

BURKINA FASO
Unité-Progrès-Justice

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

**UNIVERSITE POLYTECHNIQUE DE
BOBO-DIOULASSO**

**CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE ET TECHNOLOGIQUE**

INSTITUT DU DEVELOPPEMENT RURAL

**INSTITUT DE L'ENVIRONNEMENT ET DE
RECHERCHE AGRICOLE**

17011
893 6911

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

**présenté en vue de l'obtention du
DIPLOME D'INGENIEUR DU DEVELOPPEMENT RURAL
OPTION : AGRONOMIE**

**EFFETS COMBINES DU TRAVAIL DU SOL ET DES AMENDEMENTS
ORGANIQUES SUR LA FERTILITE D'UN SOL FERRUGINEUX
TROPICAL LESSIVE DANS LA REGION DE SARIA
(zone centre du Burkina Faso)**

Directeur de mémoire : Dr BACYE Bernard
Maîtres de stage : Dr OUATTARA Badiori
Dr MANDO Abdoulaye

Juin 2000

ZANGRE B. V. C. Adolphe

A ma famille pour tous les efforts consentis à mon égard

TABLE DE MATIERES

REMERCIEMENTS.....	i
LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS.....	iii
LITES DES TABLEAUX.....	iv
LITES DES FIGURES.....	v
RESUME.....	vi
ABSTRACT.....	vii
INTRODUCTION GENERALE.....	1
Chapitre I : Etude bibliographique : Rôles du travail du sol et des amendements organiques	
dans la gestion de la fertilité des sols.....	4
1. 1 DÉFINITION DU CONCEPT DE FERTILITÉ DES SOLS.....	4
1.2 AMÉLIORATION DE LA FERTILITÉ.....	5
1.2.1 <i>Les formes d'amendements organiques</i>	5
1.2.2 <i>Amendements organiques et dynamique de la matière organique</i>	6
1.2.3 <i>Amendements organiques et propriétés physiques, biologiques des sols</i>	7
1.2.4 <i>Contraintes d'utilisation des amendements organiques</i>	9
1.3 TRAVAIL DU SOL.....	9
1.3.1 <i>Généralités</i>	9
1.3.2 <i>Travail du sol et physique des sols</i>	10
1.3.3 <i>Travail du sol et dynamique de la matière organique</i>	11
1.3.4 <i>Travail du sol et développement des cultures</i>	12
1.4 CONCLUSION.....	15
Chapitre II : Présentation du milieu d'étude et dispositif expérimental.....	17
2.1 MILIEU D'ÉTUDE.....	15
2.1.1 <i>Situation géographique</i>	15
2.1.2 <i>Le climat</i>	15
2.1.2.1 <i>Les précipitations</i>	15

2.1.2.2 Les températures	17
2.1.2.3 La demande évaporative	17
2.1.2.4. Les vents	17
2.1.3 <i>La végétation</i>	18
2.2 DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL	18
2.2.1 <i>Les caractéristiques physiques des sols</i>	18
2.2.2 <i>Les caractéristiques chimiques des sols</i>	19
2.2.3 <i>Description du dispositif expérimental</i>	20
2.2.4 Gestion des parcelles.....	21

Chapitre III : Etude des effets du travail du sol et de la fumure organique sur les propriétés

physiques et hydrodynamiques des sols.....	21
3.1. MATÉRIELS ET MÉTHODES	24
3.1.1. <i>Mesure de l'infiltration</i>	24
3.1.2 MESURE D'HUMIDITÉ	25
3.1.3 MESURE DE RÉSISTANCE MÉCANIQUE DU SOL À LA PÉNÉTRATION	27
3.1.4 <i>Analyse statistique</i>	27
3.2 RÉSULTATS ET DISCUSSIONS	28
3.2.1 <i>Infiltration</i>	28
3.2.2 <i>Humidité</i>	32
3.2.3 <i>Résistance mécanique du sol à la pénétration</i>	35

Chapitre IV. Etude des effets du travail du sol et de la fumure organique sur la minéralisation

du carbone et la biomasse microbienne du sol.	41
4.1. MATÉRIELS ET MÉTHODES	42
4.1.1 <i>Dosage du carbone</i>	42
4.1.2 <i>Les tests de respirométrie</i>	43
4.1.3 <i>Analyse statistique</i>	45
4.2 RÉSULTATS ET DISCUSSIONS	45
4.2.1 <i>Evolution du dégagement journalier de CO₂</i>	48

4. 2.2 <i>Le carbone total (C) et la minéralisation du carbone l</i>	48
4.2.3 <i>Biomasse microbienne</i>	55
Chapitre v : Etude des effets du travail du sol et de la fumure organique sur le développement et le rendement des cultures.	57
4.1 MATÉRIELS ET MÉTHODES	57
4.1.1 <i>Mesure de la croissance végétative du sorgho</i>	57
4.1.2 <i>Observations de la phénologie du sorgho</i>	58
4.1.3 <i>Evaluation du rendement du sorgho</i>	58
4.2 RÉSULTATS ET DISCUSSIONS	59
4.2.1 <i>Croissance caulinaire du sorgho</i>	59
4.2.2 <i>Observations sur les dates d'épiaison</i>	62
4.2.3 <i>Rendement et composantes du rendement</i>	63
CONCLUSION GENERALE.....	69
BIBLIOGRAPHIE	71

REMERCIEMENTS

Le présent document même s'il est à mon actif, est avant tout le fruit des contributions de plusieurs personnes physiques et morales. Qu'il me soit permis à travers ces lignes, d'adresser à tous mes remerciements. Cependant , je voudrais formuler une mention spéciale :

⇒ Au Dr Badiori OUATTARA, Chef du CREAM/Kamboinsé et à Dr Abdoulaye MANDO, initiateur de cette étude pour l'assistance technique et matérielle qu'ils nous ont accordée pendant ce stage. Je leur dis également grand merci pour tous les énormes efforts consentis pour mon encadrement.

⇒ Au Dr Bernard BACYE, notre directeur de mémoire qui malgré ses multiples occupations a bien voulu diriger ce travail. Ses conseils enrichissants, son attention particulière à notre égard et ses encouragements nous ont permis d'enrichir énormément le présent mémoire. Je lui exprime ma profonde gratitude.

