

BURKINA FASO

UNITÉ – PROGRÈS – JUSTICE

**Ministère des Enseignements Secondaire, Supérieur et de la Recherche Scientifique
(M.E.S.S.R.S)**

**UNIVERSITÉ POLYTECHNIQUE DE
BOBO-DIOULASSO
(U.P.B)**

**CENTRE NATIONAL DE RECHERCHES
SCIENTIFIQUES ET TECHNOLOGIQUES
(C.N.R.S.T)**

**INSTITUT DU DÉVELOPPEMENT
RURAL
(I.D.R)**

**INSTITUT DE L'ENVIRONNEMENT ET DE
RECHERCHES AGRICOLES
(I.N.E.R.A)**

DEPARTEMENT D'AGRONOMIE

**DEPARTEMENT GESTION DES
RESSOURCES NATURELLES ET SYSTEMES
DE PRODUCTION (GRN/SP)**

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Présenté en vue de l'obtention du

DIPLÔME D'INGENIEUR DU DEVELOPPEMENT RURAL

Option : Agronomie

THÈME :

**AGRICULTURE DE CONSERVATION DANS LES SYSTEMES
DE CULTURE A BASE DE SORGHO DANS LES ZONES
CENTRE ET SUD – OUEST DU BURKINA FASO.**

DIRECTEUR DE MÉMOIRE : Dr. Antoine SOME

MAÎTRE DE STAGE : M. Korodjouma OUATTARA

Juin 2007

SERME Idriss

TABLE DES MATIERES

DEDICACE	iv
Remerciements	v
SIGLES ET ABREVIATIONS	vi
LISTE DES TABLEAUX	vii
LISTES DES FIGURES	viii
RESUME	ix
Introduction	1
Chapitre I : Cadre de l'étude et synthèse bibliographique	4
I. Le cadre de l'étude	5
I.1. Généralités sur le site Saria	5
I.1.1. Situation géographique.....	5
I.1.2. Les sols.....	5
I.1.3. Le climat.....	6
I.1.4. La végétation	8
I.2. Généralités sur le site de Dano	9
I.2.1. Situation géographique.....	9
I.2.2. Les sols.....	9
I.2.3. Le climat.....	10
I.2.4. La végétation	12
II. Synthèse bibliographique	12
II.1. Travail du sol	12
II.1.1. Définition du travail du sol	12
II.1.2. Impact du travail du sol sur les propriétés physiques	12
II.2. Rôles du phosphore pour la plante et dans le sol	13
II.2.1. Rôles du phosphore pour la plante	13
II.2.2. Rôle du phosphore dans le sol.....	14
II.3. Rôle de la matière organique	14
Chapitre II : Matériels et méthodes d'étude.....	16
I. Le matériel	17
I.1. Le matériel végétal	17
I.1.1. Les caractéristiques du Kapelga	17
I.1.2. Les caractéristiques de la K VX-4-5-2D	17
I.2. Les échantillons de sol	18
II. Méthodes d'étude.....	18
II.1. Dispositif expérimental	18
II.1.1. Conception du dispositif expérimental	18
II.1.2. Les traitements	18
II.2. Conduite des essais	19
II.3. Méthodes d'analyses physiques du sol	20
II.3.1. Mesure de la densité apparente	20
II.3.2. Tamisage à sec	20
II.3.3. Mesure de la stabilité à l'eau des agrégats du sol.....	20
II.3.4. Analyse granulométrique du sol.....	21
II.4. Méthodes d'analyses chimiques du sol	21
II.4.1. Dosage du carbone organique	21
II.4.2. Détermination du pHeau	22

II.5. Analyses statistiques	22
Chapitre III : Résultats et discussions.....	23
I. Effets des pratiques culturales sur la teneur en carbone des sols.....	24
L1. Effets du travail du sol sur la teneur en carbone du sol.....	24
L2. Effets du paillage sur la teneur en carbone du sol.....	25
L3. Effets du système de culture sur la teneur en carbone du sol.....	25
II. Effets des pratiques culturales sur la stabilité et la densité du sol.....	26
II.1. Analyse des effets des pratiques culturales sur les stabilités structurales du sol..	26
II.1.1. Tamisage du sol dans l'eau	26
II.1.2. Tamisage du sol à sec	30
II.2. Variation de la densité apparente sèche des sols.....	32
III. La production de sorgho et de niébé.....	33
III.1. Effets du travail du sol sur la production de sorgho et de niébé.....	33
III.2. Effets de l'application de la paille de sorgho sur la production de sorgho et de niébé	35
III.3. Effets des systèmes de culture sur la production du sorgho et du niébé	36
III.4. Effets du phosphate et de l'azote sur la production du sorgho et du niébé.....	39
Conclusion et perspectives.....	41
BIBLIOGRAPHIE	42

DEDICACE

à mon père

qui m'a inculqué l'amour du travail.

« Que ne soient découragés, tous ceux qui oeuvrent pour l'alimentation de leurs semblables sur lesquels plane le spectre de la faim » (OUATTARA 2000).

Remerciements

Le présent mémoire même s'il est à mon actif, est avant tout le fruit des contributions de plusieurs personnes morales et physiques. Qu'il nous soit permis à travers ces lignes, de signifier notre reconnaissance envers toutes ces personnes. Ainsi nous tenons à remercier :

Dr OUEDRAOGO R. Louis, chef de centre de l'INERA Saria, pour nous avoir accepté dans son service.

Dr SOME N. Antoine, notre Directeur de Mémoire, qui malgré ces différentes occupations administratives a toujours suivi de prêt nos travaux.

M. OUATTARA Korodjouma, notre Maître de Stage, qui malgré ces travaux de thèse nous a toujours guidé dans nos activités.

Dr OUATTARA Badiori, pour nous avoir suivi pendant l'absence de notre maître de stage.

Dr BONZI Moussa, qui est toujours resté à notre écoute pendant l'absence de notre Maître de Stage.

M. ZIDA Zakari, pour ces différents conseils et encouragements.

M. OUEDRAOGO Adama, pour son apport dans la collecte de données.

M. SOUBEIGA Omer et M. COULIBALY Dofinita pour nous avoir assisté dans l'analyse des échantillons de sol.

Je tiens à faire une mention spéciale à mes parents et mes frères et sœurs pour leur soutien moral et financier durant ces années d'études et particulièrement pendant ces dix mois de stages. Qu'ils voient à travers ce travail le couronnement de leurs sacrifices.

Je ne saurai terminer sans être reconnaissant envers ma très chère SIAMBO N. Carine qui a su être à nos cotés pendant ces moments difficiles. Je lui souhaite plein succès dans ses études.

Que tous ceux dont les noms n'ont pu être cités trouvent sur cette page l'expression de notre profonde gratitude.

SIGLES ET ABREVIATIONS

AfNet : African Network for soil biology of the tropical soil biology and fertility

Ag : Agrégat

BUNASOLS : Bureau National des SOLS.

CEC : Capacité d'Echange Cationique.

FAO : Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture.

ICRAF : Centre International pour la Recherche en AgroForesterie.

IDR : Institut du Développement Rural.

IFDC: International Fertilizer Development Center.

INERA: INstitut de l'Environnement et Recherche Agricoles.

IRAT : Institut de Recherche en Agronomie Tropicale.

Nbre: Nombre.

PPDS : Plus Petite Différence Significative

Rdt : Rendement

TSP : Triple Super Phosphate.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Répartition des différentes fractions minérales (%) dans les sols de Dano et de Saria	31
Tableau 2 : Effets du labour sur la composition du sol en éléments fins	31
Tableau 3 : Effets de l'apport du phosphate sur la production du sorgho et du niébé	39

LISTES DES FIGURES

Figure 1 : Evolution de la pluviométrie et du nombre de jours de pluie de Saria de 1996 à 2005	7
Figure 2: Evolution de la pluviométrie et du nombre de jours de pluie de Saria d’avril à octobre 2006.....	7
Figure 4 : Evolution de la pluviométrie et du nombre de jours de pluie de Dano d’avril à octobre 2006.....	11
Figure 5 : Schéma des systèmes de cultures dans le dispositif où ils sont en combinaison avec le travail du sol et l’apport de résidus de récolte.....	19
Figure 6 : Effets du labour sur le taux de carbone des sols de Saria et de Dano	24
Figure 7: Effets du paillage sur le taux de carbone des sols de Saria et de Dano	25
Figure 8: Effets de la culture sur la teneur en carbone des sols de Dano.	26
Figure 9: Effets du travail du sol sur la macro stabilité du sol.....	28
Figure 10: Relation entre la teneur en carbone organique moyenne des blocs et la stabilité moyenne des macro-agrégés des sols de Dano et de Saria.	28
Figure 11 : Relation entre la teneur en carbone organique et la stabilité des macro-agrégats des sols de dano et de Saria.....	29
Figure 12: Relation entre la teneur en argile et la stabilité moyenne des macro – agrégats des sols de Dano et de Saria.....	29
Figure 13 : Taux d’agrégats stables des parcelles de Dano et de Saria.....	30
Figure 14 : Effets de la culture sur la densité du sol	32
Figure 15 : Rendement du sorgho en fonction du travail du sol à Saria et à Dano.....	34
Figure 16: Rendements du niébé en fonction du travail du sol à Saria et à Dano.....	34
Figure 17 : Effets du paillage sur la production du niébé.....	35
Figure 18 : Effets du paillage sur la production du sorgho.....	36
Figure 19: Effets des systèmes de culture sur le rendement grain du sorgho.....	37
Figure 20 : Effets des systèmes de culture sur le rendement biomasse du sorgho.....	38
Figure 21: Effets des systèmes de culture sur la production du niébé.....	38
Figure 22 : Effets de l’azote sur la production en grain du sorgho	40
Figure 23 : Effets de l’azote sur la production biomasse du sorgho	40

RESUME

La dégradation des ressources naturelles en général, et des sols en particulier, induite par les modes de gestion des sols, est un problème majeur des zones soudano – sahéliennes. Afin de proposer des modes de gestion assurant au mieux le maintien et/ou l'amélioration de la fertilité des sols, des essais sur l'agriculture de conservation dans les systèmes de culture à base de sorgho ont été installés à Saria et à Dano, deux différentes zones agro-climatiques du Burkina Faso. Le dispositif a été conçu comme une combinaison factorielle de la gestion des résidus de récolte, de techniques de travail du sol, de niveaux de fertilisations azotée et phosphatée et appliqués dans des systèmes de culture associés ou non de sorgho et de niébé. Sur chacune des parcelles les effets des traitements sur les rendements, la stabilité structurale et la teneur en carbone du sol ont été évalués. Les résultats obtenus ont montré que le labour conventionnel a entraîné une augmentation de la production du sorgho et du niébé respectivement de 24 et 20%, une baisse de la stabilité structurale de 6% à Dano et une réduction du taux de carbone du sol de 11% à Dano, tandis qu'à Saria il n'a pas eu d'effets sur la stabilité structurale et le taux de carbone du sol. La culture du sorgho a entraîné une baisse du taux de carbone du sol par rapport à la culture pure du niébé et à l'association sorgho-niébé respectivement de 11 et 10%. La stabilité structurale est fonction du taux de carbone et d'argile du sol. La rotation niébé/sorgho a permis une augmentation de la production grain du sorgho de 31%. La culture du niébé permet un maintien de la stabilité structurale.

Mots clés : agriculture de conservation, carbone, labour, légumineuses, structure, stabilité structurale, résidus de récolte.

Introduction

Les céréales sont les principales cultures dans les régions Soudano – Sahéliennes, aussi bien par la superficie emblavée que par leur importance dans l'alimentation (GIGOU, 1988). Le sorgho [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] et le mil (*Pennisetum sp*) sont les principales cultures vivrières des régions sahéliennes. Le sorgho occupe le cinquième rang mondial des céréales cultivées (FAO, 1988).

Au Burkina Faso la production agricole est dominée par les cultures céréalières et le sorgho est la céréale la plus répandue. Il y est cultivé partout en saison des pluies, là où les précipitations sont supérieures à 400 – 500 mm/an (CHANTEREAU et NICOU, 1991).

Pendant plusieurs années, l'agriculture minière a contribué à la dégradation de beaucoup de sols en Afrique au sud du Sahara. Cette pratique a conduit à de grandes pertes de la matière organique des sols par accélération de la minéralisation des composés organiques, par érosion et par exportation par les récoltes (KAYAMBO et *al.*, 1999).

La FAO (1988) rapportait que si des mesures de conservation des terres n'étaient pas entreprises, environ 544 millions d'ha de terres seraient perdus et une grande partie des terres restantes perdraient leur fertilité. En Afrique, un million d'ha soit 73% de la surface cultivable sont modérément ou sévèrement affectés par la dégradation (BENITES et ASHBURNER, 2001). IBRD (1989) estime entre 10 à 20 t/ha, les pertes en terre des sols de l'Afrique de l'Ouest. Au Burkina Faso, les études du BUNASOLS (1985) et de SEDOGO (1993) ont révélé que les teneurs en matière organique de la plupart des sols ont décru jusqu'à un seuil critique de moins de 1%.

Dans les systèmes de cultures en Afrique au sud du Sahara, les apports externes d'intrants sont insuffisants et les efforts d'augmentation de la production des champs sont entravés par la faible utilisation d'engrais. Les pertes annuelles dans les régions agricoles sont estimées à 22kg d'azote par hectare, 2,5kg de phosphore par hectare et 15kg de potassium par hectare (FAO 1988).

La pratique du labour entraîne l'exposition physique du sol aux forces érosives. Ceci dégrade les propriétés physiques, chimiques et biologiques des terres cultivées. FUGLIE (1999) et SOULE et *al.* (2000) pensent que l'agriculture de conservation permet une réduction de l'érosion et une gestion durable de la fertilité du sol.

Actuellement les efforts sont concentrés sur la recherche de l'autosuffisance

alimentaire tout en adoptant les formules et les doses d'application d'engrais minéraux adaptés et plus récemment par l'intégration des sources organiques et inorganiques de fertilisants dans les systèmes de culture. D'où le concept de l'agriculture de conservation qui a eu différentes définitions; pour concilier ces divergences, la FAO a donné une définition communément acceptée.

Selon la FAO (2001), le terme « Agriculture de Conservation » (des sols) est un terme générique. Sa définition a été retenue lors du « First World Congress on Conservation Agriculture : a World wide challenge » qui s'est déroulé à Madrid du 1^{er} au 5 octobre 2001. L'agriculture de conservation répond aux principes suivants :

- absence de retournement profond du sol et implantation des cultures en semis direct ;
- maintien d'un couvert végétal permanent (mort ou vivant) ;
- adoption judicieuse de culture dans une rotation suffisamment longue.

Le semis direct est un facteur essentiel de l'agriculture de conservation. Cependant, la présence d'un couvert végétal permanent et les cultures présentes dans la rotation doivent être absolument compatibles avec cette technique d'implantation (BENITES et ASHBURNER, 2001).

L'agriculture de conservation a commencé en Afrique simultanément dans beaucoup de régions. Quand les producteurs ont constaté la dégradation progressive des sols et la baisse des rendements, une des alternatives pour soutenir la production fut la pratique de semis direct sans travail du sol (KAYAMBO et *al.*, 1999 ; OKOBA et *al.*, 1998).

