, 9 pour ceux de cordons pierreux, 10 pour le témoin et 12 pour ceux du zaï + cordons pierreux. Ces valeurs sont significativement différentes (test de Fisher (LSD)).

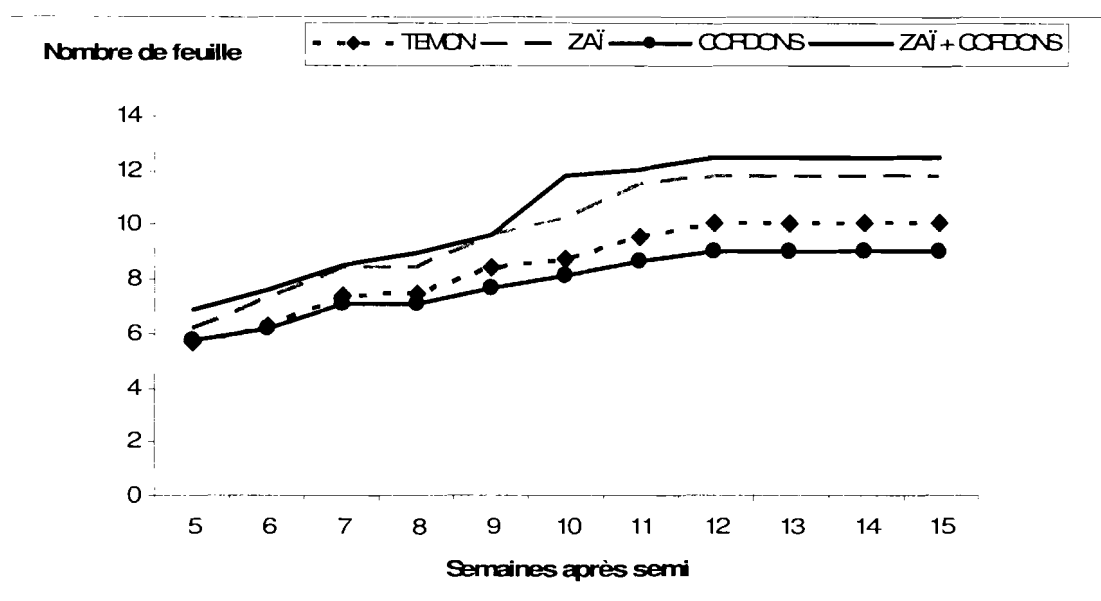


Figure 7: L'évolution du nombre de feuilles pour les différents traitements

IV.3.1.4. Evolution de l'épiaison des plants

La figure 8 montre l'évolution du taux d'épiaison par traitement. Les parcelles de zaï et de zaï + cordons pierreux ont été les premières à présenter les épis à la 11^{ème} SAS) avec un taux de 1,11% pour le zaï et 1,39% pour le zaï + cordons pierreux (Fig. 8). Entre la 11^{ème} et la 12^{ème} SAS, l'évolution du taux d'épiaison a été approximativement pareille sur ces deux parcelles. Mais entre la 12^{ème} et la 13^{ème} SAS, l'évolution a été plus importante avec le traitement zaï + cordons pierreux et à partir de la 13^{ème} SAS, le taux d'épiaison est resté constant au niveau de ce dernier traitement. Au niveau du traitement zaï, le taux d'épiaison a évolué jusqu'à la 14^{ème} SAS. Sur les parcelles de cordons pierreux et celles témoins, les premiers épis sont observés à la 12^{ème} SAS. L'évolution du taux a été lente jusqu'à la 14^{ème} SAS.

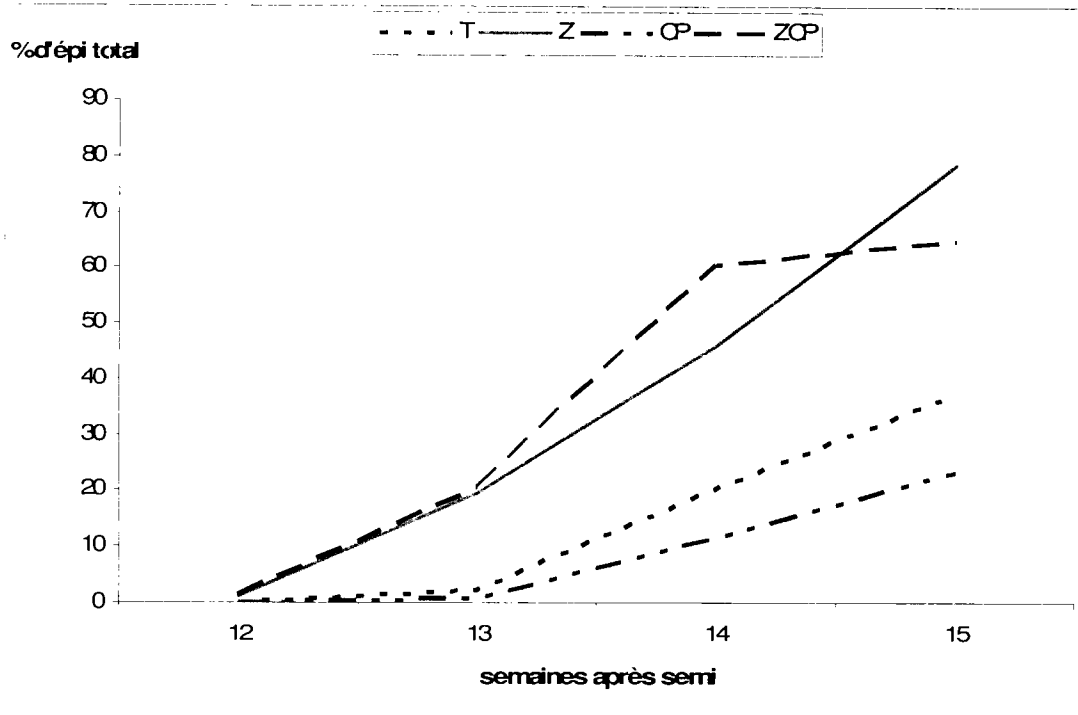


Figure 8 : L'évolution du taux d'épiaison par traitement et par semaine.

IV.3.2. Discussions

Les traitements zaï et zaï + cordons pierreux ont amélioré de façon significative la croissance et le développement des plants de sorgho par rapport au témoin. L'effet des cordons pierreux a été plutôt négatif sur le déroulement du cycle de développement de la culture.