⇒ Au chef de département GRN/SP, Dr Francois LOMPO pour nous avoir accepté au sein du département.

⇒ A tous les chercheurs de la station de recherche de Saria, en particulier Mr Korodjouma OUATTARA, Robert ZOUGMORE, au DR du centre, Dr Louis OUEDRAOGO ; au chef de programme GRN/ SP centre, Dr Sibiri Jean-Baptiste TAONDA à qui je dis grand merci pour sa disponibilité, ses conseils et pour nous avoir initié aux analyses statistiques.

⇒ A tout le personnel de Saria avec qui j'ai partagé les premières expériences d'une vie professionnelle en particulier le technicien Adama ZONGO ; je dis merci.

⇒ Aux responsables des laboratoires Sol-eau-plante de GRN/SP, du laboratoire de microbiologie du département production forestière de l'INERA.

J'adresse également mes remerciements à la direction de l'Antenne Sahélienne et à son personnel pour les facilités matérielles qu'elle nous ont accordées. Je n'oublie pas particulièrement Monsieur Moumini Savadogo. Nous lui devons certaines connaissances en matière d'analyse statistique.

Je ne saurai terminer sans remercier THIOMBLANO Patrice, SORGHO Hermann, KONATE Papa Sosthène pour l'amitié, le soutien et les conseils d'ainés qu'ils nous ont prodigués.

En ces dernières lignes, je voudrai souhaiter plein succès à tous mes promotionnaires de l'IDR avec qui j'ai partagé la vie estudiantine en particulier Hugues, Philippe, Ngaye. Je leur formule mes vœux de réussite dans leur vie future.

Merci également à tous les ami(e)s et tous ce qui m'ont soutenu durant mes études. Qu'ils trouvent ici l'expression de ma profonde reconnaissance.

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

BUNASOLS : Bureau National des Sols

FAO : Fond des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture

INERA : Intitut de l'environnement et de Recherche Agricole

SPSS : Software Package of Social Science

LISTE DES TABLEAUX

Liste	Page
Tableau I : Caractéristiques physico-chimiques des sites de Saria.....	19
Tableau II : Opérations culturales effectuées sur l'essai.....	22
Tableau III : Effets des traitements sur les temps d'imbibition du sol.....	28
Tableau IV : Effets des traitements sur les paramètres de l'équation (1)	28
Tableau V : Effets des traitements sur le coefficient de dessèchement du sol dans l'horizon 0-20 cm.....	35
Tableau VI : Effets des traitements sur la teneur en carbone du sol, le cumulé total et le TMG.....	48
Tableau VII : Analyse comparative des paramètres du modèle utilisé pour la cinétique de minéralisation du carbone.....	52
Tableau VIII : Effets des traitements sur la biomasse microbienne.....	53
Tableau IX : Equation d'une régression multiple entre les facteurs de traitements et la biomasse microbienne.....	55
Tableau X : Effets des traitements sur la croissance du sorgho à différentes dates.....	60
Tableau XI : Dates d'épiaison en nombre de jours (JAS) en fonction des traitements.....	62
Tableau XII : Effets des traitements sur le rendement et ses composantes	63
Tableau XIII : Equation d'une régression multiple entre les facteurs de traitements et le rendement du sorgho	65
Tableau XIV : Matrice de corrélation entre paramètres physico- chimiques et rendement du sorgho	67

LISTE DES FIGURES

Liste	Page
Figure 1 : Pluviométrie annuelle de Saria 1999.....	16
Figure 2 : Evolution de la pluviométrie à Saria 1989-1999.....	16
Figure 3 : Régimes d'infiltration au niveau des différentes parcelles.....	32
Figure 4 : Evolution temporelle du stock d'eau dans la couche 0-80 m.....	32
Figure 5a : Courbes de la résistance mécanique du sol à la pénétration au 04-10-99.....	36
Figure 5b : Profil pénétrométrique au 06-10-99.....	36
Figure 5c : Profil pénétrométrique au 08-10-99.....	37
Figure 5d : Profil pénétrométrique au 10-10-99.....	37
Figure 5e : Profil pénétrométrique au 12-10-99.....	38
Figure 5f : Régression entre l'humidité et la résistance mécanique du sol à la pénétration.....	39
Figure 6 : Evolution du dégagement journalier du C- CO ₂	46
Figure 7 : Evolution cumulée du C- CO ₂ dégagé pendant l'incubation.....	50
Figure 8 : Croissance caulinaire du sorgho.....	59

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 trouver des modes de gestion assurant au mieux le maintien et/ou l'amélioration de la fertilité des sols, un essai scientifique a été installé à Saria, au centre du Burkina Faso (12° 16' N de latitude, 2° 9' W de longitude).

L'essai a porté sur l'évolution de la fertilité d'un sol ferrugineux tropical lessivé soumis aux effets combinés du travail du sol et des amendements organiques. Un dispositif en *blocs Fisher* avec quatre traitements (grattage, grattage + fumier, labour, labour + fumier) en trois répétitions, a été utilisé.

Sur chacune des parcelles, les paramètres suivants ont été évalués : infiltration, humidité du sol, résistance mécanique du sol à la pénétration, minéralisation du carbone, biomasse microbienne et les performances du sorgho (développement et rendement).

Les résultats obtenus montrent que la mise en culture d'une jachère ou friche entraîne une dégradation des propriétés physiques et hydrodynamiques du sol. Les labours annuels réduisent la capacité d'infiltration du sol. En effet, une réduction de 28 % du temps d'imbibition du sol est observée sur les parcelles labourées après dix ans de culture. Les labours annuels modifient aussi négativement l'état d'ameublissement du sol. Une baisse du stock organique de 17% et de l'activité biologique du sol ont été observées pendant la même période suite aux labours annuels sans apport de fumier comparativement à des grattages superficiels sans fumier. Toutefois, les apports annuels de 10T/ha de fumier aux parcelles labourées et grattées permettent d'améliorer le statut physique, biologique et de la productivité du sol par rapport aux parcelles sans apports organiques sans toute fois réussir à maintenir les qualités du sol au niveau d'avant mise en culture.

La pratique de la jachère et l'emploi des amendements organiques dans la gestion de la fertilité des sols apparaissent alors comme des moyens pouvant contribuer à réaliser une agriculture durable dans les zones soudano-sahéliennes.