Bien que la combinaison des technologies de restauration de la fertilité du sol et les pratiques de semis direct sans travail du sol ou après un labour minimum offrent une opportunité pour une utilisation durable des terres, ces approches récentes non pas été totalement intégrées dans les systèmes de culture existants. GARCIA - TORRES et *al.* (2003) estiment que l'agriculture de conservation est pratiquée sur seulement 800 millions d'ha, ce qui correspond à 5% des 15000 millions d'ha de terre arable dans le monde.

Dans le contexte sahélien du Burkina Faso, l'agriculture de conservation devrait permettre de protéger le sol contre la dégradation dont l'érosion physique et accroître les productions agricoles de façon importante. Elle a donc un rôle important à jouer d'autant plus que les cultures sont soumises à une pluviométrie irrégulière dans le temps et dans l'espace (AMBOUTA et *al.*, 1999 ; CASENAVE et VALENTIN, 1989).

Le présent travail sur l'agriculture de conservation constitue un apport dans la gestion

de la fertilité des sols du centre et du sud - ouest du Burkina Faso. Il vise à mieux comprendre l'effet de l'azote, du phosphore, de la rotation, du travail du sol et du paillage sur le rendement du sorgho et du niébé et sur les indicateurs de fertilité du sol. Il pose la problématique de la gestion durable de la fertilité du sol.

Pour mieux aborder notre thème nous nous sommes fixés les objectifs spécifiques suivants :

- déterminer les effets de l'agriculture de conservation sur l'évolution du taux de carbone du sol ;
- évaluer l'effet des traitements sur la stabilité structurale et la densité du sol ;
- évaluer les effets des différents traitements sur la productivité.

Pour atteindre ces objectifs nous avons émis les hypothèses suivantes :

- le labour minimum et l'apport de matière organique permettent une augmentation de la productivité des systèmes de culture ;
- la limitation du labour et l'apport de matière organique permettent une augmentation de la stabilité structurale du sol ;
- le labour entraîne une diminution de la fertilité du sol.

Le présent mémoire est articulé en trois chapitres :

- dans le premier chapitre, nous ferons une revue bibliographique en relation avec le thème d'étude ;
- dans le deuxième chapitre, il sera question des matériels et des méthodes d'étude ;
- et le troisième chapitre fera la synthèse des résultats obtenus et des discussions et sera assortie de conclusion et de perspectives.

Chapitre I : Cadre de l'étude et synthèse bibliographique

I. Le cadre de l'étude

Notre étude s'est déroulée dans deux différentes zones agro-climatiques assez différentes : Saria (zone Centre) et Dano (zone Sud-ouest).

I.1. Généralités sur le site Saria

I.1.1. Situation géographique

La station de l'INERA Saria est située à 80 Km au nord-ouest de Ouagadougou et à 23 Km à l'est de Koudougou. Ses coordonnées géographiques sont les suivantes :

-latitude : 12°16'N ;

-longitude : 2°9'O ;

-altitude : 300m

Implantée depuis 1923, la station de Saria couvre une superficie totale de 400 ha. Elle est représentative, tant du point de vue des sols que du climat de l'ensemble du plateau central (SEDOGO, 1981).

Saria présente un relief plat avec une légère pente de 7 pour mille (JENNY, 1963).

I.1. 2. Les sols

Les sols de Saria sont ferrugineux tropicaux et issus d'une roche mère granitique (JENNY, 1963). Ils présentent une carence en phosphore et cette carence pourrait être corrigée par des apports de 25 à 50 unités de P_2O_5 /ha (SEDOGO, 1981). Très pauvres en matière organique (inférieur ou égal à 1%), ces sols possèdent une faible capacité d'échange cationique de l'ordre de 3 méq/100g de sol en raison de la teneur et de la nature des argiles : teneurs en argile inférieures à 10% avec prédominance de kaolinite (PICHOT et ROOSE, 1972). ARRIVETS (1974) souligne une insuffisance de la nutrition azotée dans ces sols avec une réponse à l'azote variant d'une année à l'autre. SEDOGO (1981) et GUIRA (1988) ont montré que les sols de Saria s'acidifient rapidement sous l'effet de la culture continue et des apports d'engrais essentiellement minéraux.

Au regard de leurs caractéristiques physico – chimiques et en se basant sur la légende révisée de la carte mondiale des sols FAO/UNESCO, Ergeci – Développement (1996) cités

par OUATTARA (2000) distingue les unités de sols suivants :

- Acrisols ferriques phase pétroferrique ;
- Lixisols ferrique phase pétroferrique ;
- Lixisols gleyiques ;
- Gleysols dystiques.

I.1. 3. Le climat

Le climat est de type nord soudanien (FONTES et GUINKO, 1995) caractérisé par deux saisons : une courte saison pluvieuse de mai à octobre et une saison sèche plus longue, d'octobre en avril.

La pluviométrie

La moyenne pluviométrique varie dans le temps et dans l'espace avec une moyenne annuelle de 800 mm (SOME, 1989). Les pluies qui se manifestent sous forme de « lignes de grains » (MIETTON, 1988), se caractérisent par leur fortes intensités (60 à 120 mm/h). Elles sont très érosives par leur effet « splash » et ont un rôle prédominant dans le processus de formation de croûtes de surface (ROOSE, 1981 ; CASENAVE et VALENTIN, 1989). Les figures 1 et 2 montrent l'évolution de la pluviométrie de Saria de 1996 à 2005 et au cours de 2006. Les variabilités intra – annuelles affectent considérablement les rendements des cultures (BONZI, 2002). L'humidité relative est inférieure à 20% en saison sèche et dépasse 60% en saison pluvieuse.

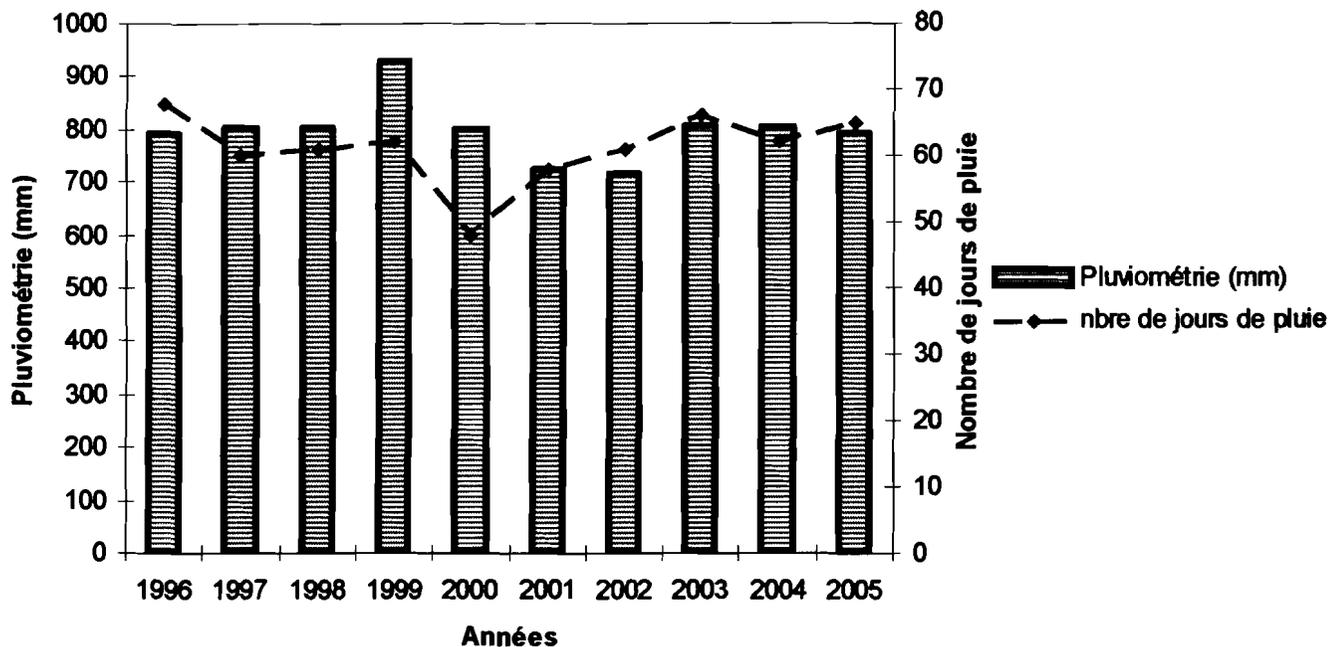


Figure 1 : Evolution de la pluviométrie et du nombre de jours de pluie de Saria de 1996 à 2005

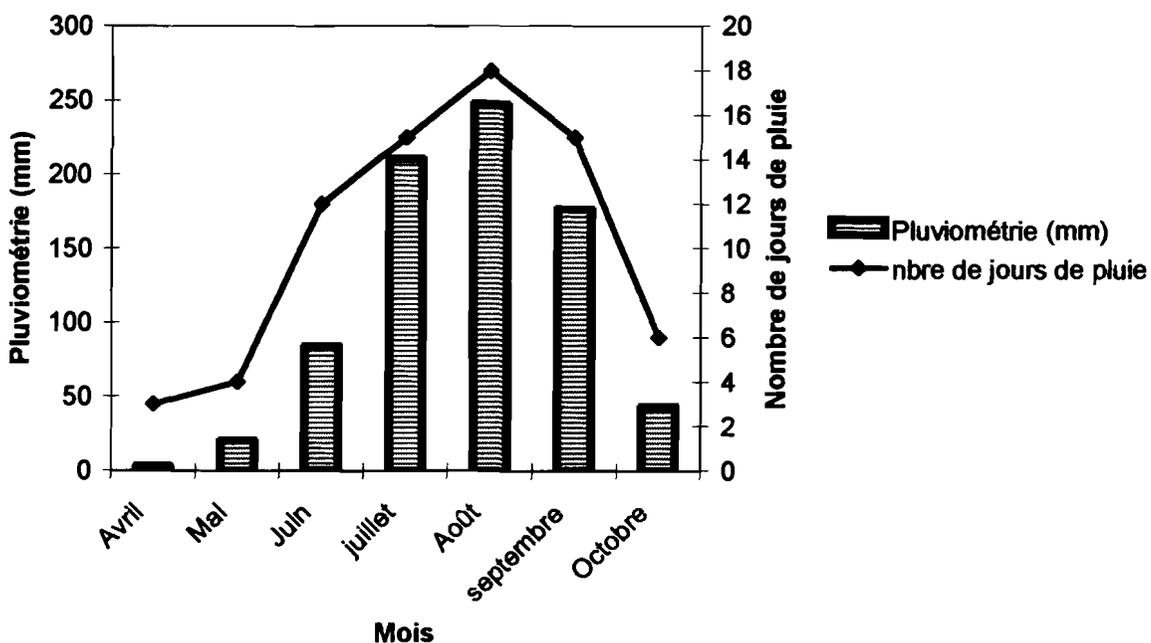


Figure 2: Evolution de la pluviométrie et du nombre de jours de pluie de Saria d'avril à octobre 2006

La température

Les températures moyennes annuelles sont de l'ordre de 28°C. Les maxima mensuels (40°C) se situent entre mars - avril et les minima (15°C) entre décembre – janvier. Les températures deviennent modérées en saison des pluies (25 – 30°C). Par son influence sur l'évapotranspiration, la température agit directement sur l'humidité de l'air et par conséquent sur les phénomènes de dessiccation et de prise en masse des sols.

Les vents

Le régime de vents est dominé par les alizés :

- un vent d'humidité relative de l'air de l'ordre de 60 à 80%, de direction sud – ouest (mousson) qui apporte les pluies ;
- un vent continental sec (l'harmattan) qui souffle pendant la saison sèche et qui est généralement à l'origine des phénomènes d'érosion éolienne que subissent les sols devenus nus après la récolte.

I.1. 4. La végétation

Saria appartient au secteur nord –soudanien, caractérisé par une savane à graminées annuelles, à arbres et arbustes (FONTES et GUINKO, 1995). Cette savane, fortement marquée par l'activité humaine, à relief plat et monotone est dominée par des espèces végétales telles que : *Parkia biglobosa* avec un port léger et étagé, *Vitellaria paradoxa* avec un massif sombre. On y rencontre également d'autres essences arborées protégées comme *Acacia albida*, *Lannea microcarpa*, *Tamarindus indica*, *Adansonia digitata*, *Khaya senegalensis* et aussi des épineux qui témoignent de la péjoration des conditions climatiques. En plus de ces espèces naturelles on note la présence de certaines espèces exotiques telles que *Eucalyptus camaldulensis*, *Mangifera indica* et *Azadirachta indica*.

La strate arbustive est dominée par des fourrés de Combretaceae dont *Combretum nigricans*, *Guira senegalensis*, *Pilostigma reticulata* etc.

Le tapis herbacé est constitué de graminées pérennes comme *Andropogon gayanus* apparaissant dans les jachères (GUIRA, 1988).

Il convient de signaler que cette végétation subit de jour en jour, un appauvrissement biologique important dû aux nombreux facteurs de dégradation que sont la coupe abusive du

bois, l'élevage extensive, l'agriculture extensive.

I.2. Généralités sur le site de Dano

I.2.1. Situation géographique

Situé au sud – ouest du Burkina Faso à 50km de Pâ sur l'axe Pâ-Diébouyou, Dano est limité au Nord par les provinces du Tuy et des Balés, au Sud par celles du Poni et de la Bougouriba, à l'Est par la province de la Sissili et la république du Ghana, à l'Ouest par les provinces du Tuy et de la Bougouriba. Elle est comprise entre les latitudes 10°42 et 11°20 Nord et les longitudes

I.2.2. Les sols

Les études de la Direction Régionale de l'Economie et de la Planification du Sud – Ouest / Gaoua (2000) permet d'identifier cinq types de sol dominants :

- les sols sableux à sablo-argileux en surface, argilo - sableux ou argileux et gravillonnaires en profondeur : ils sont les plus importants de par leur superficies et se localisent au centre de la ville. Leur potentialité de fertilité est généralement moyenne. Ils couvrent environ 75% des sols de Dano ;
- les sols argilo-sableux en surface et argileux en profondeur : ils sont pour la plupart d'excellente qualité, riches en bases et présentant parfois des affleurements rocheux, puis souvent des accumulations calcaires au niveau des alluvions du Mouhoun. Second type de sol en importance, ils couvrent environ 10% de la province et se rencontrent dans les zones limitrophes du Sud à l'Ouest de la province.
- les sols limono-argileux en surface, argileux en profondeur : avec une teneur en base moyenne et une bonne structure superficielle, leur utilisation dépend de la nappe d'eau. On les rencontre le long du Mouhoun sur environ 10% du territoire provincial.
- les sols gravillonnaires : ce sont les moins répandus, ils occupent 5 % de la superficie de la province. Avec une faible profondeur (< 40 cm), ils représentent une valeur agricole faible. Ils se caractérisent par leur hétérogénéité dans l'espace.