Les meilleures influences des traitements zaï et zaï + cordons pierreux seraient liées à l'apport du fumier dans les trous de zaï. En effet, Selon Bationo et *al.* (1991) et Stroosnijder (1996), la pauvreté des sols en nutriments et l'infiltration insuffisante sont les principaux facteurs limitants la croissance et le développement des cultures dans les pays soudano sahéliens. Ce qui signifie que lorsque les niveaux de ces facteurs sont améliorés, cela entraîne également une amélioration de la croissance et du développement des plants. Nous pouvons ainsi déduire que les traitements zaï et zaï + cordons pierreux permettent d'améliorer la disponibilité des éléments nutritifs et l'eau dans le sol. L'apport de la matière organique dans le sol améliore les propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol et crée un environnement propice à la croissance et au développement des plants de sorgho. Mando (1997) indique que l'apport de matière organique dans les poquets entraîne un regain de l'activité biologique du sol ; Ce qui favorise la croissance des plantules qui profitent alors de la minéralisation de la fumure organique apportée, de la perforation de la croûte par les

termite et de l'amélioration de la structure du sol. Ainsi, la matière organique contribue de différentes manières à l'amélioration de la productivité des terres. Selon Roose *et al.* (1999), le zaï permet de concentrer l'humidité et les nutriments sous les plants de céréale dans les poquets. Cela favorise une bonne alimentation en eau et en éléments minéraux des plants et leur permet d'avoir une meilleure croissance. La faible influence des cordons pierreux sur la croissance et le développement des plants de sorgho, montre que la disponibilité de l'eau dans le sol pour l'alimentation des plants, n'a pas été un facteur limitant la croissance et le développement des plants. En effet, l'installation des cordons pierreux dans les parcelles réduit le ruissellement et, favorise l'infiltration de l'eau et améliore le bilan hydrique du sol (Zougmore, 1995 ; Maré, 2002). Tout ceci montre que la disponibilité des éléments nutritifs a été le facteur essentiel, à l'origine des effets positifs induits par les traitements zaï et zaï + cordons pierreux sur la croissance des plants de sorgho. Or cette disponibilité des éléments nutritifs est liée à l'apport du fumier dans les trous de zaï (Mando, 1997 ; Roose, 1999). Par ailleurs, la période de culture a enregistré une pluviosité de 644,5mm de pluie. Cette quantité d'eau serait suffisante pour couvrir les besoins en eau de la culture qui sont estimés entre 500 mm et 700 mm (Romain, 2001 ; Prasad *et al.*, 2008).

La faible influence des cordons pierreux sur la croissance des plants de sorgho aurait pour cause principale le niveau de fertilité bas des sols au vu de tout ce qui précède. Aussi, nous savons que les éléments minéraux et organiques sont des facteurs essentiels de la production de matière sèche. Lorsque la production de matière sèche atteint un certain niveau, cela induit la multiplication des cellules et permet ainsi la formation de nouveaux organes végétatifs. Ainsi, sans ces éléments nutritifs, la croissance serait très faible même avec une disponibilité suffisante en eau. En effet, la croissance se limiterait à une augmentation des dimensions des cellules déjà formées sous l'effet de l'absorption d'eau. De plus, les sols des parcelles d'expérimentation appartiennent aux sols ferrugineux tropicaux lessivés indurés (Yaméogo, 2008). Et selon l'Atlas de la haute volta (1975) et Feller (1994), ces sols sont pauvres en matière organique et les teneurs en phosphore et potassium sont basses. Cela est confirmé par l'étude préliminaire faite par Yaméogo en 2008. Or ces parcelles de cordons pierreux et témoins n'ont pas reçu de fumier ni d'engrais minéraux. Et étant donné que les lignes de cordons permettent de réduire le ruissellement et de favoriser l'infiltration de l'eau dans le sol, cela montre que la faible croissance des plants sur ces parcelles serait ainsi liée à une alimentation insuffisante en éléments nutritifs des plants. La faible croissance des plants sur les parcelles de cordons pierreux pourrait s'expliquer aussi en partie par

des situations d'engorgements temporaires qui ont été observées durant la période de croissance végétative des plants. En juillet et en août, la pluviosité a été relativement bonne. Une pluviosité mensuelle de 247.3mm a été enregistré au mois de juillet et 199.7mm en août. Cette relative abondance des pluies a créé des situations d'engorgement plus ou moins prolongées surtout sur les parcelles de cordons pierreux durant les dernières décades des mois de juillet et d'août ou la pluviosité a été respectivement de 180.5mm et 114.9mm. La taille légèrement plus haute des plants sur les parcelles témoins par rapport à ceux des parcelles de cordons pierreux s'expliquerait par ces phénomènes d'engorgement. En effet, toutes ces parcelles sont potentiellement pauvres en éléments nutritifs, mais les cordons pierreux réduisent le ruissellement et favorise ainsi la rétention de l'eau dans les parcelles traitées et l'enherbement des cordons pierreux a contribué aussi à accentuer beaucoup plus ce phénomène. De ce fait, suite à une pluviosité élevée, les parcelles sont temporairement engorgées d'eau (3 à 4 jours). L'eau et l'air occupant les mêmes vides dans le sol, lorsque le sol est engorgé d'eau, il y a forcément un manque d'air. Or c'est l'oxygène de l'air contenu dans le sol que les racines des plantes utilisent pour leurs respirations. Ainsi l'engorgement du sol entraîne un manque d'oxygène. Ce qui réduit l'activité respiratoire des racines et par conséquent la diminution de l'absorption de l'eau et des éléments nutritifs. On observe ainsi la diminution de la production de matière sèche et donc le ralentissement de la croissance de la plante.

IV.4. Evaluation des composantes du rendement

IV.4.1. Résultats

IV.4.2.1. Nombre de plants à l'hectare par traitement

Les résultats obtenus figurent dans le tableau IV. Ils montrent que le nombre de plants à l'hectare varie d'un traitement à l'autre de façon significative, selon l'analyse statistique (les tests de comparaison de Tukey) au seuil de 5%. Le plus grand nombre de plants est obtenu avec le traitement zaï. Ce dernier est suivi par les cordons pierreux et ensuite par le zaï + cordons pierreux. Le plus faible nombre de plants à l'hectare est donné par le témoin. Les pourcentages de plants par traitement sont compris entre 81.53% et 90.74%.