MOTS-CLES :

labour à plat, amendements organiques, zone soudano-sahélienne, état d'ameublissement, infiltration, minéralisation du carbone, jachère, fertilité.

ABSTRACT

Human induced-degradation of natural resources in general and soil degradation in particular, is a major problem in soudano-sahelian zones. In order to find efficient soil management practices that maintain and/or improve soil fertility, research was conducted in Saria, at a research station which is located in the center of Bukina Faso (12° 16' N , 2° 9' W).

The research subject was on combin effects of different tillage and organic input of ferruginous leached tropical soil. A Fisher blocs design with four treatments (scratching, scratching + manure, ploughing, ploughing + manure) and three replications was used.

On each plot, the following parameters were assessed : infiltration, soil mechanical resistance to the penetration, moisture content, carbon mineralization, microbial biomass and crop performances.

It came out that cultivation of land under fallow or primary forest induces soil physical and hydrodynamic degradation. Annual ploughing reduces soil infiltration capacity. Pounding time is 28 % lower in ploughed plots after ten years of cultivation. Annual ploughing also has a negative effect on the soil loosen state. The soil organic matter decomposition rate was 17 % lower on the annual ploughed without manure compared to scratching without manure. However , annual inputs of 10 T/ha of manure in the ploughed and scratched plots permitted to improve physical and biological soil properties, but initial soil qualities could not be maintained in any case.

The pratice of fallowing and use of organic inputs in soil fertility management, can contribute to the sustainability of the agricultural system in the soudano-sahelian zones.

KEY-WORDS

ploughing, organic inputs, infiltration, carbon mineralization, soudano-sahelian zone, microbial biomass, crop performances.

INTRODUCTION GENERALE

La dégradation des ressources naturelles, particulièrement celle des sols demeure de nos jours un problème majeur pour le développement agro-sylvo-pastoral des zones soudano-sahéliennes (PONTANIER *et al.*, 1995 ; LAL, 1997). Elle se révèle depuis le début du 20^è siècle comme un phénomène rapide (DUGUE et YUNG, 1992 ; TAONDA, 1996 ; MANDO et STROOSNIJDER., 1999) qui affecte la productivité des espaces agricoles de ces régions soumises à une baisse continue de fertilité (MANU, 1997). La FAO (1988) rapportait que si des mesures de conservation des terres n'étaient pas entreprises, 544 millions d'ha de terres arables seraient perdues et une grande partie des terres restantes perdrait sa fertilité. Au Burkina Faso, les études révèlent que les teneurs en matière organique de la plupart des sols ont décliné jusqu'à un seuil critique, moins de 1% de teneur en matière organique (SEDOGO, 1993 ; BUNASOLS, 1985).

Les phénomènes de dégradation de ces sols sont causés par la conjugaison des modes de gestion de l'espace agricole et des conditions climatiques (PIERI, 1989 ; MANDO *et al.*, 2000). En effet, les modes de gestion de ces espaces agricoles se résument à une agriculture extensive sans apport de fertilisants.

La dégradation dans ces zones est liée à trois processus majeurs qui sont l'érosion, l'encroûtement et l'appauvrissement des sols en éléments minéraux (MANDO et STROOSNIJDER, 1999). Selon MARSHAL (1986), la dégradation peut être formulée en ces termes :

- un encroûtement des horizons de surface,
- une érosion des sols,
- une baisse de rendement/fertilité

La baisse de fertilité se traduit :

- sur le plan physique, par une mauvaise structuration du sol qui limite l'enracinement des plantes et l'infiltration de l'eau dans le sol (CHOPART, 1994). Il en résulte alors une augmentation du ruissellement et l'érosion hydrique sous toutes ses formes (VALENTIN, 1994) ;

- sur le plan chimique, par une baisse des teneurs en bases échangeables, une acidification, une lixiviation, une volatilisation de certains éléments, une dépréciation du complexe argilo-humique et un déséquilibre de l'état ionique du sol ;
- sur le plan biologique, par une baisse de l'activité de minéralisation de la matière organique du sol par les micro-organismes.

Quelles qu'en soient les causes et les conséquences, la dégradation des sols dans les zones soudaniennes et sahéliennes entraîne des baisses de rendement qui compromettent sérieusement les chances de l'agriculture à faire face aux besoins alimentaires, énergétiques et vestimentaires des populations toujours croissantes (MANDO, 1998).

Ainsi, de nombreux travaux de recherche ont été menés dans la sous région afin d'élucider les phénomènes de dégradation des sols et les processus de leur réhabilitation (OUATTARA, 1994 ; HIEN, 1995 ; ALBERGEL *et al.*, 1995, PONTANIER *et al.*, 1995 ; MANDO, 1997). Il en ressort, entre autres, que dans la zone soudano-sahélienne, les apports de matière organique et le travail du sol sont considérés comme des moyens de maintien et/ou d'amélioration de la fertilité et de contrôle de la dégradation des sols (PIERI, 1989 ; SANCHEZ *et al.*, 1989 ; SEDOGO, 1993 ; OUATTARA *et al.*, 1998). En effet, les amendements organiques incorporés, améliorent les propriétés physiques, biologiques du sol et fournissent des éléments minéraux pour la nutrition des végétaux (FELLER, 1994). Les effets bénéfiques du travail du sol sur l'augmentation de la disponibilité en eau ont été également mis en évidence (NICOU *et al.*, 1990).

Nonobstant la relative abondance de la littérature sur la matière organique et le travail du sol, force est de constater que des essais de longue durée sur les effets combinés des amendements organiques et du travail du sol ont été rarement reportés sur les écosystèmes ouest-africains.

La présente étude s'inscrit dans cette optique pour répondre aux questions suivantes :

- ⇒ quels sont les paramètres de la fertilité physique susceptibles d'évoluer à long terme sous l'action des amendements organiques et du travail du sol ?

- ⇒ quelle est l'influence de l'intensification des labours sur l'activité biologique du sol ?
- ⇒ quelles sont les influences à long terme des interactions entre les fumures organiques et le travail du sol sur les performances du sorgho ?