Le relief à Dano est dominé par des chaînes de collines dont le point culminant s'élève à 594mètres. L'altitude moyenne est de 300 mètres. Au bas des collines se trouvent des bas-

fonds alluvionnaires très fertiles.

1.2.3. Le climat

Dano appartient au climat sud soudanien caractérisé par deux saisons : une saison pluvieuse, de mai à octobre et une saison sèche plus longue, de novembre à avril (GUINKO, 1984).

La pluviométrie

La moyenne pluviométrique varie dans le temps et dans l'espace ; des données des dix dernières années donnent une moyenne annuelle de 930 mm. Les pluies se caractérisent par leur forte intensité (60 à 120 mm/h). Les figures 3 et 4 montrent l'évolution de la pluviométrie de Dano de 1996 à 2005 et au cours de 2006.

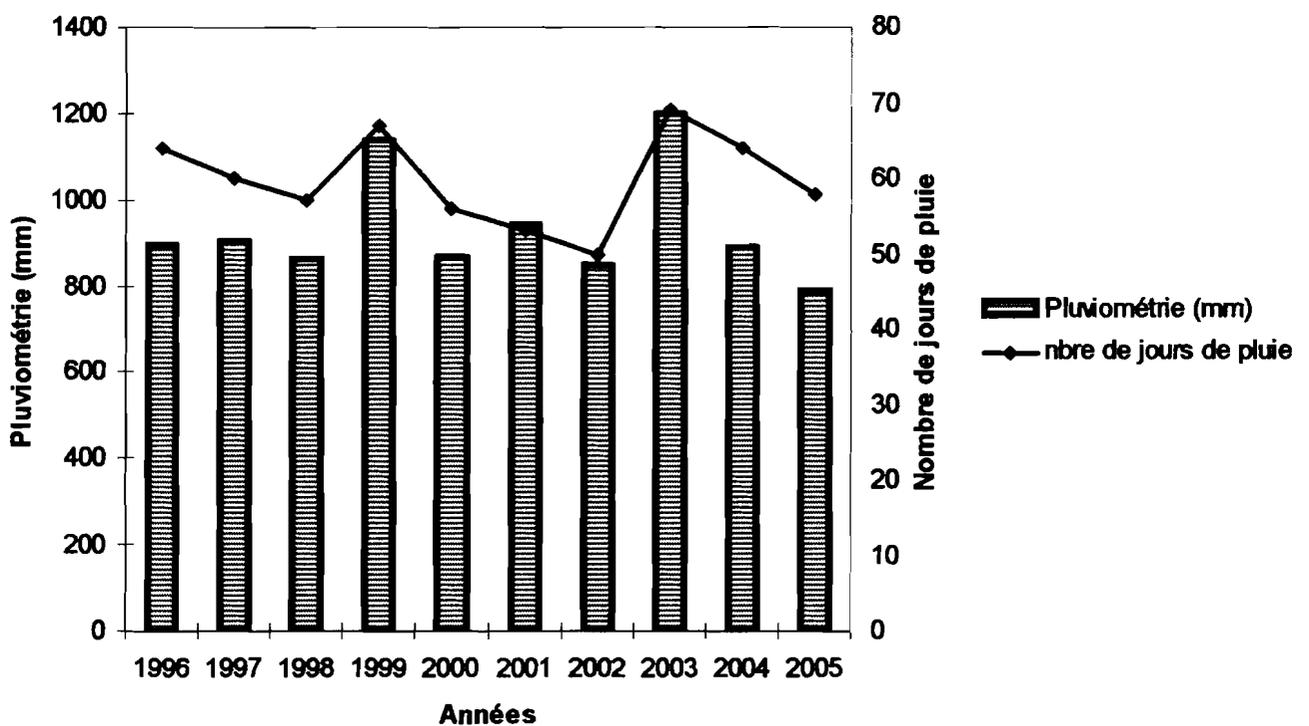


Figure 3 : Evolution de la pluviométrie et du nombre de jours de pluie de Dano de 1996 à 2005

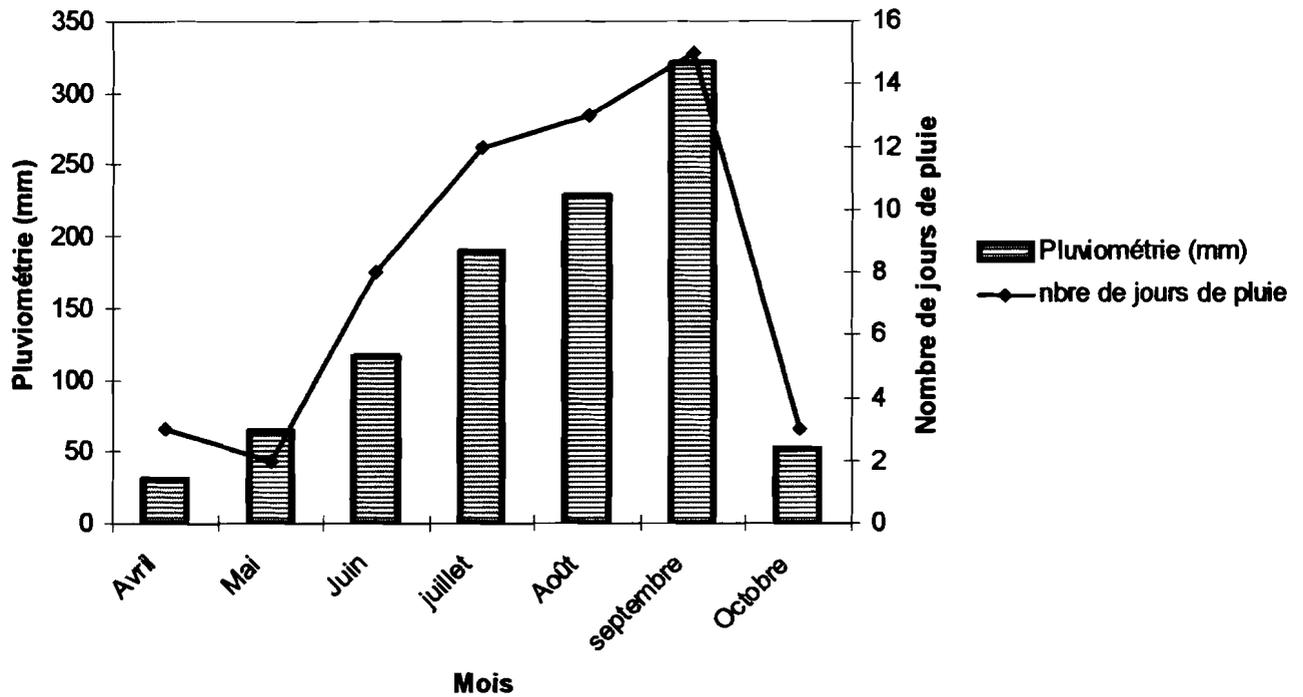


Figure 4 : Evolution de la pluviométrie et du nombre de jours de pluie de Dano d'avril à octobre 2006

La température

La température moyenne annuelle est de l'ordre de 27°C. Les maxima mensuels (38°C) se situent entre mars - avril et les minima (15°C) entre décembre – janvier. Les températures deviennent modérées en saison des pluies (25 – 30°C).

Les vents

Deux principaux vents traversent Dano :

-l'harmattan, vent chaud, sec et souvent poussiéreux venant du Sahara annonce la saison sèche. A partir de septembre, il traverse le pays du Nord - Est vers le Sud – Ouest en repoussant le vent qui remonte de l'océan.

-la mousson ; c'est un vent chaud et humide venant de l'océan Atlantique avec une direction Sud – Ouest à Nord – Est. Sa remontée de mai à septembre est à l'origine des précipitations correspondant à la saison pluvieuse.

1.2.4. La végétation

Dano appartient au domaine phytogéographique soudanien avec une végétation de type savane arborée. Du Nord au Sud, on observe une densité de la savane arborée dominée souvent par des galeries forestières le long des cours d'eau.

Les espèces rencontrées sont : *Parkia biglobosa* , *Vitellaria paradoxa*, *Terminalia avicinoïdes*, *Pteleopsis suberora*, *Combretum glutinosum*, *Scleorocaya birrea*, *Guiera senegalensis*, *Azelia africana*, *Isobertia doka*, *Daniella oliveri*, *Pterocarpus euri* , *Khaya senegalensis*, *Clorophora excelsa* (FONTES et GUINKO, 1995).

II. Synthèse bibliographique

Dans cette synthèse nous parlerons d'abord du travail du sol car il va à l'encontre de l'agriculture de conservation ; ensuite nous insisterons sur le rôle du phosphore à cause de la carence des sol du Burkina en cet élément (SEDOGO, 1981); enfin nous parlerons de la matière organique car il est l'élément clé de la fertilité des sols.

II. 1. Travail du sol

II. 1. 1. Définition du travail du sol

Selon HOOGLMOED (1999), le travail du sol est la manipulation, généralement mécanique des propriétés physiques du sol, considérée comme nécessaires pour une meilleure production agricole dans un itinéraire technique donné. Il permet d'améliorer la structure du sol, de lutter contre les mauvaises herbes et d'augmenter l'infiltration de l'eau dans le sol.

II. 1. 2. Impact du travail du sol sur les propriétés physiques

Le travail du sol est une opération qui consiste à créer des fissurations en vue d'augmenter la porosité totale des horizons superficiels du sol (MANDO et al. 2000). Pour NICOU et al. (1990), cette augmentation de la porosité totale permet le développement du système racinaire des cultures annuelles. Cela se traduit par la vitesse de progression du front

racinaire et l'accroissement de la profondeur maximale des racines.

Le labour à plat constitue une technique conventionnelle de travail du sol et d'économie de l'eau à l'échelle de la parcelle (NICOU et *al.*1990). Il augmente l'état physique du sol en augmentant sa porosité (NICOU, 1977). Ceci se traduit non seulement par une augmentation du volume de la couche de sol mais aussi par un bouleversement de l'organisation solides et porales, qui dépendent de l'état structural initial du sol.

Cependant les bienfaits du labour ne font pas l'unanimité chez tous les chercheurs. OUATTARA (1994) et OUATTARA et *al.* (1997) montrent que les caractéristiques de l'infiltration d'un sol ferrugineux baissent avec la durée de mise en culture du sol, quelles que soient la nature et l'intensité des amendements apportés. Le phénomène de dégradation est encore accentué sur les parcelles labourées sans apports organiques. Pour VLAAR (1992), le travail du sol exempté des apports organiques et de bonnes conditions d'application, ne fait qu'augmenter l'appauvrissement du sol, de sorte que les rendements baissent à long terme. PIERI en 1989, montre que le labour stimule l'activité microbienne. Cependant, pour OUATTARA (1994) le labour a un effet dépressif à long terme sur l'état physique du sol, d'autant plus que les matières organiques améliorent les propriétés physiques des sols. Le foisonnement du sol par le labour favorise la dégradation des agrégats et la perte d'éléments fins du sol (OUATTARA, 1994).

ROOSE et *al.* (1974), cités par VLAAR (1992), en évaluant la charge solide du ruissellement ont montré qu'après une pluie, l'érosion reprend plus vite dans le cas des parcelles labourées que sur un site témoin.

L'efficacité du labour dépend des conditions pédoclimatiques, notamment de l'état d'humidité du sol. Certains chercheurs pensent que le travail léger du sol associé au paillage dans les zones humides ou le labour profond dans les zones semi-arides seraient plus efficaces (OUATTARA et *al.* 1998 ; MANDO et *al.* 2000).

II. 2. Rôles du phosphore pour la plante et dans le sol

II. 2. 1. Rôles du phosphore pour la plante

Le phosphore est un nutriment primaire obligatoire pour la production agricole. Il assure la croissance et le développement de la plante, une maturation rapide des cultures et une amélioration de la qualité et de la quantité de la production. Les composés phosphatés

sont indispensables pour l'accumulation et la libération de l'énergie nécessaire au métabolisme cellulaire, à la formation de la graine, au développement du système racinaire et à la maturité de la culture (SOLTNER, 1994).

Une bonne nutrition phosphatée réduit le risque d'attaque des ravageurs et augmente la résistance de la plante aux maladies (WORLD BANK, IFDC, ICRAF ; 1994). La production agricole dépend donc du phosphore sans lequel les effets des autres éléments nutritifs sont limités sur la croissance et le développement de la plante. Ainsi, face à une carence prononcée en phosphore, les légumineuses sont incapables de fixer l'azote atmosphérique car cette fixation par les bactéries nécessite du phosphore.

II. 2. 2. Rôle du phosphore dans le sol

Le phosphore a un rôle très important dans le maintien de la fertilité des sols à travers les effets suivants :

-amélioration des propriétés physiques du sol par la formation d'agrégats et augmentation de la capacité de rétention ;

-amélioration de la capacité d'échange cationique (CEC) : LUTZ (1966) a montré après des essais de fumures phosphatées au champ et des analyses au laboratoire que les charges négatives des sols augmentaient après addition d'engrais phosphatés, entraînant ainsi l'amélioration de la capacité d'échange cationique (CEC) ;

-accroissement de la biomasse racinaire : l'application de phosphore favorise le développement des racines et des poils absorbants des cultures contribuant ainsi à améliorer la structure du sol et à accroître la source de matière organique ;

-accroissement de biomasse microbienne qui est un facteur primordial pour la fixation de l'azote chez les légumineuses.

II. 3. Rôle de la matière organique

Il existe une corrélation positive entre les qualités physiques du sol et la teneur en matière organique (OUATTARA, 1994). La baisse de matière organique dans le sol entraîne une mauvaise structuration du sol, limitant la profondeur d'enracinement (SIBAND, 1974 ; SEDOGO et *al.*, 1994) et rend ainsi le sol impropre aux cultures. Il en résulte une augmentation du ruissellement et de l'érosion sous toutes ses formes (VALENTIN, 1994). La

présence de la matière organique dans le sol permet l'augmentation de la porosité d'où une meilleure circulation de l'eau, de l'air et un meilleur développement des racines. En outre elle contribue à l'amélioration de la structure et de la stabilité structurale, à l'augmentation de la rétention en eau : 100g de paille absorbent 250kg d'eau (VILAIN, 1989).

La matière organique permet une augmentation de la capacité d'échange du sol, la libération des éléments nutritifs contenus dans la matière végétale et la libération d'acides divers lors de la minéralisation. Ces acides contribuent à la solubilisation des phosphates insolubles notamment les phosphates tricalciques.

La matière organique en apportant le carbone et l'azote au sol stimule la croissance et l'activité des micro-organismes. La présence de la matière organique favorise l'action des engrais minéraux, cela s'explique par le fait que la matière organique libère des substances qui stimulent la formation et la croissance des racines (SOLTNER, 1994).

Selon CONCARET (1967), MONNIER (1965) et GODEFROY et JACQUIN (1975), la matière organique de par son caractère hydromorphe, constitue un frein à la pénétration rapide de l'eau dans l'agrégat ce qui diminue les processus d'éclatement.

Chapitre II : Matériels et méthodes d'étude

I. Le matériel

I.1. Le matériel végétal

Notre étude a porté essentiellement sur deux cultures à savoir : le sorgho de variété Kapelga et le niébé de variété K VX-4-5-2D.