Tableau IV : La présentation des nombres moyens de plants par traitement

Traitements	Moyennes estimées	pourcentages de plant à l'ha.
Z	85069,44 a	90,74 a
CP	82682,29 b	88,19 b
ZCP	78559,03 c	83,80 c
T	76432,29 d	81,53 d

Les valeurs suivies par la même lettre dans la même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% par le test de Tuckey.

IV.4.2.2. Nombres d'épis à l'hectare

Le tableau V donne le nombre d'épis total par traitement. A l'instar du nombre de plants à l'hectare par traitement, le nombre d'épis total à l'hectare varie aussi d'un traitement à l'autre. Cette variation est significative pour tous les traitements au seuil de 5%. Le zaï et le zaï + cordons pierreux ont enregistré des nombres d'épis totaux plus élevés par rapport au témoin. Par rapport à ce dernier, l'augmentation est estimée à 77,50% pour le zaï et de 49,79% pour le zaï + cordons pierreux. Par contre au niveau des cordons pierreux, le nombre d'épis total est inférieur à celui du témoin. Nous avons obtenu une diminution de l'ordre de 58,58%.

Tableau V: Le nombre d'épis total par traitement

Traitements	Moyennes estimées	Pourcentages d'épi à l'ha
Z	75347 a	80,370 a
ZCP	63585 b	67,824 b
T	42447 c	45,278 c
CP	17578 d	18,750 d

Les valeurs suivies par la même lettre dans la même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% par le test de Tuckey.

Le nombre d'épis utiles présenté par le tableau VI varie aussi d'un traitement à l'autre. Les épis utiles sont des épis intéressants pour le producteur. Ils sont pourvus de

bon grain. La plus grande valeur du nombre d'épis utile est obtenue avec le traitement zaï. Ce dernier est suivi par le zaï+cordons pierreux. L'augmentation du nombre d'épis utiles pour les traitements zaï et zaï + cordons pierreux dépasse les 100% par rapport au témoin. La plus petite valeur du nombre d'épis utiles est enregistrée au niveau des cordons pierreux avec une baisse de 49.80% en prenant le témoin comme référence. Le test de comparaison des moyennes de Tukey montre que les traitements sont significativement différents au seuil de 5%.

Tableau VI: Le nombre d'épis utiles par traitement

Traitements	Moyennes estimées	pourcentages d'épi utile/ha
Z	70833 a	75,556 a
ZCP	59245 b	63,194 b
T	21615 c	23,056 c
CP	10851 d	11,574 d

ATTENTION BIEN

Les valeurs suivies par la même lettre dans la même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% par le test de Tuckey.

IV.4.2.3. Nombre de grains par épi des différents traitements

Le nombre de grains par épi est donné par le tableau VII. Le zaï et le zaï + cordons pierreux ont amélioré de façon significative le nombre de grain par épi par rapport au témoin. L'augmentation du nombre de grain par épi fournie par les traitements zaï et zaï + cordons pierreux, est plus de trois fois supérieure pour le zaï et plus de deux fois supérieure pour le zaï + cordons pierreux, par rapport au nombre de grain par épi donné par le témoin. Les traitements zaï et zaï + cordons pierreux sont significativement différents. Les épis récoltés sur les parcelles de cordons pierreux ont une moyenne en grain inférieure de façon significative à ceux des parcelles témoins. L'analyse statistique est faite au seuil de 5%.

Tableau VII : Le nombre moyen de grains par épi et par traitement

Traitements	Moyennes estimées
Z	917 a
ZCP	689 b
T	223 c
CP	205 d

Les valeurs suivies par la même lettre dans la même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% par le test de Tuckey.

IV.4.2.4. Poids de mille (1000) grains

Le tableau VIII montre le poids des milles grains par traitement. Il est plus élevé pour les parcelles de zaï et de zaï + cordons pierreux en comparaison avec celui du témoin et des cordons pierreux. Il est environ trois fois supérieur sur les parcelles de zaï et de zaï + cordons pierreux que sur les parcelles témoins. La plus petite valeur du poids des milles grains est fourni par les cordons pierreux, avec une baisse d'environ 28,12% par rapport à celle obtenu au niveau du témoin. L'analyse statistique ne montre pas de différence significative entre les traitements zaï et zaï + cordons pierreux, mais ces derniers diffèrent significativement des deux autres (témoins et cordons pierreux). La différence entre le témoin et les cordons pierreux est significative.

Tableau VIII: Le poids de mille grains.

Traitements	Moyennes estimées (g)
ZCP	26,19 a
Z	26,18 a
T	8,74 b
CP	6,28 c

Les valeurs suivies par la même lettre dans la même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% par le test de Tuckey.

IV.4.2.5. Le rendement en grain obtenu par traitement

Le tableau XI présente les rendements grain des différents traitements. Il montre une variation de ceux-ci d'un traitement à l'autre. Le meilleur rendement est fourni par le traitement zaï qui est suivi par le zaï + cordons pierreux. Le rendement est plus de six fois supérieur avec le traitement zaï et plus de quatre fois supérieur avec le zaï + cordons pierreux par rapport au rendement fourni par le témoin. Le traitement cordons pierreux a donné le rendement le plus faible. La baisse de rendement pour ce dernier traitement en prenant le rendement du témoin comme référence est de 35.88%

Tableau XI : Le rendement grain des traitements en kg/ha

Traitements	Moyennes estimées (Kg)
Z	2316,77 a
ZCP	1511,73 b
T	360,30 c
CP	231,01 d

Les valeurs suivies par la même lettre dans la même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% par le test de Tuckey.

IV.4.2.6. Le rendement en paille des différents traitements

Les résultats sont exposés au tableau X. Les traitements sont divisés en trois groupes significativement différents par le test de comparaison de Tukey au seuil de 5%. Le zaï, suivi par le zaï + cordons pierreux ont donné des rendements paille nettement supérieurs à celui du témoin. L'analyse statistique ne montre pas de différence significative entre le témoin et les cordons pierreux.

Tableau X: Le rendement en paille (t/ha) des traitements

Traitements	Moyennes estimées (t)
Z	4,47 a
ZCP	2,96 b
T	0,66 c
CP	0,62 c

Les valeurs suivies par la même lettre dans la même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% par le test de Tuckey.