La présente étude sera construite autour des chapitres suivants :

- Chapitre I : Revue bibliographique
- Chapitre II : Présentation du milieu d'étude et dispositif expérimental
- Chapitre III : Etude des effets du travail du sol et de la fumure organique sur les propriétés physiques et hydrodynamiques du sol
- Chapitre IV : Etude des effets du travail du sol et de la fumure organique sur la minéralisation du carbone et la biomasse microbienne du sol
- Chapitre V : Etude des effets du travail du sol et de la fumure organique sur le développement et le rendement du sorgho

CHAPITRE I :

ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE : ROLES DU TRAVAIL DU SOL ET DES AMENDEMENTS ORGANIQUES DANS LA GESTION DE LA FERTILITE DES SOLS.

Ce chapitre, consacré à un état des connaissances disponibles, montre les rôles ou les effets des pratiques culturales comme le travail du sol et la fertilisation organique sur l'évolution de la fertilité sous ses formes physique et biologique.

1. 1. Définition du concept de fertilité des sols

Dans la communauté scientifique, plusieurs définitions (SEBILLOTTE, 1982 ; PIERI, 1989 ; SOLTNER, 1994) sont proposées pour le concept de fertilité selon que l'on est écologiste, agronome, pédologue, économiste, etc., qui peuvent susciter de grandes polémiques.

La présente étude utilise la définition proposée par MANDO *et al.* (2000) selon laquelle, la qualité d'un sol vue sous un angle agricole décrit sa capacité à fonctionner dans les limites d'un écosystème aménagé ou naturel afin de soutenir la production animale ou végétale, de maintenir voire même d'améliorer la qualité des systèmes auxquels il est lié. La fertilité d'un sol décrit son efficience à :

- (i) stocker et à libérer des éléments minéraux et d'autres constituants ;
- (ii) stocker et à libérer l'eau pour les besoins des plantes afin de promouvoir et d'assurer leur croissance racinaire.

Une base de données minimale requise pour évaluer la fertilité d'un sol selon LAL et MILLER (1993) doit comprendre :

- au plan physique, (1) la structure, (2) la porosité, (3) la profondeur d'enracinement,

- au plan chimique, (1) la teneur en matière organique et la dynamique du carbone, (2) le recyclage des nutriments et leur dynamique, (3) la réaction du sol en relation avec l'acidification ou l'alcalinisation, (4) la capacité tampon ;
- au plan biologique, (1) la microflore et le cycle du carbone, (2) les biotransformations (immobilisation, minéralisation, assimilation), (3) la biodiversité du sol.

1.2. Amélioration de la fertilité

1.2.1. Les formes d'amendements organiques

Les amendements organiques utilisés dans la fertilisation des sols sont de natures ou de formes diverses. La diversité serait liée à la nature et la qualité des substrats organiques apportés, à leurs effets sur les caractéristiques du sol mais aussi à leur aptitude à la biodégradabilité (AKROUME, 1985 ; LOMPO, 1997). Généralement, les différentes formes d'amendements organiques sont caractérisées par le rapport C/N, valeur qui exprime en fait le degré de richesse ou de disponibilité azotée (OADES *et al.*, 1989) et la teneur en lignine ou en phénols. Les substrats organiques qui ont un rapport C/N inférieur à 20 se décomposent généralement plus rapidement. En outre, leur efficacité est d'autant plus marquée qu'ils sont bien décomposés. Par exemple, un substrat qui a un rapport C/N relativement bas, libère plus rapidement de l'azote dans le sol (SEDOGO *et al.*, 1994 ; MANDO, 1998). Il faut cependant noter que la teneur en lignine et en polyphénols est aussi importante pour déterminer la qualité d'une source organique ; plus ces éléments sont en teneur importante, plus la décomposition est lente (TIAN, 1998).

En réalité, la qualité des amendements organiques est un facteur déterminant de la dynamique du stock organique dans les sols (AKROUME, 1985 ; SANCHEZ *et al.*, 1989 ; ANDERSON et FLANANGAN., 1989).

1.2.2. Amendements organiques et dynamique de la matière organique

Dans les sols agricoles, la matière organique provient essentiellement des débris végétaux laissés par les différentes récoltes ou les divers amendements organiques apportés par l'homme.

Ces amendements organiques apportés sont susceptibles de subir une évolution plus rapide en fonction des conditions du milieu, de leur composition biochimique (C/N) et des différentes pratiques culturales. Cette évolution des substances organiques que le monde scientifique traduit par le terme dynamique a longtemps constitué une boîte noire pour les chercheurs des pays tropicaux (HIEN, 1990).

Les premières études avaient permis de déterminer trois grands groupes de composés organiques humifiés dans le sol de natures chimiques différentes (acides fulviques, humiques et humine) correspondant à des stades bien distincts de l'évolution de la matière organique. Mais leur interprétation avait peu de valeur agronomique.

Les méthodes actuellement utilisées sont basées sur un fractionnement granulométrique des constituants organiques du sol (PIERI, 1989) dont l'intérêt est d'établir un lien entre la finesse du fractionnement et le degré d'humification de ces constituants. Plusieurs méthodes de fractionnement ont été proposées (FELLER, 1979). Ces études ont montré que le degré d'humification est fortement tributaire de la nature (biodégradabilité ou rapport C/N), du mode de gestion (incorporation ou non) des substrats organiques. Les stades de dégradation de la matière organique correspondraient à des interventions de catégories bien déterminées de micro-organismes du sol. C'est ainsi par exemple que les bactéries minéralisent entièrement les sucres solubles, l'amidon et les protéines; la cellulose et la lignine sont décomposés en " substances préhumiques " sous l'action des champignons et des bactéries .

Pour se rendre compte des interactions entre les apports organiques et la matière organique du sol, plusieurs modèles d'évolution de la matière organique ont été proposés (JENKINSON et PAWLSON, 1975 ; PAWLSON et JENKINSON, 1976 ; PAUL et VAN VEEN, 1981 ; cités par AKROUME, 1985 ; PIERI, 1989). Dans ces modèles, il est

généralement admis que la décomposition de la matière organique peut être décrite par des cinétiques de premier ordre en fonction de la teneur en carbone. Cependant, ces modèles n'ont d'intérêt agronomique que de connaître les états de la matière organique qui intervient dans les articulations du système sol-plante-technique-climat. Ces états découlent des processus de minéralisation et d'organisation de la matière organique qui intervient dans la dynamique des éléments minéraux nécessaires à la nutrition des plantes en particulier l'azote, le carbone et le phosphore ; non sans modifier le complexe argilo-humique.