I.1.1. Les caractéristiques du Kapelga

Le Kapelga est une variété traditionnelle de sorgho dont les caractéristiques sont les suivantes :

- cycle semis – maturité : 100 à 105 jours ;
- hauteur de la plante : 3 – 3,5m ;
- sensibilité au photopériodisme : moyenne ;
- résistance à la sécheresse : moyennement résistante au stade post – floraison ;
- grains blancs ;
- rendement grains potentiel : 2,5t/ha ;
- aire de culture : zone de pluviométrie comprise entre 600 et 900mm par an ;
- bonne adaptation aux systèmes de culture faiblement intensifiés.

I.1.2. Les caractéristiques de la K VX-4-5-2D

La K VX-4-5-2D est une variété améliorée mise au point par L'INERA. Ces caractéristiques sont les suivantes :

- cycle semis – maturité : 70 jours ;
- type de plante : semis – érigée ;
- hauteur de la plante : 35 cm ;
- plante non sensible au photopériodisme ;
- grains blancs ;
- bonne vigueur à la levée ;
- tolérante aux viroses et au striga ;
- résistante à la sécheresse ;
- rendement grains potentiel : 1500 kg/ha ;
- rendement grains moyen en milieu paysan : 800 kg/ha ;

-aire de culture : régions Centre, Centre – ouest et Nord avec une pluviométrie annuelle comprise entre 400 et 800mm.

I.2. Les échantillons de sol

Ils ont été prélevés sur toutes les parcelles élémentaires avant la mise en place des cultures et après les opérations de récolte. Le prélèvement a été effectué à la tarière sur les quinze premiers centimètres et séché au soleil.

II. Méthodes d'étude

II.1. Dispositif expérimental

Les essais du projet AfNet qui ont servi de support pour notre étude sont à leur deuxième année d'expérimentation sur nos sites de travail. Les essais ont été installés sur sept (7) parcelles dont quatre à Saria : une (1) en station et trois (3) en milieu réel (champs paysans) et trois (3) à Dano, tous en milieu réel.

II.1.1. Conception du dispositif expérimental

Le dispositif, assez complexe, a été établi comme une combinaison factorielle de la gestion des résidus de récolte, de techniques de travail du sol, de niveaux de fertilisations azotée et phosphatée et appliqués dans des systèmes de culture associés ou non de sorgho et de niébé.

II.1.2. Les traitements

Les traitements ont été construits autour de :

- deux (2) modes de travail du sol : le labour conventionnel (traction bovine) et le semis sans labour ;
- deux (2) modes d'utilisation des résidus de récolte : 0 t/ha de paille de sorgho et 2,5 t/ha de paille de sorgho sous forme de mulch ;
- trois (3) systèmes de culture : la culture en continu, l'association céréale – niébé et la rotation sorgho – niébé ;
- deux (2) doses de phosphore (P_2O_5) : 0 kg/ha et 25 kg/ha ;

- quatre (4) doses d'azote (N) : 0 kg/ha, 20 kg/ha, 40 kg/ha et 60 kg/ha ;

Les engrais utilisés sont l'urée et le triple super phosphate (TSP).

Les parcelles élémentaires ont une dimension de 7,2m sur 4,8m soit 34,56m². Chaque bloc (répétition) est composé de 48 parcelles élémentaires organisées en trois types de traitement correspondants aux trois systèmes de culture précédemment définis. Chaque système de culture est composé de quatre parcelles élémentaires présentées comme suit :

Niébé (+P,-N)	Sorgho (+P,-N)
Niébé (+P,+N)	Sorgho(+P,+N)

Niébé/Sorgho (-P, +N)	Niébé (-P,-N)
Niébé (-P,-N)	Niébé/Sorgho (+P,-N)

Sorgho (+P,+No)	Sorgho (+P,+N1)
Sorgho (+P,+N3)	Sorgho (+P,+N2)

1= rotation

2= association

3= monoculture

Figure 5 : Schéma des systèmes de cultures dans le dispositif où ils sont en combinaison avec le travail du sol et l'apport de résidus de récolte.

Les parcelles du 1 et du 2 sont en rotation chaque année tandis que celles du 3 sont en culture continue.

II.2. Conduite des essais

Les essais ont été installés à Saria et à Dano dans la troisième décade du mois de juin.

Les labours ont été effectués à la charrue à une profondeur comprise entre 15 et 20cm, suivis immédiatement du paillage pour les parcelles qui en nécessitent.

Les semis ont été réalisés en observant des écartements de 80cm entre les lignes et 40cm sur les lignes ; ce qui correspond à six (6) lignes de culture par parcelle élémentaire. Le niébé a été semé deux graines par poquet et le sorgho réduit à deux plants après le démarrage. Pour l'association sorgho – niébé, les semis ont été réalisés en respectant les proportions deux lignes de sorgho pour une ligne de niébé. Les lignes de bordure ont été semées en sorgho.

L'engrais a été apporté de façon localisée puis recouvert de terre un mois après la mise en place des cultures au moment du sarclage.

Le niébé a été traité avec le DECIS comme suit :

- premier traitement : début de formation des fleurs (35 jours après semis) ;

- deuxième traitement : début de formation des gousses (15 jours après le premier traitement).

Le sorgho n'a fait l'objet d'aucun traitement phytosanitaire.

A la récolte, seules les quatre lignes de l'intérieur de chaque parcelle ont été retenues pour minimiser les effets de bordure.

Les panicules sèches ont été battues et ont permis l'estimation du rendement grain. La paille coupée et séchée a permis l'estimation du rendement paille. Les résultats obtenus à partir des parcelles élémentaires ont alors été extrapolés sur un hectare.

La formule appliquée pour le calcul du rendement est la suivante :

Rdt (kg/ha) = nbre de pieds/ha x nbre de panicules /pied x nbre de grains/panicule x poids moyen du grain

II.3. Méthodes d'analyses physiques du sol

II.3.1. Mesure de la densité apparente

La densité apparente a été déterminée au cylindre de 400cc par prélèvement de carottes de sol en humide. Les échantillons de volume connu ont été séchés à 105°C jusqu'à poids constant pendant 48h puis pesés. La densité apparente est calculée en divisant le poids sec de l'échantillon par son volume.

$$D_a = \text{Poids sec (g)} / \text{Volume (cm}^3\text{)}$$

II.3.2. Tamisage à sec

Un tamis de 2mm a été superposé sur un de 0,25mm et un de 0,05mm. Les échantillons de sol (100g par échantillon) ont été écrasés à la main pour les faire passer au tamis de 2 mm en limitant la réduction de la taille des agrégats. Les fractions d'échantillons (>2mm, 0.25 – 2mm, 0.05 – 0.25 et < à 0,05mm) sont ensuite récupérées et pesées.

II.3.3. Mesure de la stabilité à l'eau des agrégats du sol

Les mesures de la stabilité des agrégats du sol après 3mn de tamisage dans l'eau, ont été réalisées à l'aide du dispositif pour tamisage en humide (Eijkelkamp Giesbeek, Pays Bas)

suivant la procédure décrite par KEMPER et ROSENAU pour les sols limono-sableux peu agrégés. Elle vise à simuler l'action des pluies sur le sol afin d'avoir une approche de la résistance du sol à la détachabilité et à l'effondrement de son architecture. Dans notre étude nous avons mesuré la stabilité des macro-agrégats et celle des micro-agrégats, c'est-à-dire la stabilité des échantillons de taille comprise entre 0.25 et 2mm et celle des échantillons de taille comprise entre 0.05 et 0.25mm.

La procédure est la suivante :

Des échantillons de 3g de sol, séchés à l'air et tamisés, ont été placés dans des tubes tamis de 250 μ m ou 50 μ m (selon le cas) et immergés dans de l'eau distillée. L'appareil muni d'un moteur électrique, imprime aux tamis des mouvements verticaux. Après 3 minutes de tamisage, la masse de sol restant sur le tamis a été recueillie, séchée à 40°C à l'étuve et pesée. Elle a été ensuite soumise à une destruction de la matière organique à l'eau oxygénée et à une dispersion à l'hexamétaphosphate de sodium (HMP). Un tamisage final à l'eau a permis de recueillir les fractions minérales grossières que sont les sables et de les peser après séchage à l'étuve. La teneur en agrégats stables à l'eau (Ag) est exprimée en % du sol total par la formule :

$$\text{Ag (\%)} = (\text{Ag total} - \text{sables}) / (\text{prise d'essai} - \text{sables})$$

II.3.4. Analyse granulométrique du sol

La granulométrie des échantillons de sol a été déterminée par la méthode internationale de prélèvement à la pipette de ROBINSON. C'est une méthode basée sur le principe de sédimentation en application de la loi de STOKES. Une prise d'essai de 25g a été au préalable traitée à l'eau oxygénée au bain-marie (destruction de la matière organique) et à l'hexamétaphosphate de sodium (dispersion des agrégats par agitation mécanique pendant 3 heures). Après prélèvement de particules fines (argiles et limons), les sables sont obtenus par tamisage à l'aide d'une tamiseuse mécanique.

II.4. Méthodes d'analyses chimiques du sol

II.4.1. Dosage du carbone organique

La teneur en carbone organique a été déterminée selon la méthode de WALKLEY et BLACK (1934) adaptée aux sols du Burkina par GNANKAMBARY *et al.* (1999). Le carbone organique est minéralisé en milieu sulfurique (H₂SO₄) par oxydation au bichromate de

potassium ($K_2Cr_2O_7$) dont l'excès est titré par le sel de Mohr. Les résultats exprimés en g/kg tiennent compte d'un facteur de correction de 4/5 lié à la minéralisation incomplète (75%) du carbone organique.

II.4.2. Détermination du pHeau

Le pHeau a été déterminé à l'aide d'un pH-mètre à électrode en verre. La mesure a été faite en introduisant l'électrode du pH-mètre dans le surnageant d'une solution sol-eau distillée de rapport 1/2,5 laissé au repos après agitation.

II.5. Analyses statistiques

Nous avons eu recours au logiciel GENSTAT5 version 3.2 (1995), pour les analyses de variances, de probabilité, et de test de signification (F). Les graphiques ont été réalisés à l'aide du tableur Excel.

Chapitre III : Résultats et discussions

I. Effets des pratiques culturales sur la teneur en carbone des sols

L'analyse chimique a révélé une teneur en carbone très pauvre (<2%) des sols de Dano et de Saria selon les Normes ORSTOM. Les sols de Dano ont Néanmoins une teneur en carbone plus élevée que ceux de Saria. Le taux de carbone a été de 1.36% à Dano contre 0.32% à Saria.

I.1. Effets du travail du sol sur la teneur en carbone du sol

A Dano, le labour a entraîné une baisse de la teneur du sol en carbone de 11% par rapport au non labour tandis qu'à Saria, il n'a pas eu d'effets significatifs (Figure 6). La baisse du taux de carbone après labour à Dano se traduit par le fait que le labour en augmentant la porosité du sol, entraîne une augmentation de l'activité microbienne ayant pour résultat la dégradation rapide de la matière organique (PIERI, 1989 et NICOU, 1977). Selon OUATTARA (1994), le labour entraîne une minéralisation rapide du carbone endogène. Cependant le labour n'a pas eu d'effets sur la teneur en carbone des sols de Saria car la porosité était déjà bonne à cause de la texture grossière de ces sols par rapport à ceux de Dano. L'association labour-paillage n'a pas eu d'effet sur le taux de carbone car la paille a été apportée sous forme de mulch ce qui n'a pas favorisé sa décomposition durant les deux années d'existence de l'essai.

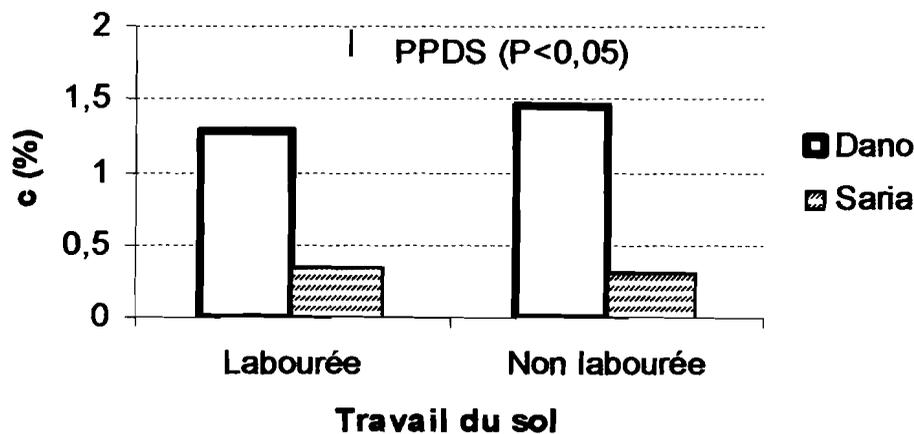


Figure 6 : Effets du labour sur le taux de carbone des sols de Saria et de Dano

I.2. Effets du paillage sur la teneur en carbone du sol

A Dano, le paillage a induit une baisse du taux de carbone de 7%. Son effet à Saria a été négligeable (Figure 7). Le paillage permet une augmentation de l'activité des microorganismes (BONZI, 1989) ce qui entraîne une minéralisation rapide de la matière organique du sol induisant ainsi une baisse du taux de carbone du sol. L'extrême pauvreté en carbone des sols de Saria fait que cet effet est insignifiant.

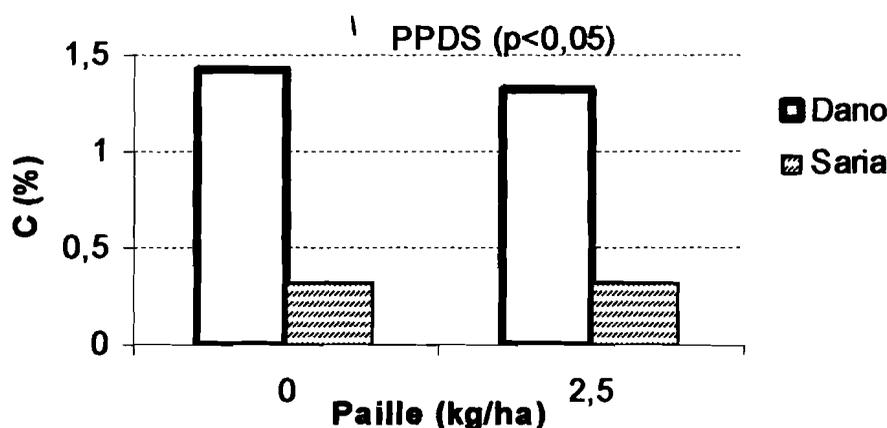


Figure 7: Effets du paillage sur le taux de carbone des sols de Saria et de Dano

I.3. Effets du système de culture sur la teneur en carbone du sol

La culture du niébé pur et l'association sorgho-niébé ont entraîné à Dano une augmentation de la teneur en carbone du sol respectivement de 11 et 10% par rapport au sorgho pur. La culture du sorgho a entraîné donc une réduction de la teneur en carbone du sol (Figure 8). Le niébé apporte une quantité importante d'azote au sol (VILAIN, 1989). BONZI en 1989 a montré que l'azote permettait une décomposition de la paille de sorgho ; c'est ce qui explique l'augmentation du taux de carbone dans le sol après la culture du niébé.