IV.4.3. Discussions

Le nombre d'épi total à l'hectare a été influencé de façon positive et significative par le zaï et le zaï + cordons pierreux par rapport au témoin. La meilleure croissance des plants donne la principale explication. En effet, une bonne croissance des plants leur permet d'avoir une bonne vigueur, car les activités métaboliques (photosynthèse, respiration, transpiration etc.) vont se dérouler plus ou moins normalement. Cette vigueur des plants leur permet de faire face aux aléas climatiques (engorgement temporaire pour cette étude). Ainsi les plants croissent plus vite et atteint plus rapidement le stade physiologique qui induit la formation et l'émergence des épis.

Les traitements zaï et zaï + cordons pierreux ont donné les plus grands nombres d'épis utiles. Ceci est du au fait que plus de plants ont donné des épis de bonne vigueur et les conditions climatiques (l'humidité) ont permis de meilleur remplissage des grains.

Le nombre de grain par épi est également plus élevé pour les parcelles de zaï et de zaï + cordons pierreux par rapport au témoin. Cela témoigne de la relative bonne vigueur des épis émergés pour les plants de ces traitements.

Aussi, le poids des 1000 grains est plus élevé pour les traitements zaï et zaï + cordons pierreux en comparaison avec le témoin. Après la pollinisation et la fécondation, le développement du grain débute. Ce dernier grossit du fait de l'accumulation des réserves nutritives. Pour un bon développement des grains, les traitements doivent favoriser la disponibilité optimale des éléments minéraux du sol pour les plants, afin de favoriser la synthèse des substances carbonées (les réserves nutritives). Les conditions d'humidité du sol doivent être suffisantes pour permettre le

bon remplissage des grains. Le zaï et le zaï + cordons pierreux semble améliorer ces conditions, d'où le poids de 1000 grains est plus élevé pour ces traitements.

De façon globale les meilleures influences du zaï et du zaï + cordons pierreux sur les composantes du rendement ont pour cause essentielle la meilleure croissance végétative des plants. Yves et Cavalie (1980), cités par Kaboré (1995) ont établie une corrélation entre le rendement en biomasse et les variables biométriques chez le sorgho. Ils concluent que les faibles rendements grains sont dus à une faible croissance de l'appareil végétatif durant la période semis-floraison. Ainsi, une bonne croissance végétative expliquerait les rendements élevés. Et comme le rendement est le résultat de l'évolution des composantes du rendement, la meilleure influence des traitements zaï et zaï + cordons pierreux sur les composantes du rendement s'expliquerait en partie par la meilleure croissance végétative des plants. Ainsi, le zaï se montre aussi efficace dans la zone sud soudanienne tout comme dans les zones nord soudanienne et sahélienne. Cette efficacité est liée à la fertilité du sol induit par l'apport de matière organique (fumier). Biarnès (1998) indique que l'apport de bouse de bovin entraînait une amélioration du nombre d'épi total à l'hectare et une augmentation du poids de 1000 grains en utilisant le sorgho comme culture. La matière organique, en se dégradant libère les éléments minéraux essentiels pour la nutrition de la plante. Elle améliore également la capacité de rétention en eau du sol. Ainsi les plants étant bien alimentés, la production de matière sèche serait élevée et les plants auront de bonnes vigueur pour mieux résister aux aléas climatiques et donner de bon rendement ; Ce qui explique donc les meilleures valeurs des composantes du rendement du sorgho sur les parcelles de zaï et de zaï+cordons pierreux.

L'effet des cordons pierreux sur le développement du sorgho n'a pas été positif pour cette étude. Contrairement en zone sahélienne où les cordons pierreux permettent une légère amélioration de la croissance et le développement des cultures (Zougmore, 2000), leur effet semble plutôt négatif en zone sud soudanienne. Cette situation pourrait s'expliquer par la comparaison de la pluviométrie des zones sahélienne et sud soudanienne. Dans la première zone, la durée de la saison pluvieuse est courte (3 à 4 mois) et les pluviosités sont relativement faibles. L'installation des cordons pierreux permettrait alors d'améliorer la rétention de l'eau et le bilan hydrique du sol ; Ce qui entraînerait l'augmentation des rendements (Maré, 2002). Par contre, dans la zone sud soudanienne, les pluviosités sont plus élevées et l'installation des CP provoque plus souvent des situations d'engorgement ; Ce qui influencerait négativement la croissance et le développement du sorgho. Les faibles valeurs des composantes du rendement sur

les parcelles de cordons pierreux et témoins seraient dues à la croissance lente et au faible développement de l'appareil végétatif des plants. Beaucoup de plants n'ont pas donné d'épi jusqu'à la récolte et certains sont morts. La faible croissance des plants pourrait s'expliquer aussi par la pauvreté des sols en éléments chimiques. Sawadogo et *al.* 2008 qui ont travaillé sur le zaï dans le Yatenga faisaient remarquer que sur le témoin après le levé des plants, la plupart de ces derniers ne bouclaient pas leur cycle phénologique à cause de la faible fertilité des sols ; Ce qui fait que le nombre de plants et les nombres d'épis utiles sont faibles par rapport aux zaï et zaï + cordons pierreux.

La faiblesse du nombre de grain par épi et le poids de 1000 grains pour le témoin et les cordons pierreux pourraient s'expliquer en partie par un manque d'eau au moment de l'épiaison ; Ce qui a entraîné un mauvais remplissage des grains. Aussi, des épis ont séchés.

Les résultats obtenus démontrent l'intérêt de la technique du zaï comme un ouvrage de conservation des eaux et des sols, efficaces pour améliorer le rendement du sorgho. En 2009, Koulibaly et *al.* attestaient que l'amendement local permettait une amélioration des rendements des cultures. Tout ceci justifie bien que ces traitements pourraient contribuer à l'augmentation de la production dans la zone d'étude car ils permettent la remise en culture des terres dégradées et d'augmenter les superficies cultivées sans effectuer de nouveaux défrichements. Cela serait très intéressant pour la lutte contre la désertification. Cependant l'engorgement des parcelles, suite aux pluviosités abondantes qui malheureusement ne sont pas prévisibles, serait une des contraintes de la réussite de ces techniques. En effet, il réduit l'efficacité des traitements. C'est à cette conclusion que Zougmore est parvenu en 2000. Il souligne qu'en cas de pluviométrie excédentaire, les rendements baissent sur les parcelles de zaï à cause des engorgements temporaires.

Conclusion Générale et Perspectives

Ce travail s'inscrit dans le cadre général de la lutte contre la dégradation des sols et de l'amélioration de la productivité des terres en zone soudanienne.