De manière générale, les apports fertilisants ont un effet très favorable sur le bilan organique des sols. L'amélioration du bilan organique dépend des répercussions des apports carbonés (c'est-à-dire organiques) et azotés (organiques et minéraux) sur la stimulation des populations microbiennes hétérotrophes (PIERI, 1989).

Bien que les potentialités d'action de la matière organique s'avèrent principalement positives, les conditions du milieu peuvent en être défavorables (tassement, engorgement du sol).

1.2.3 Amendements organiques et propriétés physiques, biologiques des sols

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 rendant le sol impropre aux cultures. Il en résulte une augmentation du ruissellement et l'érosion sous toutes ses formes (VALENTIN, 1994).

Plusieurs études se sont effectivement intéressées aux relations entre la matière organique et les propriétés physiques (notamment la stabilité structurale) et biologiques du sol. Les conclusions qui en résultent d'après AKROUME (1985) sont les suivantes :

- la quantité de CO₂ dégagée en incubation des échantillons est positivement corrélée à la stabilité structurale de ces sols ; de sorte qu'on est emmené à penser que comme

on peut admettre que le CO₂ dégagé est un indicateur de la quantité de CO₂ organique métabolisé, la stabilité de la structure est liée à la vitesse instantanée de minéralisation de la matière organique ;

- pour une activité biologique donnée, la stabilité de la structure est indépendante de la nature du composé ou de l'amendement organique introduit dans le sol ;
- la localisation de la matière organique joue un rôle important dans la stabilisation de la structure du sol. D'où l'intérêt de faire des analyses plus fines de fractionnement de la matière organique ;
- le rapport matière organique sur argile (MO/A) est le meilleur descripteur de stabilité structurale dont l'indice est déterminé par des méthodes comme la cinétique de désagrégation des particules du sol par tamisage standardisé dans l'eau (OUATTARA, 1994) ;
- la stabilité structurale n'est changée d'une façon significative que si le sol est le siège d'une activité biologique minimum ;

Un des mécanismes les plus importants de la stabilisation de la structure par les matières organiques est la diminution de la mouillabilité des agrégats. Ce phénomène est mis en évidence par GUCKERT (1973) et confirmé par OUATTARA (1994), qui admettent que la diminution de la mouillabilité est due à une plus grande cohésion par suite à l'accumulation de polysaccharides mais aussi de composés chimiques humifiés. Ce qui concourt à montrer que, plus que la quantité, c'est la qualité de la matière organique qui contrôle le mécanisme d'agrégation des sols.

Lorsque les amendements organiques sont incorporés, ils participent globalement à l'amélioration des qualités physiques du sol dont ils assurent une meilleure structuration en cimentant les particules grâce à l'humus qu'ils produisent.

Les amendements organiques agissent différemment selon la nature du sol dans lequel ils sont incorporés. Dans les sols sableux, les amendements organiques sont les principaux facteurs qui assurent la cohésion des particules en agrégats stables (SOLTNER, 1994). OUATTARA (1994) a montré à l'aide d'un essai comparatif que le taux d'agrégats stables d'un sol sablo-argileux est positivement corrélé à la teneur de carbone de ce sol. En association avec le labour, les substrats organiques contribuent à

l'affermissement de la macroporosité créée par les labours annuels d'enfouissement (OUATTARA, 1994 ; OUATTARA *et al.*, 1997).

Malgré le rôle capital des amendements organiques dans la production agricole, leur utilisation reste marginale et se heurte à d'énormes contraintes.

1.2.4. Contraintes d'utilisation des amendements organiques

La pratique de la jachère, méthode traditionnelle jadis utilisée pour la régénération des agrosystèmes, a disparu pour laisser s'installer une agriculture extensive basée sur une exportation des résidus de cultures, une inexistence de systèmes d'apports de fertilisants organiques.

Bien que l'efficacité des différents amendements soit établie, leur utilisation en milieu paysan demeure très faible. La principale contrainte provient essentiellement de leur faible disponibilité en quantité et en qualité suffisante (SEGDA, 1991) à cause de la production végétale médiocre (VLAAR, 1992) et du faible niveau d'intensification agricole.

Aussi, la consommation de la matière organique comme source d'énergie constitue t-elle une utilisation concurrentielle importante à celle des amendements organiques.

Deux autres contraintes peuvent être citées : les difficultés de transformation et de transport (insuffisance de main d'œuvre, non-maîtrise des techniques de transformation et le faible niveau d'équipement en moyens de transport).

1.3. Travail du sol

1.3.1. Généralités

Le travail du sol peut se définir comme la manipulation, généralement mécanique, des propriétés physiques du sol, considérées comme nécessaires pour une meilleure production agricole (HOOGMOED, 1999) dans un itinéraire technique donné.

Il a comme buts :

- d'améliorer la structure du sol pour obtenir ainsi un meilleur enracinement et une meilleure absorption des éléments nutritifs par les plantes,
- de combattre les mauvaises herbes,
- de conserver les eaux du sol.

1.3.2. Travail du sol et physique des sols

Le travail du sol a pour rôle de créer une fissuration en vue d'augmenter la porosité totale des horizons superficiels du sol (MANDO *et al.*, 2000). Pour NICOU *et al.*, (1990), cet accroissement de la porosité globale, qui est de 10 à 20 %, a des conséquences très importantes sur le développement du système racinaire des cultures annuelles. Cela se traduit par l'augmentation de la vitesse de progression du front racinaire, l'accroissement de la profondeur maximale et la diminution de l'écart moyen entre les racines.

Les techniques de travail du sol utilisées dans cet étude sont:

- le grattage

Cette technique n'apporte pas de modifications profondes au profil cultural, mais lorsqu'il est assez profond, il améliore dès les premières pluies les propriétés hydrodynamiques du sol telles que l'infiltration. Son action sur le développement racinaire se limite à la zone travaillée (OUATTARA, 1984).

- le labour à plat

Le labour à plat constitue une technique conventionnelle de travail du sol et d'économie d'eau à l'échelle de la parcelle (NICOU *et al.*, 1990).