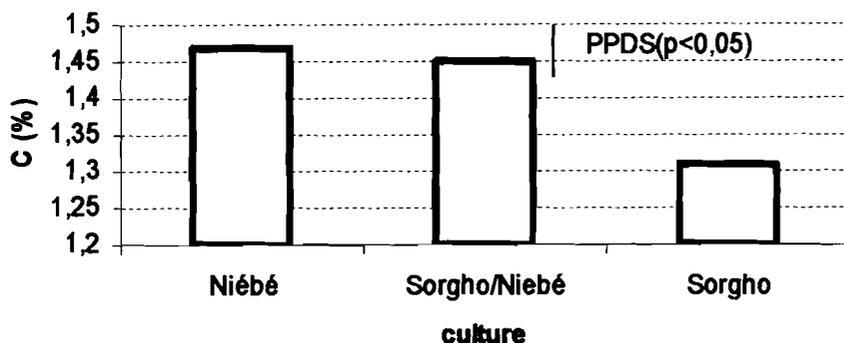


Figure 8: Effets de la culture sur la teneur en carbone des sols de Dano.

II. Effets des pratiques culturales sur la stabilité et la densité du sol

II.1. Analyse des effets des pratiques culturales sur les stabilités structurales du sol

II.1.1. Tamisage du sol dans l'eau

L'analyse du comportement d'agrégats terreux secs soumis à l'action du tamisage standardisé dans l'eau, fait intervenir deux principaux processus physiques qui conditionnent leur stabilité. Il s'agit d'une part des mécanismes de désagrégation par éclatement lié au piégeage de l'air lors de l'humectation et d'autre part de la désagrégation sans éclatement qui intervient ensuite lors de l'agitation après que l'échantillon soit saturé (MONNIER, 1965 ; CONCARET, 1967 ; LE BISSONNAIS et LE SOUDER, 1995).

La stabilité des agrégats a été plus élevée sur les sols de Dano que sur ceux de Saria (Figure 13). La figure 10 montre que la stabilité structurale moyenne des blocs est positivement corrélée par le taux de carbone cependant l'analyse intra zone montre que cette corrélation est faible à cause de la très grande proximité des parcelles élémentaires (Figure 11). En effet, l'analyse granulométrique a montré que les sols de Saria sont très sableux (Annexe) et pauvres en carbone par rapport à ceux de Dano, alors que la stabilité structurale est positivement corrélée par le taux d'argile du sol (Figure 12). Ces résultats confirment ceux obtenus par OUATTARA (1994) et LOADA (2002) qui ont montré que les

argiles jouaient un rôle important dans la stabilité structurale du sol par un affermissement de la cohésion, indépendamment des teneurs en matière organique. KHERABI et MONNIER (1968) et LE BISSONNAIS (1988), ont montré que l'action déterminante des argiles dans la cohésion du sol à l'état humide, dépend de leur nature, c'est-à-dire de leur capacité à former des liaisons structurales. La formation d'agrégats est d'autant plus marquée que le sol renferme au moins 20% d'argile et généralement 40% (KHERABI et MONNIER, 1968). La matière organique est un agent liant des agrégats. Elle les protège vis à vis de l'action dégradante de l'eau (DEXTER et *al.*, 1984). Cependant l'action stabilisatrice de la structure du sol par la matière organique dépend aussi de la nature de celle-ci ; elle est maximale lorsque le substrat organique est bien décomposé (MONNIER, 1965 ; GODEFROY et JACQUIN, 1975). Les effets bénéfiques de la matière organique sont liés toutes choses étant égales, aux processus de biodégradation de celle-ci. Si la perte de la teneur du sol en matière organique est accélérée, il s'en suit une diminution de la stabilité des agrégats (OUATTARA, 1994).

Sur les parcelles de Saria, l'analyse n'a pas montré de différences significatives entre les taux d'agrégats stables des parcelles labourées et ceux des parcelles non labourées. Cependant à Dano le labour a entraîné une réduction de 6% de la stabilité des macro - agrégats par rapport au non labour (Figure 9). Le labour n'a pas eu d'effets sur la stabilité des sols de Saria peut être parce qu'il n'a pas eu d'effets sur le taux de carbone alors que le taux d'agrégats stable est fonction du taux de carbone.

Le paillage, le système de culture, la culture et les fertilisants n'ont pas eu d'effets significatifs sur la stabilité structurale après 3 minutes de tamisage à l'eau. Quand la paille n'est pas enfouie elle se décompose très lentement (VILAIN, 1989) ; c'est ce qui explique qu'elle n'ait pas d'effets sur la stabilité structurale.

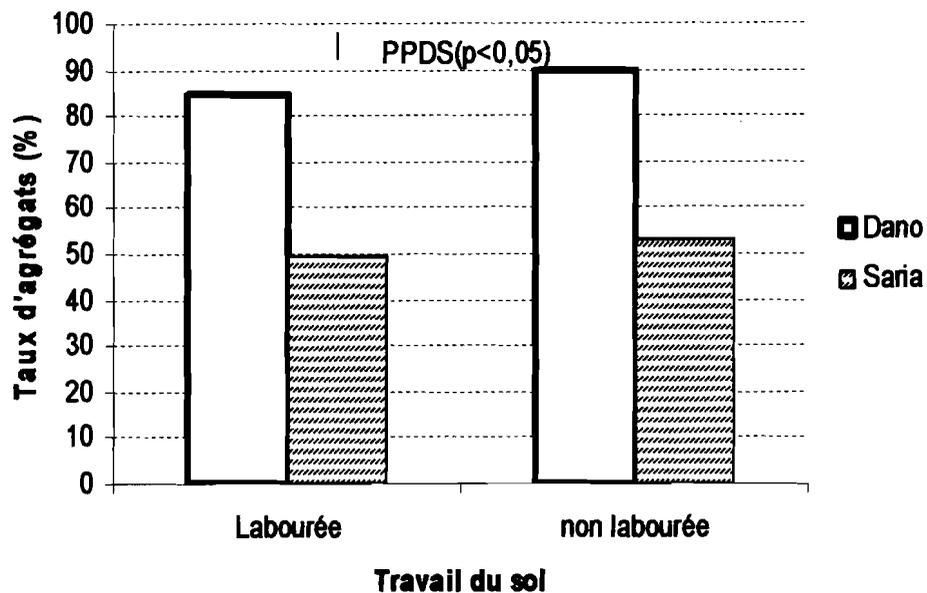


Figure 9: Effets du travail du sol sur la macro stabilité du sol

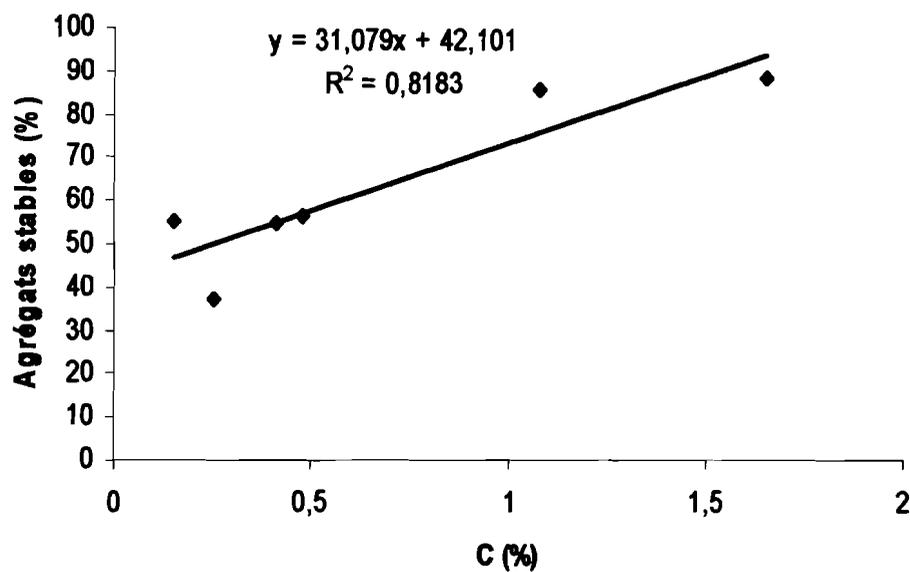


Figure 10: Relation entre la teneur en carbone organique moyenne des blocs et la stabilité moyenne des macro-agrégés des sols de Dano et de Saria.

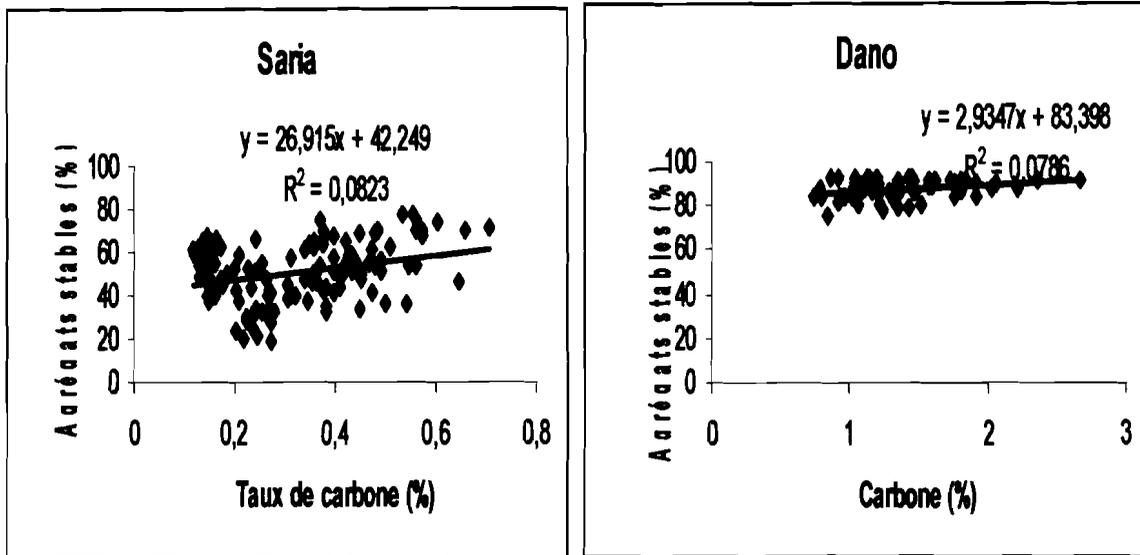


Figure 11 : Relation entre la teneur en carbone organique et la stabilité des macro-agrégats des sols de dano et de Saria

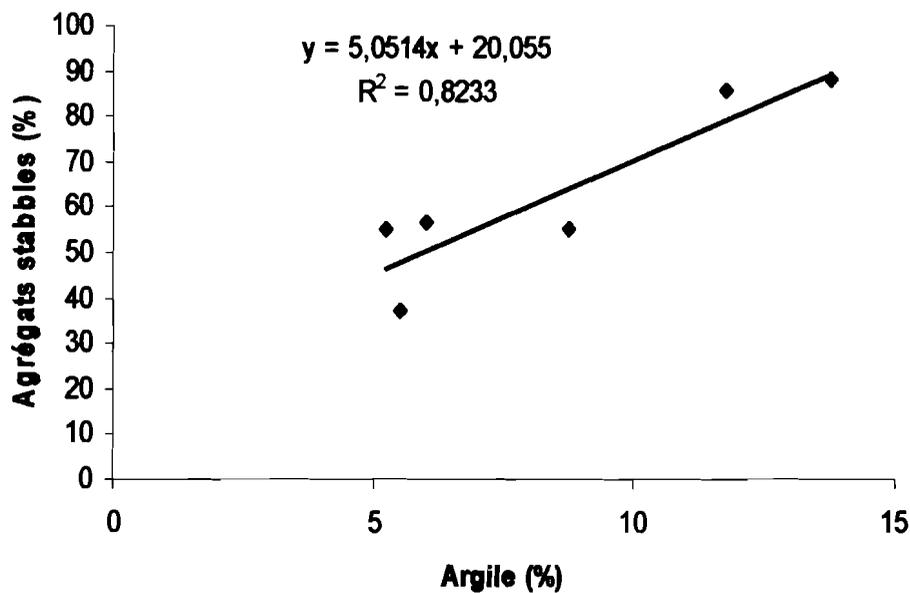


Figure 12: Relation entre la teneur en argile et la stabilité moyenne des macro – agrégats des sols de Dano et de Saria

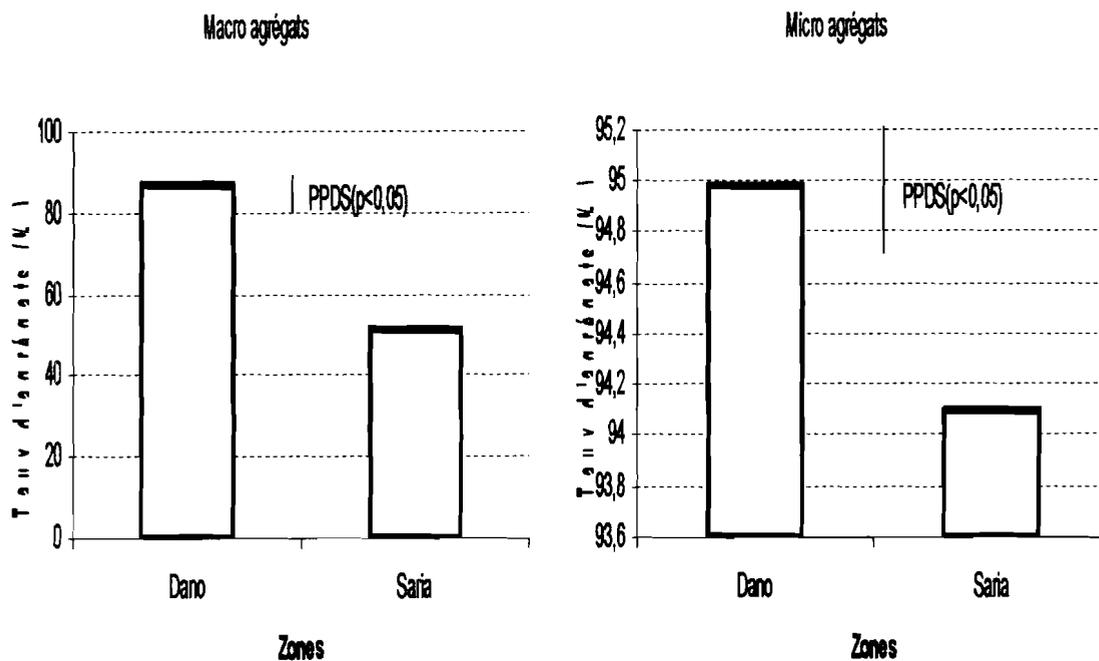


Figure 13 : Taux d'agrégats stables des parcelles de Dano et de Saria

II.1.2. Tamisage du sol à sec

Le tamisage des échantillons de sol à sec a montré que les sols de Saria étaient plus riches en éléments fins que ceux de Dano (Tableau 1). L'analyse granulométrique a montré que les sols de Saria étaient très sableux, cette fraction minérale fine est constituée en grande partie par les sables fins dans le cas de ces sols.