Le premier objectif spécifique de cette étude était d'évaluer les composantes de rendement d'une céréale (sorgho) selon différents traitements (zaï, zaï + cordons pierreux, cordons pierreux). Il ressort de notre étude que les traitements zaï et zaï + cordons pierreux, améliorent significativement les composantes du rendement par rapport au témoin. Les engorgements temporaires constituent une contrainte pour l'application de ces traitements, mais lorsque les plants ont une bonne vigueur avant les situations d'engorgement, ils pourraient résister et donner un bon rendement. Cela est montré par la comparaison des effets, des traitements zaï + cordons pierreux et cordons pierreux, sur les composantes de rendement du sorgho. Dans ce cas, les semis doivent être réalisés tôt quand les premières pluies commencent à tomber. En effet, généralement les premières pluies ne sont pas très abondantes, donc il n'y a pas d'engorgement des parcelles à cette période. En outre le zaï concentre l'humidité et les éléments nutritifs dans les poquets. Ainsi, les plants dès le début de campagne, pourraient avoir un cadre propice à leur développement et auraient donc de bonnes vigueurs pour mieux résister aux aléas climatiques ultérieurs. Cette étude montre aussi que l'application des cordons pierreux, sans apport de source d'élément nutritif comme la matière organique, ne permettrait pas une amélioration significative du rendement.

Le deuxième objectif spécifique était de tester les effets des traitements (cordons pierreux, zaï et zaï+cordons pierreux) sur l'évolution des propriétés chimiques dans le sol. Les paramètres qui ont été pris en compte pour cette analyse sont la matière organique totale, l'azote totale, le rapport C/N, le phosphore assimilable, le potassium disponible, la capacité d'échange cationique (CEC), la somme des bases échangeables (BE) et le PH eau du sol. Les résultats obtenus montrent une augmentation au niveau du traitement zaï de tous les paramètres pris en compte pour cette étude par rapport au témoin et aussi par rapport aux résultats des études préliminaires en 2007, à l'exception la teneur en azote qui a chuté. Cette augmentation est plus accentuée dans les poquets que dans l'espace inter poquets. Le zaï aurait donc un effet positif sur l'évolution des propriétés du sol. Cela est essentiellement lié à l'apport localisé du fumier. Au niveau du zaï +cordons pierreux, il y'a eu la baisse du taux de MO entre 2007 et 2009 ainsi que la teneur en azote dans les espaces inter poquets et aussi dans les poquets, les autres paramètres analysés ont évolué positivement. Pour les cordons pierreux, les résultats

indiquent l'amélioration de certains paramètres mais d'autres paramètres n'ont pas connu d'évolution significative par rapport au témoin.

Selon les résultats obtenus, l'étude de l'effet des différentes techniques de conservations des eaux et des sols sur les composantes du rendement du sorgho et l'évolution des propriétés chimiques, fournit des résultats intéressants.

Ainsi, il est nécessaire que d'autres études soient menées afin de renforcer la compréhension des influences positives et négatives des cordons pierreux, du zaï et du zaï + cordons pierreux sur la production agricole et sur les propriétés du sol. Ces recherches doivent particulièrement intégrer l'étude de l'influence de ces traitements sur l'activité biologique du sol et sur l'infiltration de l'eau dans le sol.

Il serait aussi intéressant de réduire la hauteur de la terre de déblais et désherber les cordons pierreux pour plus faciliter l'évacuation de l'excès d'eau en cas de pluie abondante.

BIBLIOGRAPHIE

AGRICE, 1998. Les Sorghos. Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME), Céréaliers de France (ITGF). 8p.

BAGGNIAN I., 2006. Effet de différents traitements organiques sur la croissance du maïs et l'activité de la macrofaune en zone soudanienne. Mémoire de fin d'étude, IDR ; 101pages.

BATIONO A., MOKWUNYE A., 1991. Role of manure and crop residue in alleviating soil fertility constraints to crop production, with special reference to the sahelian and sudanian zones of West Africa. Fert Rest (29). Pp 117 -125.

BREMAN H., UITHOL P., 1986. Projet de production primaire au Sahel : survol du Centre de recherches agrobiologiques (Cabo). Wageningen, 115 p.

C.P.C.S., 1967. Classification des sols. INRA, Paris, 87 p.

CAMILLE M., 1980. Les céréales, 318 pages.

CHANTEREAU J., NICOU R., 1991. Le sorgho. Le technicien d'agriculture tropicale (18), ACCT-CTA., Maisonneuse et Larose. Paris. 159p

CRISTINA P., VALERIA C., SALVATOR I., COSENTINO, 2009. Germination and radicle growth in unprimed and primed seeds of sweet sorghum as affected by reduced potential in NACL at different temperatures. Edition: Industrial crops and products. Pp: 1-8.

DAKIO L., 2000. Contribution à l'analyse des critères de durabilité du zaï dans le Yatenga : Effets du zaï sur le niveau organique et minéral des sols et sur les rendements du sorgho dans le Yatenga et le Zandoma. Mémoire de fin d'études IDR. 96p.

DEMBELE K., 2006. Contribution à l'étude de l'amélioration des pâturages naturels par l'introduction de légumineuses fourragères. Mémoire de fin d'étude IDR. 96p.

DORO T. T., 1991. La conservation des eaux et des sols au sahel: l'expérience de la province du Yatenga, Burkina. CILSS, Ouagadougou.73p.

FAO, 2003. Gestion de la fertilité des sols pour la sécurité alimentaire en Afrique subsaharienne. Rome 2003, 21 p.
<http://www.fao.org/docrep/006/X9681F/X9681F00.HTM> accédé le 29/02/08

FELLER C., 1994. La matière organique dans les sols tropicaux à argile 1:1. Recherche de compartiments organiques fonctionnels. Une approche granulométrique. Edition 1995 ORSTOM, PARIS, 653 p.

FONTES J. et GUINKO S., 1995. Carte de la végétation et de l'occupation du sol du Burkina Faso. Note explicative. Toulouse, Ministère de la coopération française, 65 p.

GIOVANNI P., JONGHAN K., THOMAS M., TERRY H., 2009. Determination of growth – stage – specific crop coefficients (Kc) of maize and sorghum. Agricultural water management 96. Pp 1698 – 1704

GUINKO S., 1984. Végétation de la Haute-Volta. Thèse de doctorat ès sciences naturelles, Université Bordeaux III, Tome1, 318p.