Il améliore l'état physique du sol en augmentant sa porosité (NICOU, 1977). Ceci se traduit non seulement par une augmentation de volume de la couche de sol, par un bouleversement de l'organisation spatiale des phases solides et porales, qui dépend de l'état structural initial du sol. COULOMB *et al.*, (1993) montrent que cet état initial conditionne la taille de l'espace poral créé au cours du labour. Ces auteurs pensent que l'augmentation du volume total de l'horizon labouré ne peut être liée qu'à l'augmentation de la porosité du compartiment constitué par les mottes et la terre fine.

Cependant, l'effet bénéfique du labour ne fait pas l'unanimité chez tous les auteurs. Ainsi, OUATTARA (1994) et OUATTARA *et al.* (1997) ont montré que des paramètres caractéristiques de l'infiltration (sorptivité et conductivité hydraulique) d'un sol ferrugineux baissent avec la durée de mise en culture du sol, quelles que soient la nature et l'intensité des pratiques culturales. Ce phénomène est encore accentué sur les parcelles labourées sans apports organiques. Toutefois, le labour permet d'améliorer la sorptivité capillaire comparativement au non travail du sol. En effet, c'est la porosité texturale qui explique, mieux que la composante structurale de l'espace poral du sol, les variations de la conductivité hydraulique du sol en condition saturée.

ROOSE *et al.* (1974), cités par VLAAR (1992), ont montré qu'après une pluie, l'érosion reprend plus vite dans le cas d'un labour à plat que sur un site témoin, en évaluant la charge solide du ruissellement. Ce qui s'expliquerait par la perte de cohésion après un travail du sol.

GUILLOBEZ et ZOUGMORE (1991) ont trouvé au Burkina, en comparant le labour et le sarclage, de meilleures infiltrations et de stockage de l'eau à la surface du sol suite à une augmentation de la rugosité dans les parcelles labourées.

L'efficacité du travail du sol reste liée aux conditions pédoclimatiques, notamment l'état d'humidité du sol (NICOU, 1977). On pense dans ce sens que le travail léger du sol associé au paillage dans les zones humides ou le travail généralisé et profond dans les zones tropicales semi-arides seraient plus efficaces (OUATTARA *et al.*, 1998 ; MANDO *et al.*, 2000).

Enfin, MAHBOUBI et LAL (1998) trouvent qu'il existe une variation saisonnière de la structure d'un sol soumis au travail du sol due à aux variations de l'état hydrique du sol.

1.3.3. Travail du sol et dynamique de la matière organique

Suite aux travaux de VALLEY et LONGVAL (1977) cités par TAONDA (1996) et ceux de PIERI (1989), il ressort que le labour peut aussi avoir un effet dépressif sur la

matière organique par suite d'une grande stimulation de l'activité microbienne. Cela pourrait confirmer l'assertion de (OUATTARA, 1994) relative à l'impact dépressif du labour à long terme sur l'état physique du sol, d'autant plus que les matières organiques améliorent les propriétés physiques du sol (SOLTNER, 1994).

Pour PIERI (1989), le travail du sol n'apparaît pas en lui comme un agent décisif du bilan organique.

1.3.4. Travail du sol et développement des cultures

L'évaluation des essais de travail du sol, en particulier l'effet du travail du sol sur les rendements des cultures nécessite une prise en compte de la fertilité du sol. On constate à cet effet que l'amélioration des techniques de travail du sol (également sans addition d'engrais ou de fumier) a comme résultat une augmentation des rendements des cultures ; ce qui peut être attribué à leur enracinement plus intensif par suite d'une augmentation de la porosité (NICOU et al., 1990) et une augmentation de la quantité d'eau disponible.

HOOGMOED (1999) affirme que l'influence du travail du sol sur les processus de régulation de la croissance plantes dépend de l'équilibre hydrique du sol.

Pour caractériser les relations labour-économie de l'eau et augmentation de rendement, l'INERA a constaté à travers des expérimentations en station (Saria) qu'avec le labour, on obtenait un gain de 40% pour le rendement du sorgho (NICOU *et al.*, 1987). Cela pourrait être provoqué par une meilleure utilisation de l'eau notamment une infiltration améliorée, et donc une diminution du ruissellement.

On a souvent aussi supposé que l'enracinement est amélioré par le labour à plat de telle sorte que la croissance de la végétation qui en résulte pourrait priver la plante d'eau pendant les phases critiques ou sensibles, c'est-à-dire la floraison, et donc, en fait, diminuer le niveau des rendements. Cet effet dépend du régime pluviométrique de la saison en cours et du type de sol. L'exemple est donné par HOOGMOED et KLAIJ (1994) qui ont montré que sur des sols sableux au Niger, la croissance et le

développement de la biomasse du mil en 1984 après labour, étaient supérieurs à ceux d'un système conventionnel, mais que, dans une période de sécheresse, le stock d'eau n'était plus suffisant à cause des besoins en eau plus élevés.

En outre, le travail du sol assure le développement des cultures par une diminution effective de la compétition permanente entre les cultures et les adventices.

Toutefois, un meilleur développement ou une augmentation de rendement signifie une plus grande absorption des matières nutritives du sol. L'existence de ces matières nutritives n'est possible que par l'apport de matières organiques ou d'engrais minéraux (résidus de récolte ou fumier...) sur les champs. 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, 1989 ; VLAAR, 1992).

Conclusion

Les travaux antérieurs ont mis en évidence les rôles du travail du sol et des amendements organiques dans la gestion de la fertilité des sols en zone soudano-sahélienne. Il ressort de ces travaux que des interactions existent entre les paramètres de la fertilité des sols et les techniques culturales telles que le travail du sol et les amendements organiques.

Le travail du sol améliore sensiblement la structure du sol grâce à une activité biologique qu'il accroît par stimulation. Mais cet effet du travail du sol ne perdure guère et dépasse rarement une saison culturale sur les sols limono-sableux pauvres en argile gonflante tels les sols ferrugineux tropicaux.

Les amendements organiques de natures diverses constituent un salut dans la restauration et/ou le maintien des sols dégradés. Ils améliorent sensiblement le stock organique du sol qui constitue l'essence de sa fertilité. De ce point de vue, il atténue les effets néfastes du travail intensif du sol.

Quoique beaucoup s'accordent sur les effets bénéfiques du travail du sol, ses conditions d'exécution à savoir la fréquence et le mode d'association avec les autres

pratiques culturales (apports organiques) restent à préciser afin de proposer un référentiel technique pour une agriculture durable.