Le labour a entraîné une baisse non significative du taux d'éléments fins du sol (Tableau 2). En effet, le labour tout en modifiant la structure du sol, réduit la cohésion des particules et les rend transportables par le vent et les eaux de ruissellement. La stabilité des agrégats après tamisage à l'eau est un indicateur de la susceptibilité du sol à l'érosion hydrique, alors que le taux d'éléments fins après tamisage à sec est un indicateur de la susceptibilité du sol à l'érosion éolienne. ROOSE et *al.* (1974), cités par VLAAR (1992), en évaluant les charges de ruissellement ont montré qu'après une pluie l'érosion reprend plus rapidement sur les parcelles labourées que sur un site témoin. LAL (1989) a montré que le labour désorganisait la structure du sol de sorte que les fractions minérales fines sont facilement emportées par les vents. Ce phénomène est accentué en zone sahélienne à cause de la réduction progressive de la couverture végétale (KAYAMBO et *al.*, 1999). C'est ce qui explique la diminution des fractions minérales fines du sol après le labour.

Le taux de la fraction minérale de taille supérieure à 2mm à Dano s'explique par la nature gravillonneuse des sols de cette localité.

La teneur élevée en fractions minérales de taille comprise entre 0,05 et 2mm des sols de Saria serait due à la présence dans ces sols d'oxyhydroxides de fer qui auraient une corrélation positive avec la stabilité des sols (OUATTARA, 1994). BARTOLI et *al.* en 1988 ont montré que les oxyhydroxides de fer créent avec les argiles des associations argile-fer qui constitueraient un plasma qui enrobe et cimente le squelette sableux de la taille des limons et des sables fin

Tableau 1 : Répartition des différentes fractions minérales (%) dans les sols de Dano et de Saria

Taille des fractions	Dano	Saria	Probabilité (p)	PPDS
0 à 0.05mm	2,92	9,92	0,008	3,9
0.05 à 0.25mm	7,24	32,49	0,021	18,9
0.25 à 2mm	21,97	46,4	0,005	12,3
>2mm	67,87	11,19	0,007	31,3

Tableau 2 : Effets du labour sur la composition du sol en éléments fins

Taille des fractions	Travail du sol	Dano	Saria	Probabilité (p)	PPDS
0 à 0.05mm	Labouré	3,071	9,78	0,05	0,82
	Non labouré	2,78	10,21		
0.05 à 0.25mm	Labouré	7,76	30,87	0,05	3,05
	Non labouré	6.71	34,11		

II.2. Variation de la densité apparente sèche des sols

Le type de culture et l'association des cultures ont affecté différemment la densité apparente des sols à Saria. En effet les parcelles emblavées en niébé ont eu des densités plus élevées que celles emblavées en sorgho (Figure 14).

La baisse de la densité sur les parcelles de sorgho par rapport à celles de niébé pourrait être due au système racinaire fasciculé du sorgho. Les racines de sorgho dans leur développement peuvent créer plus de modification de la structure que les racines du niébé.

Les autres traitements n'ont pas eu d'effets sur la densité du sol. Cela pourrait s'expliquer par le fait que les mesures de densité ont été effectuées à l'aide d'un matériel de faible précision. Aussi les mesures ont été effectuées en fin de la campagne, plusieurs mois après les opérations de travail du sol. OUTTARA (1994) a montré à l'aide du densitomètre à membrane qui permet de mesurer des volumes de sol de l'ordre du dm^3 , que le labour entraînait une augmentation de la porosité du sol à travers une diminution de la densité par rapport au non labour et que cette différence s'estompait au cours du temps.

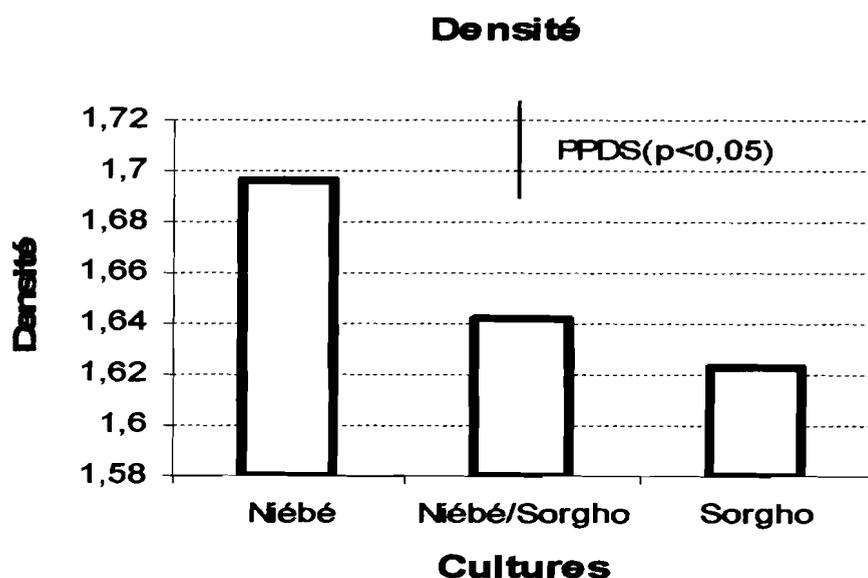


Figure 14 : Effets de la culture sur la densité du sol

III. La production de sorgho et de niébé

III.1. Effets du travail du sol sur la production de sorgho et de niébé

L'analyse statistique n'a pas révélée de différences significatives entre la production de Dano et celle de Saria. Les rendements moyens en grain de sorgho et de niébé ont été respectivement de 972 et 561 kg/ha ; ceux de la biomasse ont été respectivement de 2260 et 1714 kg/ha.

Les rendements en grain de sorgho et de niébé sur les parcelles labourées ont été significativement différents de celles des parcelles non labourées. Les productions grains ont été de 24% et 20% plus élevées sur les parcelles labourées que sur celles non labourées respectivement pour le sorgho et le niébé. En production de biomasse, un surplus de 24% en sorgho a été récolté sur le labour comparativement au non labour. Cependant il n'y avait pas eu de différence significative entre la production en biomasse du niébé des parcelles labourées et celle des parcelles non labourées (figures 15 et 16).

L'augmentation de la production sur les parcelles labourées s'explique par le fait que le labour ameublisse le sol. Le travail du sol augmente la porosité du sol et la quantité d'eau disponible tout en favorisant l'enracinement des plantes (NICOU et *al.*, 1990). Cet effet combiné de la disponibilité en eau et de l'amélioration du système racinaire contribue à améliorer l'alimentation hydrique et en nutriments de la culture. En région semi-aride la disponibilité en eau dans le sol pendant la croissance des cultures est un élément majeur de la productivité des cultures. PIERI en 1989 a montré que le labour stimule l'activité microbienne, accélérant ainsi la décomposition de la matière organique ce qui permet une bonne nutrition minérale des cultures entraînant ainsi l'accroissement de productivité.

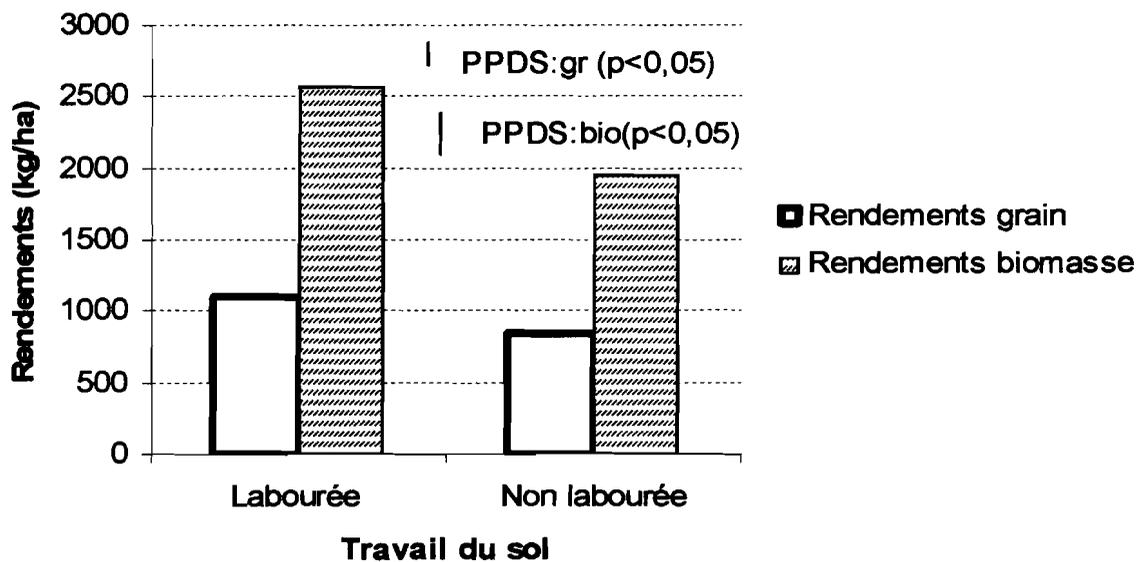


Figure 15 : Rendement du sorgho en fonction du travail du sol à Saria et à Dano.

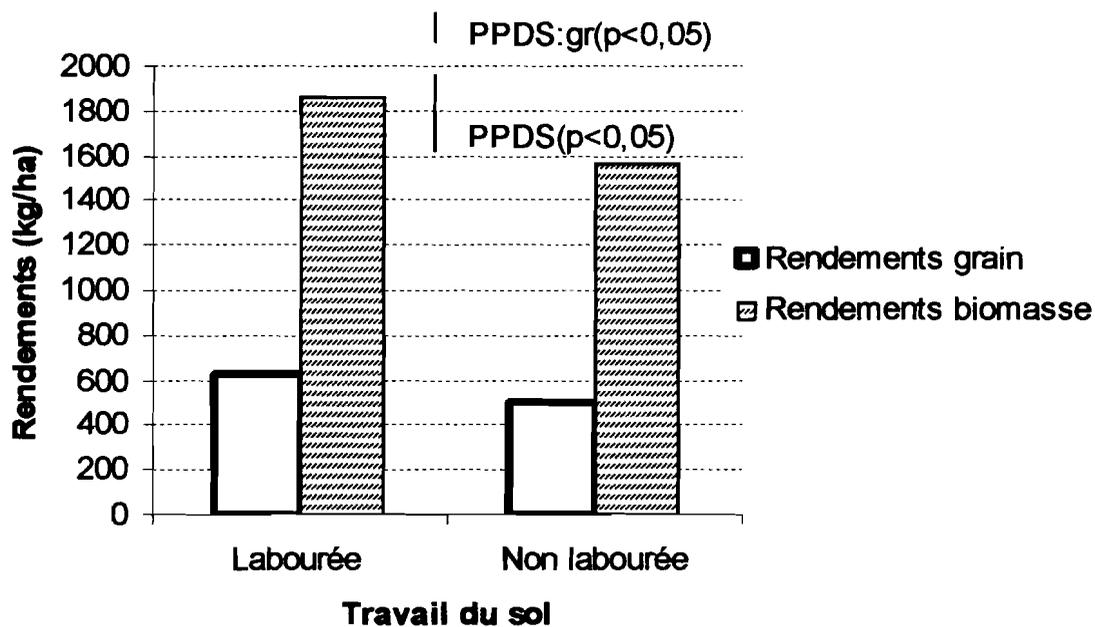


Figure 16: Rendements du niébé en fonction du travail du sol à Saria et à Dano.

III.2. Effets de l'application de la paille de sorgho sur la production de sorgho et de niébé

L'application de 2,5t/ha de paille n'a pas eu d'effets significatifs, comparativement à la parcelle sans apport de résidus sur la production de sorgho et de niébé aussi bien en grain qu'en biomasse (Figures 17 et 18).

Le paillage n'a pas eu d'effets sur la production du sorgho du fait que le sorgho est une plante exigeante en fumure azotée. Le paillage sans apport d'azote conséquent entraîne une faim d'azote car le rapport C/N de la paille de sorgho est très élevé. La paille de sorgho apporte une quantité importante d'acide paracoumarique qui inhibe la croissance et le développement du sorgho (Vilain M., 1989). TRAORE (1974) et SEDOGO (1981) lient l'effet dépressif de la paille à une réorganisation de l'azote par la microflore du sol et à une éventuelle toxicité due aux acides phénoliques produits au début de la décomposition de la paille. Il n'y a pas eu une augmentation de la teneur en carbone pour l'apport de paille (résultats précédents). La paille brute prendrait peut être plus de temps que les deux années d'existence du dispositif de notre étude pour modifier le statut organique du sol. L'enrichissement en carbone pourrait alors améliorer la CEC et la disponibilité des éléments minéraux permettant ainsi l'accroissement de la production.