HIEN V., BILGO A., KABORE D., LEPAGE M., SOME L., 2003. Projet 83 « Recherche sur des technologies de lutte contre la désertification au sahel et étude de leur impacts agro écologiques et socio-économiques ». Rapport d'étape, INERA, 80p.

INSD, 2007. Résultats provisoires du recensement général de la population et de l'habitat, 13p.

INSD, 2009. Annuaire statistique 2008. 157p.

MENTION LIEN

JAN N., MITIKU H., NAUDTS J., NEIL M., JEAN P., JAN M., AMAURY F., JOSEF D., RICHARD P., 2009. Desertification? Northern Ethiopia re-photographed after 140 years. Science of the total environment 407. Pp 2749 – 2755

JEUNE AFRIQUE, 1975. Les Atlas de la haute voltat. Edition JA. 47 p.

KABORE D. S., 1995. Amélioration de la production végétale des sols dégradés (Zippellés) du Burkina Faso par la technique des poquets(zaï), thèse de docteur ès sciences présenté au département de génie rurale, Lausanne, EPFL, 195p.

KOULIBALY B., TRAORE T., DAKIO D., PROSPER N. ZOMBRE P. N., 2009. Effets des amendements locaux sur les rendements, les indices de nutrition et les bilans

cultureaux dans un système de rotation coton-maïs dans l'ouest du Burkina Faso.

Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 13(1) ; 103-111.

LAMACHERE J. M., OUEDRAOGO M., 1991. Observation piézométriques, année 1987-1990. Programme de recherche en vue de la mise en valeur des bas-fonds au sahel, projet yatenga. ORSTOM Ouagadougou, 94 p.

MANDO A., 1997. The role of termites and mulch in the rehabilitation of crusted sahelian soil, tropical resources management. Theses Wageningen Agriculture University. 101p.

MARE G., 2002. Impact des cordons pierreux végétalisés sur l'évolution de la fertilité des sols et des rendements en sorgho dans la le bas-fond sahélien de THION, 61p.

MEMENTO DE L'AGRONOME, 2002. Centre de coopération internationale en recherche pour le développement (Montpellier, France) CIRAD ; GRET ; Ministère des affaires étrangères. Pp. 780-792.

MERLIER H., THOMAS L. B., 1995. adventrop; les adventices d'Afrique soudano sahéliennes 637p.

OUATTARA B., SERFANTIER G., OUATTARA K., HIEN V., LOMPO T., BILGO A., 1997. Etats physico-chimiques des sols cultivables en zone cotonnière du Burkina Faso. Effets de l'histoire culturelle et du type de milieu. In : FLORET C. et SERPANTIER G., Jachère et Maintien de la fertilité, Editions ORSTOM, Paris : 17-32

PIERI C., 1989. Fertilités des terres de savanes. Bilan de trente ans de recherche et de développement agricoles au sud du Sahara, CIRAD. 443p.

PRASAD P. P. V., PSIPATI S. R., MUTAVA R. N., TUINSTRA M. R., 2008. Sensitivity of sorghum to high temperature stress during reproductive development. *Crop science* 48 : 1911–1917

REIJ C., IAN S., CAMILLA T., 1996. Techniques traditionnelles de conservation de l'eau et des sols en afrique. Edition Karthala, CDCS et CTA, 351pages.

ROCHETTE R. M., 1989. Le sahel en lutte contre la désertification, leçon d'expérience. CILSS, PAC. 591 pages.

ROMAIN H. R., 2001. Agriculture en Afrique tropicale. Direction Générale de la Coopération Internationale (D.G.C.I.) ; Ministère des affaires étrangères, du commerce extérieur et de la coopération internationale, Bruxelles, Belgique. 1634p.

ROOSE E., 1980. Dynamique actuelle des sols ferrallitiques et ferrugineux tropicaux d'Afrique occidentale. Thèse doct. ès sciences, Univ. Orléans, 587 p.

ROOSE E., 1989. Gestion conservatoire des eaux et de la fertilité des sols dans les paysages soudano.sahéliens de l'Afrique de l'Occidentale ORSTOM N°27 pp 55-72.

ROOSE E., 1995. Une méthode traditionnelle de restauration des sols : le zaï au pays mossi (Burkina Faso). Communication à la 10ème réunion du réseau érosion, Yaoundé. Pp 1-19 :

ROOSE E., DUGUE P., RODRIGUEZ L., 1993. L'aménagement des terroirs villageois et l'amélioration de la production agricole au Yatenga (Burkina Faso). Une expérience de recherche développement. *Cahiers ORSTOM, série pédologie*, 27 (2). 385-402.

ROOSE E., KABORE V., GUENAT C., 1999. Zaï practice: A West African traditional rehabilitating system for semiarid degraded lands, a case study in BURKINA FASO. ORSTOM. 16 pages.

ROOSE E., RODRIGUEZ L., 1990. Aménagement de terroirs au Yatenga (Nord-Ouest du Burkina Faso): quatre années de gestion conservatoire de l'eau et de la fertilité des sols (GCES) bilan et perspectives. INERA, CIRAD-DSA, ORSTOM, Montpellier, 40 p.

SANKARA P., 1990. Eléments de pathologie végétale. Fascicule illustré, 82 p.

SAWADOGO H., 1995. La lutte anti érosive dans la zone Nord Ouest du Burkina Faso ; Cas des villages de Baszaïdo et Lankoé. IN.E.R.A. – Réseau S.A.D.A.O.C.- Burkina Faso. 22p.

SAWADOGO H., BOCK L., LACROIX D., ZOMBRE N.P., 2008. Restauration des potentialités de sols dégradés à l'aide du zaï et du compost dans le Yatenga (Burkina Faso). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 12(3) ; 279-290.

SEDOGO M., 2006. Aménagement participatif des forêts classées de Kuinima et de Kua. Rapport provisoire, BKF 007, 42 p.

SIB S., PARE T., HEMA B., 2003. Etude de la dégradation des berges et de l'occupation des terres dans le bassin versant du Kou. Rapport final. BKF/007.PAFDK, 73 p.

SOME N. A., 1996. Les systèmes écologiques post-culturels de la zone soudanienne (BURKINA FASO): structure spatio-temporelle des communautés végétales et évolution des caractères pédologiques. Thèse de Doctorat. Université Pierre et Marie CURIE. Paris 6. 212p + annexes.