Aussi, cette présente revue bibliographique montre que des acquis dans la connaissance des effets à court terme du travail du sol et ou des amendements organiques, il en existe bien. Cependant, les essais de longue durée sont rares dans notre écosystème.

CHAPITRE II :

PRESENTATION DU MILIEU D'ETUDE ET DISPOSITIF EXPERIMENTAL.

2.1. Milieu d'étude

2.1.1. Situation géographique

L'étude a été menée à la station expérimentale du centre régional de recherches environnementales et agricoles (C.R.R.E.A.) de l'INERA, implantée depuis 1923. Elle 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 : $12^{\circ} 16'$ N de latitude, $2^{\circ} 9'$ W de longitude et 300m d'altitude.

2.1.2. Le climat

Le climat est de type nord-soudanien caractérisé par deux saisons : une courte saison pluvieuse de mai en octobre ; une saison sèche plus longue, d'octobre en avril.

2.1.2.1. Les précipitations

La moyenne pluviométrique annuelle avoisine 800 mm. Les pluies se manifestent sous forme de "lignes de grains " et se caractérisent par de fortes intensités (60 à 120 mm/h). Ainsi, elles sont très érosives par l'effet splash et ont un rôle prédominant dans le processus de formation de croûtes de surface (ROOSE, 1981 ; BOIFFIN, 1984 ; CASENAVE et VALENTIN, 1989). Les figures 1 et 2 présentent respectivement la pluviométrie annuelle 99 et celle des dix dernières années.

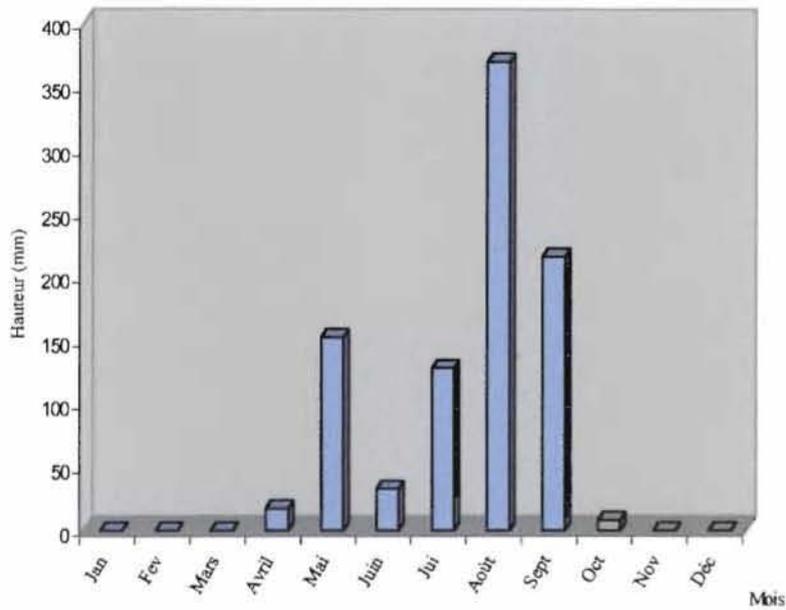


Figure 1 : Pluviométrie annuelle de Saria (1999)

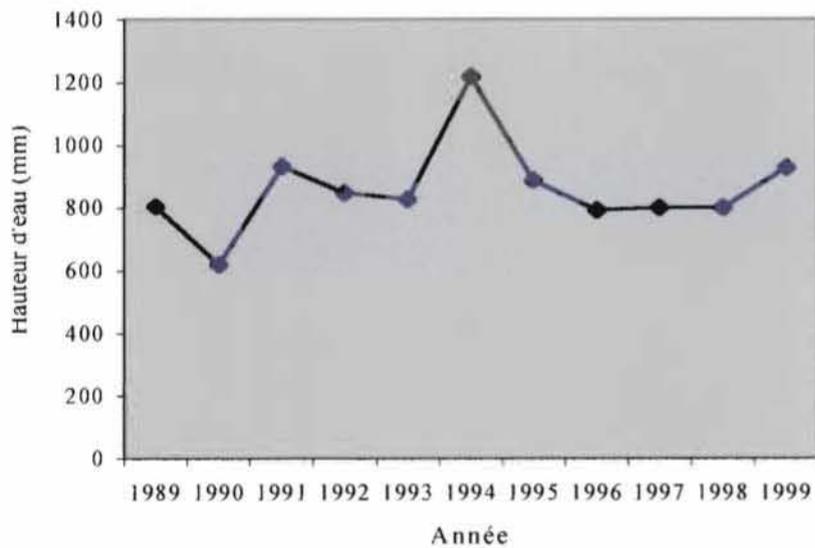


Figure2 : Evolution de la pluviométrie à Saria de 1989 à 1999

Source : INERA/Saria

2.1.2.2. Les températures

Elles se caractérisent par leurs variations diurnes, mensuelles et annuelles. Les variations diurnes sont toujours les plus importantes. Les maxima mensuels (40°C) se situent entre mars-avril et les minima (15°C) en décembre. Elles deviennent relativement modérées en saison pluvieuse (25-30°C). Les fortes températures en saison sèche ont un effet néfaste sur l'activité biologique à cause du dessèchement du sol.

2.1.2.3. La demande évaporative

L'évapotranspiration potentielle est de l'ordre de 2000 mm en saison sèche et de 1720 mm en année de bonne pluviométrie. Les fortes valeurs s'observent en saison sèche (7 mm/jour); en saison pluvieuse, elles baissent autour de 4 mm/j. Il faut cependant noter que l'évapotranspiration peut avoir des valeurs élevées entre deux épisodes pluvieux.

Aussi, en fonction du degré de couverture végétative, l'évaporation joue sur l'humidité du sol.

2.1.2.4. Les vents

Le régime de vents est dominé par des alizés:

- un vent humide de direction sud-ouest (la mousson) qui apporte les pluies avec une humidité relative de l'air de l'ordre de 60 à 80 %,
- un vent continental sec (l'harmattan) qui souffle pendant la saison sèche et qui peut être souvent à l'origine de phénomènes d'érosion éolienne des sols laissés découverts après les récoltes. La nécessité de protéger le sol s'impose.