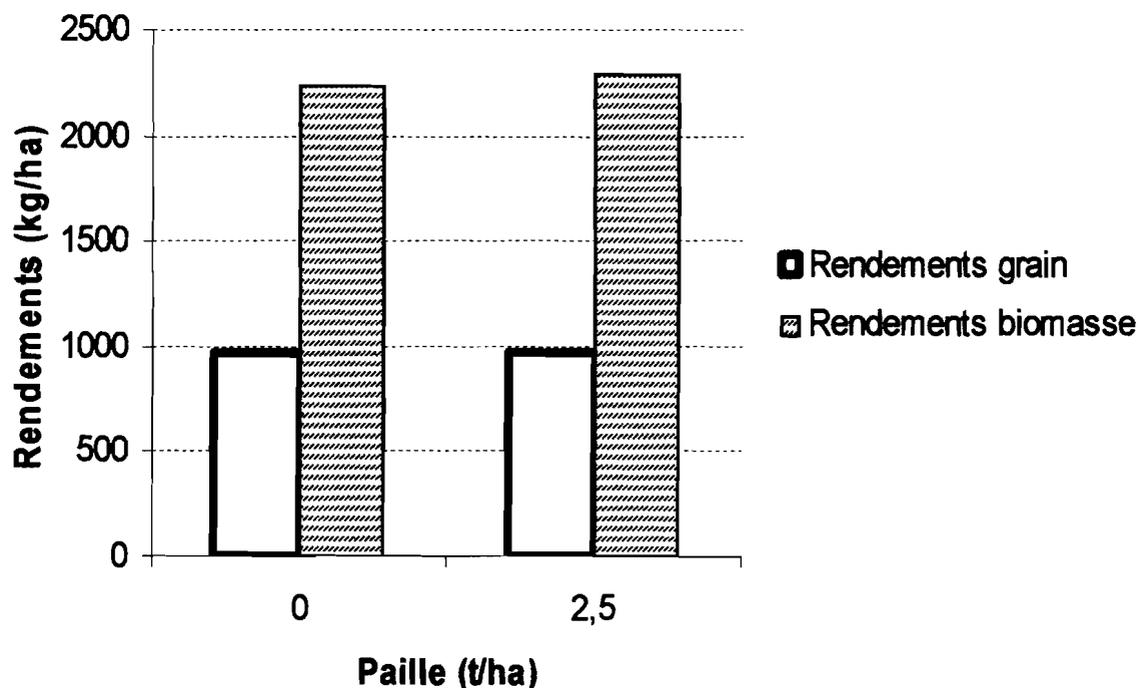


Figure 17 : Effets du paillage sur la production du niébé

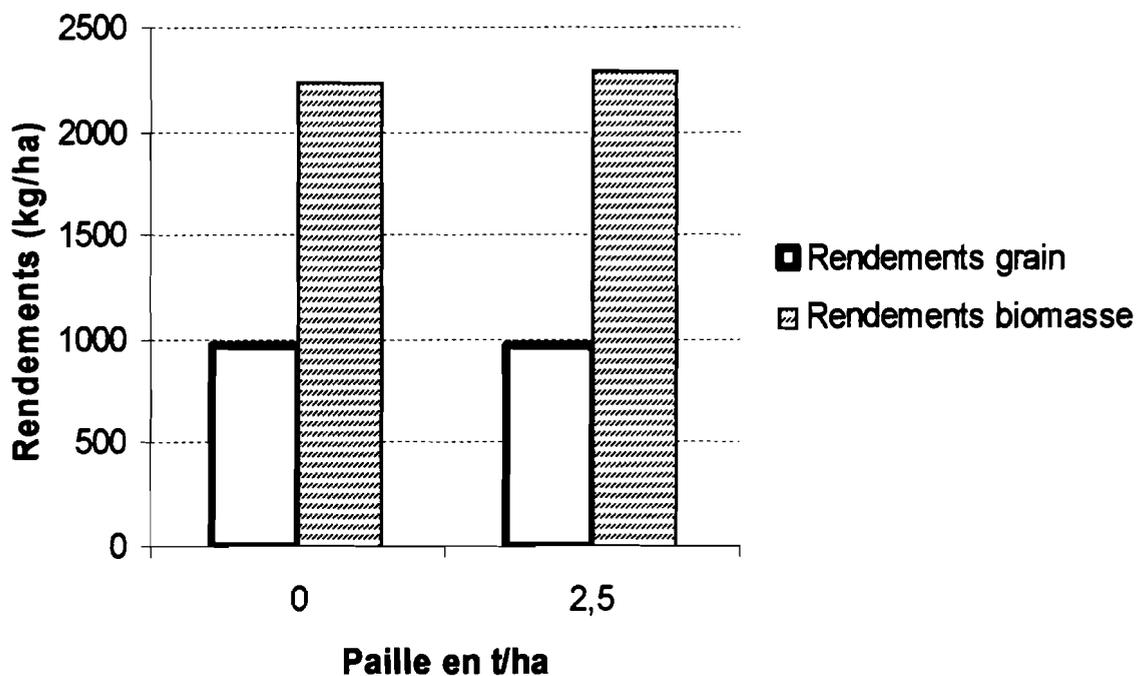


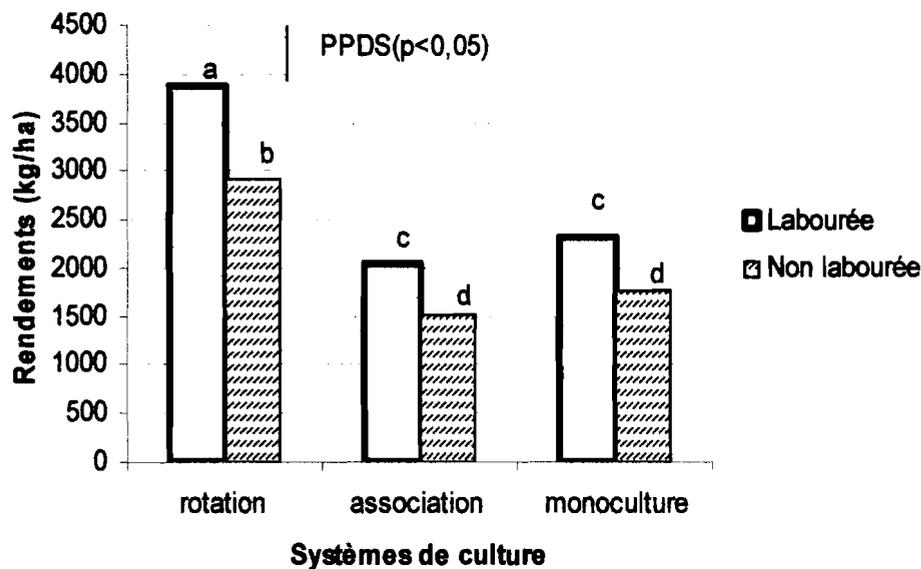
Figure 18 : Effets du paillage sur la production du sorgho

III.3. Effets des systèmes de culture sur la production du sorgho et du niébé

La production de sorgho a varié en fonction des systèmes de culture au seuil de 5%. La rotation sorgho/niébé a entraîné une augmentation de la production en grain et en biomasse par rapport à la monoculture du sorgho respectivement de 31 et de 40% (Figures 19 et 20).

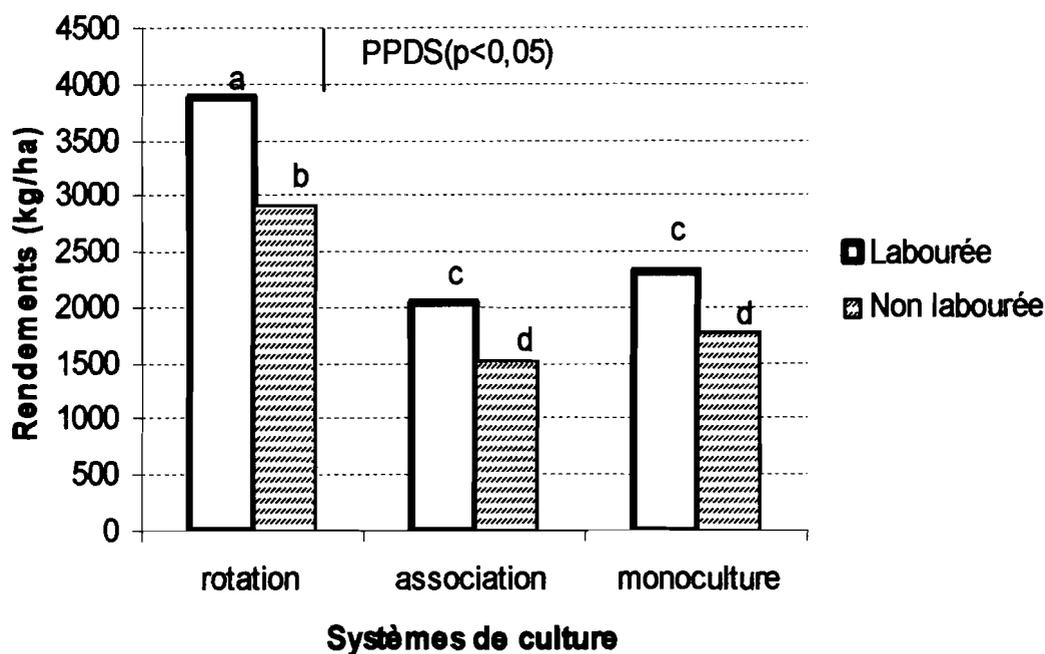
Le niébé est une légumineuse. Elle est donc capable de fixer l'azote atmosphérique et le mettre à la disposition des cultures. Quand il précède le sorgho, celui-ci profite du reliquat d'azote du niébé pour accroître sa production. L'alternance des cultures joue un rôle favorable sur la production du sorgho car le sorgho est un mauvais précédent pour lui-même, étant donné qu'il lui-même par la production de composés phénoliques (NICOU et CHOPART, 1973 cités par GUIRA, 1988). Les études de PICHOT et *al.*(1981), de SEDOGO (1981), de GUIRA (1988) et de SEDODO (1993) sur l'essai d'entretien de la fertilité de la station de Saria ont aussi montré que la rotation légumineuse-sorgho permettait d'améliorer la production du sorgho. L'arrière effet des légumineuses sur la production du sorgho a été confirmé par DELVIGNE (1996). L'agriculture de conservation permet donc une bonne gestion de la fertilité des sols à travers la rotation légumineuse-céréale.

Les productions en graine et en biomasse niébé ont été significativement différentes au seuil de 5% entre la culture pure de niébé et l'association sorgho – niébé. Les rendements ont été plus élevés en culture pure qu'en association de 44 et 56% respectivement pour la production en graine et celle en biomasse (Figure 21). Cela s'explique par le fait qu'en association le niébé occupe seulement 1/3 de la surface emblavée.



les colonnes ayant les mêmes lettres ne sont pas significatifs

Figure 19: Effets des systèmes de culture sur le rendement grain du sorgho



les colonnes ayant les mêmes lettres ne sont pas significatifs

Figure 20 : Effets des systèmes de culture sur le rendement biomasse du sorgho

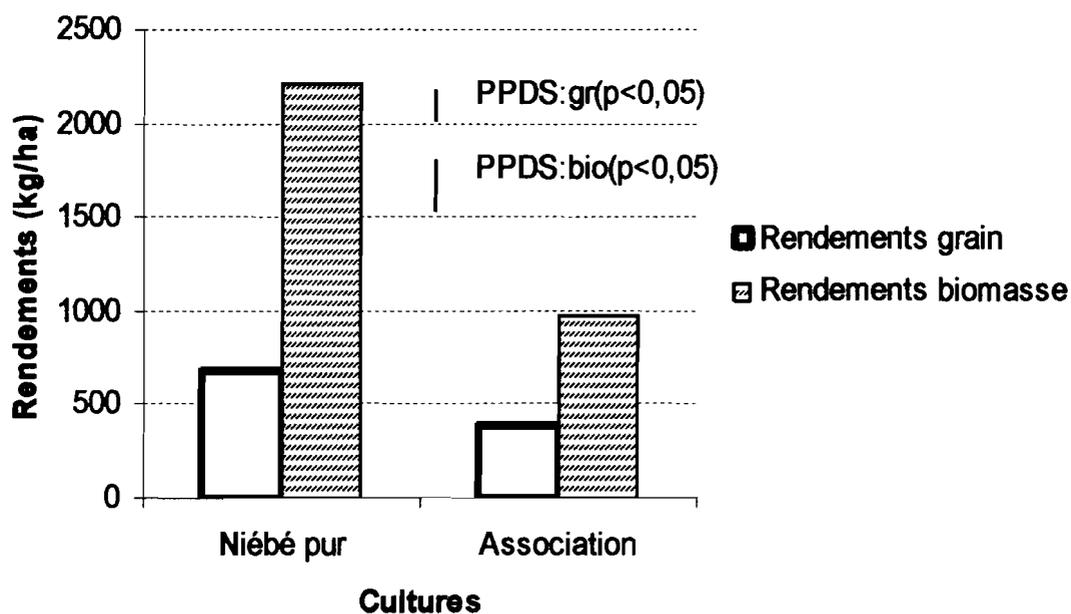


Figure 21: Effets des systèmes de culture sur la production du niébé

III.4. Effets du phosphate et de l'azote sur la production du sorgho et du niébé

L'apport de 25kg/ha de phosphore n'a pas eu de surplus significatif sur la production de sorgho et de niébé en comparaison avec l'absence phosphore (Tableau 3).

Le sorgho répond positivement à la fumure phosphatée. Cependant quand le sol présente une carence en azote cela entraîne une réduction de l'action du phosphate d'autant plus que l'azote assure une bonne croissance à la plante. Si on admet avec SOLTNER (1994) que le résiduel de l'azote est nul après une culture de céréale ; cette pauvreté des sols explique la faible réponse du sorgho à l'apport de 25kg/ha de phosphate.

L'apport de 40kg/ha N n'a pas eu d'effets significatifs sur la production du niébé. La nature légumineuse du niébé fait d'elle, une plante qui répond faiblement à la fumure azotée. Elle a plutôt besoin de phosphate pour soutenir effet de l'azote qu'elle a sur la production.

Sur le sorgho, les doses croissantes d'azote (0kg/ha, 20kg/ha, 40kg/ha et 60kg/ha) ont entraîné une augmentation, aussi bien de la production en grain que de la production en biomasse (Figures 22 et 23). Des résultats semblables ont été trouvés par TRAORE en 1974 et PICHOT.

L'azote est le pivot de la fumure des céréales (IRAT, 1976). Les résultats agronomiques de l'IRAT (1976) et ceux de PICHOT et *al.* montrent que l'augmentation du rendement du sorgho va de paire avec les doses d'azotes. Cependant, l'apport de cet élément ne suffit pas à lui seul pour permettre une augmentation considérable du rendement, il agit bien quand les carences des autres éléments majeurs sont corrigées.

Tableau 3 : Effets de l'apport du phosphate sur la production du sorgho et du niébé

Culture		Phosphate (kg/ha)		probabilité	PPDS
		0	25		
Sorgho	Rdt graine (kg/ha)	876	984	0,28	200,5
	Rdt biomasse (kg/ha)	2331	2253	0,75	497,5
Niébé	Rdt graine (kg/ha)	1513	1573	0,43	151
	Rdt biomasse (kg/ha)	1747	1853	0.51	509,7