STROOSNIJDER L., 1996. Modelling the effect of grazing on infiltration, runoff and primary production in the Sahel. *Ecolog Modelling*, 92 ; 79-88

TRANSFERT DE TECHNOLOGIE EN AGRICULTURE (T.T.A.), 2004. Raisonnement de l'échantillonnage du sol en parcelle agricole, Revue N°122.4p.

YAMEOGO T. J., 2008. Restauration et réhabilitation du site pilote de KUINIMA : Caractérisation biophysique. Mémoire DEA, UPB/IDR. 57 p.

ZIDA L., 1992. Condition hydrique dans bas-fond sahélien, incidence sur les cultures vivrières (Bidi, Nord yatenga ; Burkina). 107p.

ZONOU B., 2006. Dynamiques foncières dans l'Ouest du Burkina : de l'inclusion à l'exclusion, un processus de réactivation identitaire. Colloque international "Les frontières de la question foncière – At the frontier of land issues", Montpellier. 11p.

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.

N^o :

Auteur :

[illegible]

Annexe III.

Tableau I : Les composantes de rendement

traitements	Nbre de poquet levé à l'ha.	Nbre de plant à l'ha.	Nbre d'épi total à l'ha.	Nbre d'épi utile à l'ha.	Nbre moyen de grain par épi	Poids moyen de 1000 grains
CP1	27994,7917	70963,5417	37109,375	30598,958	573,791667	17,138
CP2	29947,9167	89843,75	5208,33333	1953,125	41,875	1,711
CP3	28645,8333	87239,5833	10416,6667	0,000	0	0,000
T1	26041,6667	76822,9167	49479,1667	33854,167	365,916667	16,135
T2	28125	76041,6667	35416,6667	9375,000	79,4	1,348
T3	30208,3333	81250	40625	11458,333	240,766667	9,192
Z1	31250	92708,3333	81250	73958,333	1140,03333	26,376
Z2	30208,3333	80208,3333	72916,6667	69791,667	951,433333	24,678
Z3	30208,3333	82291,6667	71875	68750,000	660,6	27,490
ZCP1	28645,8333	71614,5833	58593,75	55338,542	840,374999	26,925
ZCP2	29947,9167	76171,875	52734,375	48177,083	563,208333	24,458
ZCP3	30598,9583	87890,625	79427,0833	74218,750	664,625	27,195