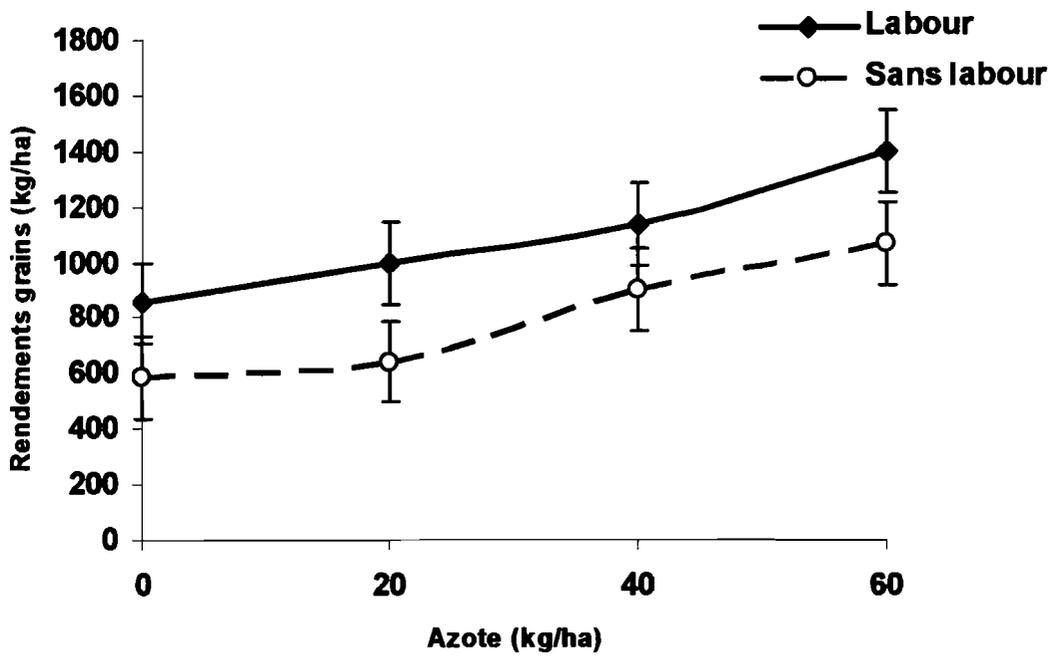


Figure 22 : Effets de l'azote sur la production en grain du sorgho

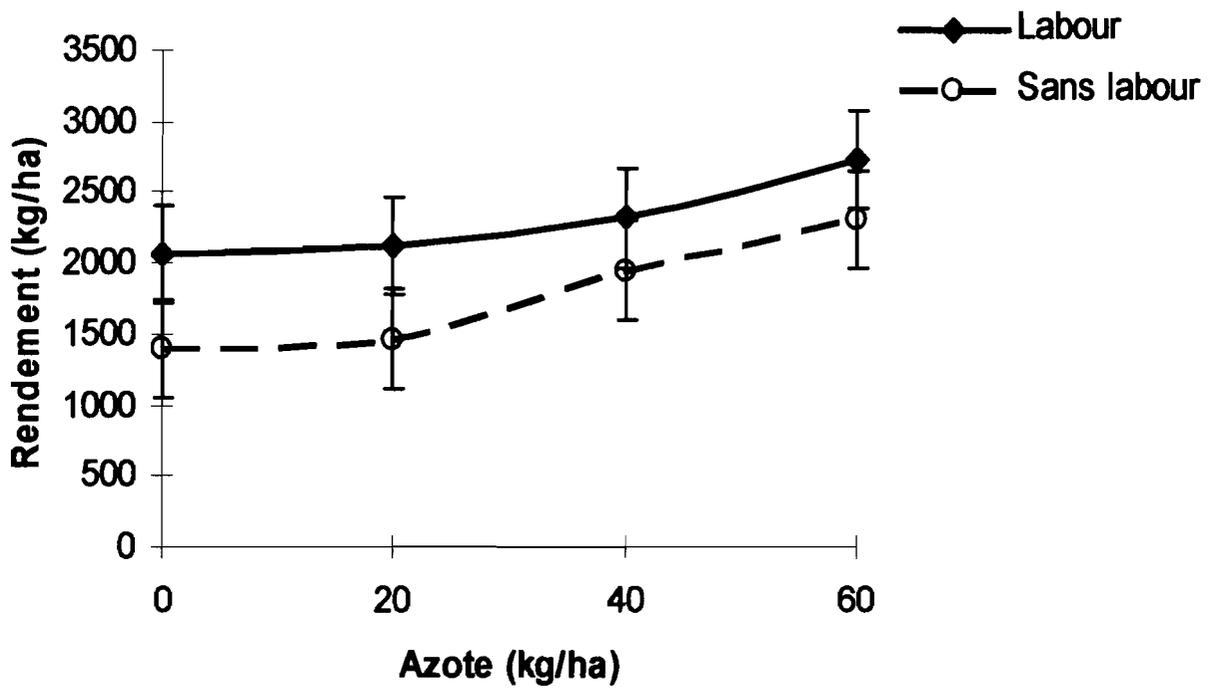


Figure 23 : Effets de l'azote sur la production biomasse du sorgho

Conclusion et perspectives

Il est ressorti de l'étude sur l'agriculture de conservation dans les systèmes de culture à base de sorgho dans les zones centre et sud ouest du Burkina Faso que :

- (i) le labour conventionnel a entraîné une augmentation de la production du sorgho et du niébé respectivement de 24 et 20%, une baisse de la stabilité structurale de 6% à Dano et une réduction du taux de carbone du sol de 11% à Dano, tandis qu'à Saria il n'a pas eu d'effets sur la stabilité structurale et le taux de carbone du sol.
- (ii) La rotation niébé/sorgho permet une augmentation de la production du sorgho de 31% par rapport à la monoculture du sorgho.
- (iii) L'utilisation du niébé comme plante de couverture a permis une meilleure conservation de la structure du sol et une augmentation du taux du carbone du sol de 10%.
- (iv) L'apport de doses croissantes d'azote a induit une augmentation de la production du sorgho.
- (v) Le paillage n'a pas eu d'effets sur la production car la durée de l'étude n'a pas permis la décomposition de la paille.

Au vu de ces résultats, l'agriculture de conservation permet donc de répondre à la double préoccupation de maintenir la productivité des champs (voir accroître) tout en préservant les ressources naturelles. Elle est spécifique à des sites et à des conditions du sol, elle ne doit pas être la seule mesure au risque d'entraîner des baisses de rendement. Pour être efficace elle devra s'accompagner par une utilisation de matière organique bien décomposée et d'engrais minéraux.

Cependant l'essai doit être suivi dans la durée pour permettre une meilleure appréciation des effets du labour et du paillage sur les rendements l'état structural et la fertilité chimique du sol. Des études doivent être menées pour permettre une évaluation des effets de l'agriculture de conservation sur l'état de surface du sol, sur la microfaune du sol et sur les retombés économiques de l'agriculture de conservation par rapport à celles de l'agriculture conventionnelle.

BIBLIOGRAPHIE

AMBOUTA K. J.-M., MOUSSA B.I., OUSMANE D. S., 1999. Réhabilitation de la jachère dégradée par les techniques de paillage et de zaï au Sahel. In ch. FLORET. R., PONTANIER volume I, (Es.), JOHN L. E. la jachère en Afrique tropicale, Rôles, Aménagement, Alternatives, Dakar, pp. 751 – 759.

ARRIVETS J., 1974. Fertilisation des variétés locales de sorgho sur les sols ferrugineux tropicaux du plateau mossi (H.V.) Doc. IRAT/H.V. 34p.

BENITES J. R. et ASHBURNER J. E. (FAO), 2001. FAO's role in promoting Conservation Agriculture, Keynote contributions "First World Congress on Conservation Agriculture; 1-5 October 2001". Madrid (SP). ECAF – FAO, pp: 132 – 147.

BLOIN M., PHILIPPY R., et BARTOLI F., 1990. Dossier de valorisation d'un prototype de désagrégation des sols. Enveloppe Soleau n° 37038(?) Institut National de la Propriété Industrielle, Paris.

BONZI M., 1989. Etudes des techniques de compostage et évaluation de la qualité des composts : effets des matières organiques sur les cultures et la fertilité du sol. Mémoire de fin d'études ISN/IDR. Univ. de Ouagadougou, 66p.

BUNASOLS, 1985. Etat de reconnaissance de la fertilité des sols du Burkina Faso, document technique n°1. 50p.

CASENAVE A. et VALENTIN C., 1989. Les états de surface de la zone sahéenne. Influence sur l'infiltration. Ed. ORSTOM, 230p.

CHANTEREAU J. et NICOU R., 1991. Le sorgho : Le technicien d'agriculture tropicale. Numéro 18. Ed. Agence de Coopération Agricole et Rurale, Maisonneuve et Larose. 159p.

CONCRET J., 1967. Etude des mécanismes de la destruction des agrégats de terre au contact de solutions aqueuses. Ann. Agron. 18 (1). pp. 65-90.

DELVIGNE L. D., 1996. Gérer la fertilité des terres dans les pays du sahel, 397p.

DEXTER A. R., KROESBERGEN B., et KUIPERS H., 1984. Some mechanical properties of aggregates of tropical soils from the Isselmeer polders. I. Undisturbed soil aggregates. Netherlands Journal of Agric. Science, 32, pp.

Direction Générale de l'Economie et de la Planification du sud ouest / Gaoua, 2000. Monographie de la province du Ioba, Rapport Définitif, 83p.

FAO, 1988. FAO production yearbook 42. Collection FAO, Statistique, Rome, 350p.

FONTES J. et GUINKO S., 1995. Carte de végétation et de l'occupation du sol du Burkina Faso. Notice explicative. 67p.

- FULGLIE K. O., 1999. Conservation tillage and pesticide use in the Corn Belt. *Journal of Agricultural and Applied Economics* 31 (1), pp. 133 - 147.
- GARCIA – TORRES L., BENITES J., MARTINEZ – VILELA A., HOLGADO – CABRERA A., 2003. Conservation agriculture: Farmers experiences, Innovation, Socio – economy, policy. Kluwer Academic publishers, Boston, USA. p. ?
- GIGOU J., 1988. Les céréales dans les systèmes de culture des régions semi-arides d'Afrique de l'ouest. Dans : Le futur des céréales photopériodiques pour une production durable en Afrique tropicale semi- aride. LAURA, B., F-N. REYNIER (Ed). Coéditions Ce.S.I.A/CIRAD. pp. 163-174.
- GNANKAMBARY Z., SEDOGO M. P., HIEN V. et LOMPO F., 1999. Determination du facteur de correction de la méthode de Walkley et Back pour le dosage du carbone organique dans les sols ferrugineux tropicaux du Burkina Faso. Communication aux cinquièmes journées annuelles SOAChim. 2-7 août, Niamey, 5p.
- GODEFROY J. et JACQUIN F., 1975. Relation entre stabilité structurale des sols cultivés et les apports organiques en conditions tropicales ; comparaison avec les sols forestiers. *Fruits*, 30 (10), pp. 595-613.
- GUINKO S., 1984. Végétation de la Haute Volta tome1. Thèse de doct. ès-sciences naturelles. 318p.
- GUIRA T., 1988. Intensification de la culture du sorgho en sol ferrugineux. Etude des effets induits des techniques culturales sur la fertilité des sols. Mémoire de fin d'études ISN/IDR. Univ. de Ouagadougou, 96p.
- HOOGMOOED B. W., 1999. Tillage for soil and water conservation in the semi – arid tropics. *Tropical resources management papers*, 24. Wageningen Agriculture University, Wageningen, 184p.
- IBRD, 1989. Sub-Sahara Africa – from crisis to sustainable developpement – a long term perspective. World Bank, Washington, DC, 300p.
- IRAT, 1976. Rapports agronomiques 1966 à 1976. *Which page - edition?*
- JENNY F., 1963. Etude agropédologique des stations de Saria et de Farako-bâ. Rapport IRAT/Haute-Volta, 144p.
- KAYAMBO R., ELLIS-JONES J., MARTIN H. L., 1999. Indigenous conservation tillage systems in east Africa with an example of their evaluation from south west Tanzania. In: KAUMBUTHO P.G.,SIMALENGA T. E. (Eds); Conservation Tillage with Animal Traction. ATNESA, Harare, Zimbabwe, pp.89 – 106.

KEMPER W. D. et ROSENO R. C., 1986. Aggregate Stability and Size Distribution. In: Kulte (Ed.) Methods of soil analysis, part 1. Agronomy monographs n°9, A.S.A. Madison. pp. 425-443.

KHERABI D. et MONNIER G., 1968. Etude expérimentale de l'influence de la composition granulométrique des terres sur leur stabilité structurale. Annales Agronomiques, 19 :129-152.

LAL R., 1989. Conservation tillage for sustainable agriculture tropics versus temperate environments. Adv. Agron. 42. 185-197.

LE BISSONNAIS Y., 1988. Comportement d'agrégats terreux soumis à l'action de l'eau : analyse des mécanismes de désagrégation. Agron. Trop., 8 (10) : 915-924.

LE BISSONNAIS Y., et LE SOUDER C., 1995. Mesurer la stabilité structurale des sols pour évaluer leur sensibilité à la battance et à l'érosion. Agron. Trop., 13p.

LOADA S. M., 2002. Effets des systèmes de culture sur les états structuraux des sols dans la zone cotonnière ouest du Burkina Faso (terroir de Bondoukuy). Mémoire d'ingénieur, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, 95p.

LUTZ J. F., 1966. Effects of phosphorus on some physical property of soils: water retention. pp. 433 – 437.

MANDO A., ZOUGMORE R., ZOMBRE N. P. et HIEN V., 2000. Réhabilitation des sols dégradés dans les semi - arides de l'Afrique Subsaharienne. In : La jachère en Afrique, FLORET C. et PONTANIER R., (EDS) ; JOHN Lebbey, Paris (sous presse).

MIETTON R., 1988. Dynamique de l'interface lithosphère – atmosphère au Burkina Faso. Contribution géomorphologique à l'étude de l'érosion en zone tropicale de savane, Thèse Doct. Univ. Grenoble. *proy.*

MONNIER G., 1965. Action des matières organiques sur la stabilité structurale des sols. Ann. Agron., 16. pp. 471-534.

NICOU R., 1977. Le travail du sol dans les terres exondées du Sénégal. Motivations – Contraintes. Bambey, ISRA – CNRA, 51p.

NICOU R., OUATTARA B. et SOME L., 1990. Effets des techniques d'économie de l'eau dans la parcelle sur les cultures céréalières (sorgho, mil, maïs) au Burkina Faso. Agron. Trop., XXIX (11), pp. 1101 – 1126.

OKOBA B., TWOMLOW S. J., MUGO C., 1998. Evaluation of indigenous soil and water conservation technologies for runoff and soil loss control in semi – Mbeere District, Kenya. *proy.*

OUATTARA B., 1994. Contribution à l'étude de l'évolution des propriétés physiques d'un sol ferrugineux tropical sous culture : pratiques culturelles et états structuraux du sol. Thèse de docteur – ingénieur, Université nationale de côte d'Ivoire, 153p.

- SOLTER D., 1994. LES bases de la production végétale. Collection Sciences et Techniques agricoles. 20^e édition, Tome I, 467p.
- SOME L., 1989. Diagnostic agropédologique du risque de sécheresse au Burkina Faso. Etude de quelques techniques agronomiques améliorants la résistance sur les cultures de sorgho, de mil et de maïs. Thèse Doctorat, ULTL Montpellier, 268p.
- SOULE M. J., TEGENE A., WIEBE K.D., 2000. Land tenure and the adoption of conservation practices. American journal of Agricultural Economics 82 (4), pp. 993 - 1005.
- TRAORE M. F., 1974. Etude la fumure minérale azoté intensive des céréales et du rôle de la matière organique dans la fertilité des sols du Mali. Agro. Trop. Vol. XXIX, n°5. pp. 567-586.
- VILAIN M., 1989. La production végétale volume2 : la maîtrise technique de la production, Technique et Documentation – Lavoisier, 361p.
- VLAAR J. C. J. (Eds), 1992. Les techniques de conservation des eaux et des sols dans les pays du Sahel. Rapport d'étude CIEH – UAW, Wageningen, Pays – Bas. 99p.
- WORLD BANK, IFDC, ICRAF, 1994. Feasibility of phosphate rock use as a capital investment in sub – Saharian Africa, issues and opportunities.79p.

Annexes

Granulométrie des échantillons de base des parcelles expérimentales

Zone	Producteur	A (%)	LF (%)	LG (%)	SF (%)	SG (%)
Saria	Station	8,75	6	25,1	24	36,15
Saria	Amado	5,5	7	26	27,55	33,95
Saria	Alphonse	6	7,5	18,3	19,55	48,65
Saria	Aly	5,25	5,25	15,05	31,15	43,3
Dano	Bloc1	11,75	11,75	19,75	15,5	41,25
Dano	Bloc2	13,75	14,5	22	16,1	33,65