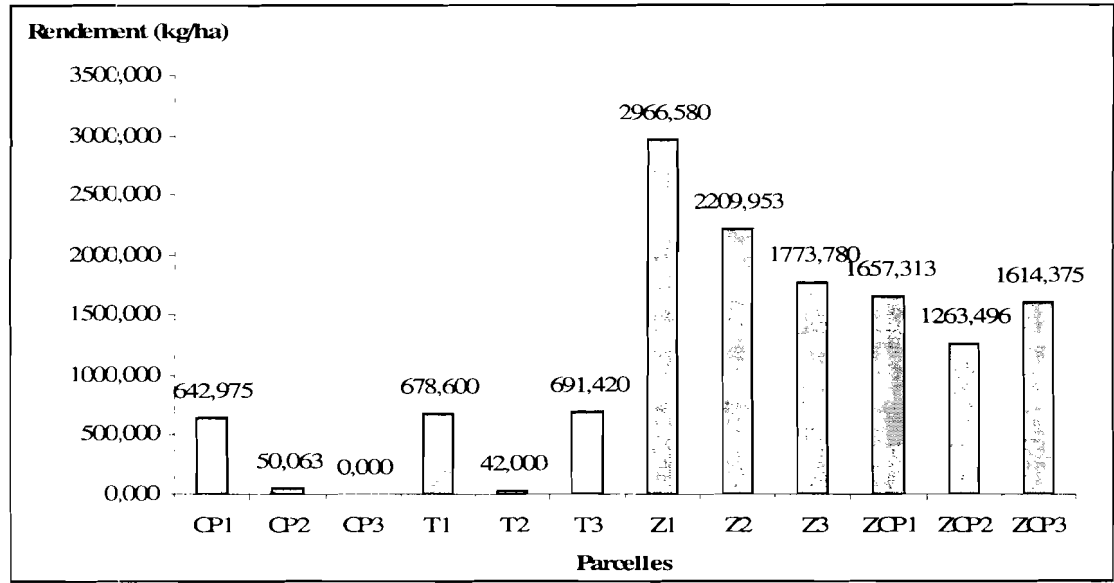


Figure 1 : Les rendements grains des parcelles

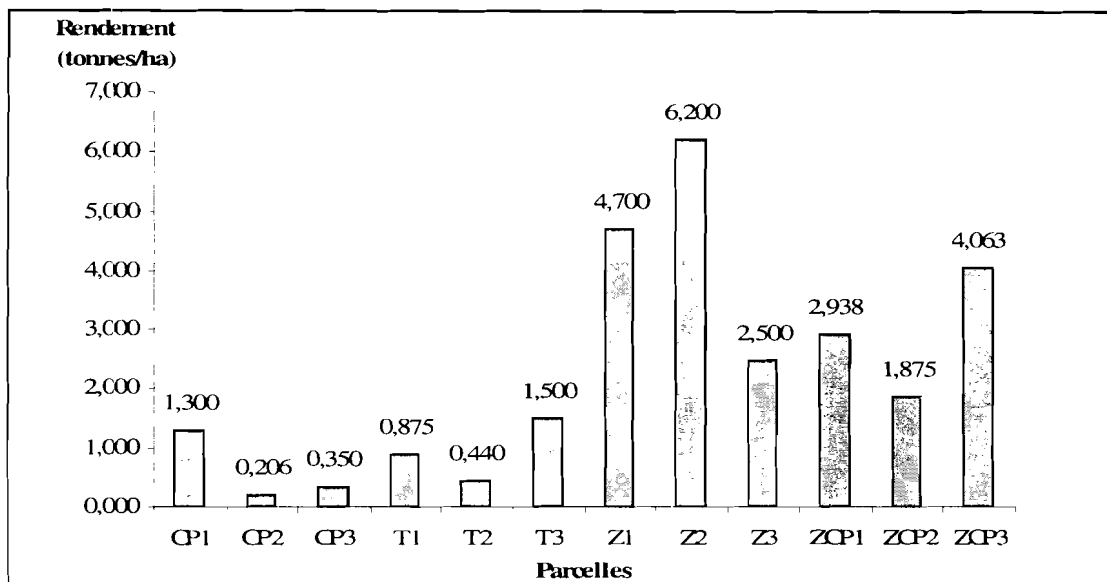


Figure 2 : Les rendements en paille des parcelles

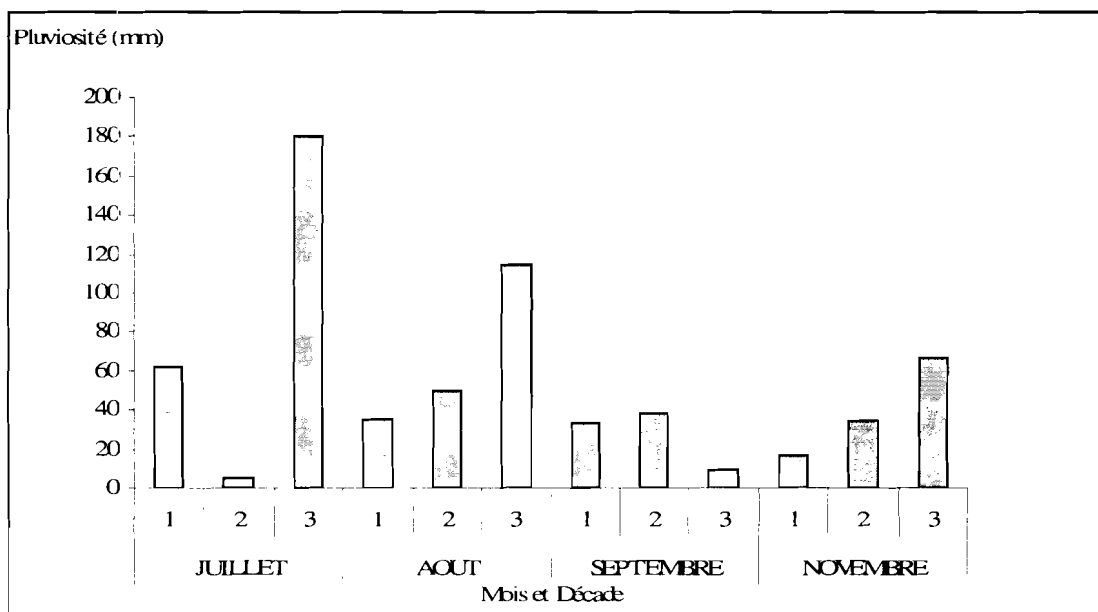


Figure 3: La pluviométrie de la période de culture par décade

Annexe IV.

LES CARACTERISTIQUES DE LA VARIETE CULTIVEE

IDENTIFICATION DE LA VARIETE

Synonymes : Collection locale (Boromo)

Nature génétique : lignée

Origine géographique : BF Farako-Bâ

Origine génétique : Sélection massale

Année d'obtention : 1990

Type racial : Guinea

CARACTERES DE LA PLANTE

Cycle semis-floraison : 90 j

Cycle semis-maturité : 120 j

Photosensibilité : sensible

Hauteur de plante : 400 cm

Couleur de la plante : anthocyanée

Tallage utile : 1 à 2 tiges

CARACTERES AGRONIMQUES

Vigueur à la levée : excellente

Résistance à la verse : bonne

Tâches d'anthocyane : présentes

Résistance à la sécheresse: moyenne

Vitrosité (texture): vitreux

Résistance aux maladies:

Maladies foliaires : moyenne

Moisissures des grains: résistante

Charbon allongé : -

CARACERES DE LA PANICULE/EPI

Exsertion : bonne

Compacité : lâche

Port : retombante

Longueur : 40 cm

Couleur des glumes : noire

Aristation des glumelles : présente

Forme : fasciculée

CARACTERES DU GRAIN

Couleur du grain : blanche

Couche brune : absente

Couleur de l'albumen : blanche

Poids de 1000 grains : 20 à 23 g

Teneur en protéines :

Utilisation du grain:

- Tô : excellent

- couscous : bonne

- autres : dolo

Résistance aux insectes :

- cécidomyie : sensible

- punaises : résistante

Résistance au striga: sensible

Performances

- rendement grain maximum en station : 3 800 kg/ha

- rendement grain moyen en station : 3 000 kg/ha (essais conduits de 1984-1989)

- rendement moyen en milieu réel : 2 000 kg/ha

Annexe V.

Chronogramme des opérations

Opérations	Dates	
	Début	Fin
Labour des parcelles Témoins et cordons pierreux	28-juin-09	-
Ouverture des poquets de zaï	02-juin-09	-
Date de semis	01-juil-09	-
Premier sarclage	22-juil-09	-
Pose des carrés de rendement	08-août-09	-
Second sarclage	12-août-09	-
Comptage du nombre de poquets levés	10-août-09	-
Mesure des hauteur et comptage du nombre de feuille	10-août-09	19-oct-09
Récolte des épis des carrés de rendement	11-nov-09	-
Récolte générale	13-nov-09	-
Prélèvement d'échantillon de sol	16-nov-09	-

Annexe VI

Relevé pluviométrique de l'année 2009 à la station de Farakô-Bâ

Dates	mars	avril	mai	juin	juillet	août	Septem bre	Octobre
1	Trace	1					5	
2							1,1	
3			1,3	25,2				
4					18,4	3,4		10,6
5							15,2	
6						8,7		6,2
7								
8				28,4				
9					34,1		5,4	
10			12	21	9,3	23	6,8	
Total décade	0	1	14	74,6	61,8	35,1	33,5	16,8
11							4,6	
12						22,3		
13			12			5		16,2
14				2,3	5	16		7
15							1,4	
16		3,4		8		3		
17			7,2					5,6
18	1,4					3,4		
19			1,7				11,2	
20				23			20,5	5,5
Total décade	1,4	3,4	21	33,3	5	49,7	38,1	34,3
21				53,3	52,7		2,4	3,7
22						12,7		15,5
23			4,2			43,7		
24					34,2		2,5	2,1
25	8			8	27,4	13		
26						24,5		
27		5,3	0,7					
28					42,2	21	1,1	
29				36,4				
30							3	6,5
31					24			38
Total décade	8	5,3	4,9	97,7	181	115	9	65,8
Total mensuel	9,4	9,7	39,6	206	247	200	80,6	117

Observateur Titulaire : Drissa BORO