2.1.3. La végétation

Le terroir de Saria appartient au secteur nord-soudanien caractérisé par des savanes 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 telles que le néré (*Parkia biglobosa*) avec un port léger et étagé, le karité (*Vitellaria paradoxa*) avec un massif sombre. On y rencontre également d'autres essences arborées protégées comme *Acacia albida*, le résinier (*Lannea microcarpa*), le tamarinier (*Tamarindus indica*), le baobab (*Adansonia digitata*), le caïcédrat (*Khaya senegalensis*) et aussi des épineux.

La strate arbustive est dominée par des fourrées de Combretaceae dont *Combretum nigricans*, *Guiera senegalensis*, *Piliostigma reticulata*...

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

Il convient de dire que, compte tenu des multiples facteurs de dégradation de l'environnement (élevage extensif, coupe abusive du bois...), cette végétation subit de jour en jour, un appauvrissement biologique important et son état actuel n'est que le reflet de ces facteurs de dégradation.

C'est dans ce contexte environnemental qu'a été mis en place le dispositif d'étude.

2.2. Dispositif expérimental

2.2.1. Les caractéristiques physiques des sols

Les sols de la station de recherches de Saria sont du type ferrugineux tropical lessivé, issus d'une roche mère granitique.

Ces sols présentent des horizons supérieurs de texture limono-sableuse à sablo-argileuse et à structure généralement continue et massive.

Ils sont meubles en saison des pluies, boueux lorsqu'ils sont engorgés et prennent en masse dès qu'une période de sécheresse intervient (NICOU, 1975 ; NICOU, 1978). Ce phénomène constitue une contrainte majeure pour le travail du sol à sec.

2.2.2. Les caractéristiques chimiques des sols

Tableau I: Caractéristiques physico-chimiques des sites d'expérimentation de la station

CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES	TENEURS
Granulométrie (p.c.) :	
Sables grossiers	22
Sables fins	31
Limons grossiers	28
Limons fins	8
Argile	11
Carbone total (p.c.)	0,39
Azote total (p.c.)	0,03
Complexe absorbant (meq/100g)	
Ca ⁺⁺	1,99
Mg ⁺⁺	0,67
Na ⁺⁺	0,00
K ⁺	0,09
Somme (S)	2,75
Capacité d'échange cationique	4,96
Saturation (S/T x 100)	57,00
pH eau	6,4
Phosphore total (en ppm)	67,28

Source : OUATTARA, 1994.

Le Tableau I présente les caractéristiques physico-chimiques de l'horizon 0-20 cm des sols des sites de Saria.

A l'image de la majorité des sols ferrugineux tropicaux, les sols de Saria sont caractérisés par une carence en phosphore et une pauvreté en matière organique (SEDOGO, 1981). Ils ont une faible capacité d'échange cationique (BONZI, 1989). La teneur, la nature des argiles de ces sols (teneurs en argile inférieures à 10% avec une prédominance de la kaolinite) et leur pauvreté en matière organique expliquent la faiblesse de leur CEC. ARRIVETS (1974) a également souligné la faible teneur en azote dans ces sols ; SEDOGO (1981) et GUIRA (1988) ont montré que ces sols s'acidifient rapidement sous les effets de la culture continue et des apports d'engrais essentiellement minéraux.

2.2.3. Description du dispositif expérimental

Le support de cette étude est un essai pérenne " Essai Etude Physique " installé depuis 1990 sur un sol de texture sablo-limoneuse

Le dispositif utilisé est un dispositif en *blocs Fisher*. Il comprend trois blocs ou répétitions intégrant chacun deux paramètres de traitement (travail du sol et amendement organique). Chaque bloc se divise en quatre parcelles élémentaires (traitements) où deux types de préparation du sol (labour à plat aux bœufs et grattage à la daba) ont été combinés avec deux niveaux de fumures organiques (apport et non apport de fumier). La profondeur moyenne des labours se situe entre 15 et 20 centimètres.

Les deux facteurs pris en considération dans le dispositif expérimental ont été combinés de la façon suivante:

T1 : grattage du sol à la daba + NPK + urée

T2 : grattage du sol à la daba + fumier + NPK + urée

T3 : labour à plat aux bœufs + NPK + urée

T4 : labour à plat aux bœufs + fumier + NPK + urée

2.2.4. La gestion des parcelles

** Matériel végétal*

Les parcelles sont semées chaque année avec la variété ICSV 1049 de sorgho (*Sorghom bicolor*). Les performances agronomiques de la dite variété sont jugées très satisfaisantes, avec une productivité élevée, assez régulière et une excellente valeur fourragère. Elle présente une bonne résistance au striga et aux maladies foliaires.

** Opérations culturales*

Le semis a été effectué le 14 juillet 1999 selon les modalités suivantes :

- semis en ligne et en poquets avec des écartements de 0,40 m entre les poquets et 0,8 m entre les lignes,
- profondeur de semis : 3 cm environ,
- quantité de semences 6 à 8 grains par poquet soit 8 à 10 Kg/ha

Après démariage à 3 plants par poquet, nous obtenons une densité de semis de 35750 plants/ha.

Les opérations culturales effectuées dans le cadre de l'entretien sont consignées dans le Tableau II :

Tableau II : Opérations culturales effectuées sur l'essai

Opérations culturales	T1	T2	T3	T4
Désherbage	Grattage à la daba en début de campagne	Grattage à la daba en début de campagne	Labour à plat aux bœufs	Labour à plat aux bœufs
	1 ^{er} sarclage 2 à 3 semaines après le grattage	1 ^{er} sarclage 2 à 3 semaines après le grattage	1 ^{er} sarclage 2 à 3 semaines après le labour	1 ^{er} sarclage 2 à 3 semaines après le labour
	2 ^{ème} sarclage 2 à 3 semaines après le 1 ^{er} sarclage	2 ^{ème} sarclage 2 à 3 semaines après le 1 ^{er} sarclage	2 ^{ème} sarclage 2 à 3 semaines après le 1 ^{er} sarclage	2 ^{ème} sarclage 2 à 3 semaines après le 1 ^{er} sarclage
Fumure organique	Pas d'apport	10 T/ha au moment du labour	Pas d'apport	10 T/ha au moment du labour
Fumure minérale	100 kg/ha de NPK au moment du 1 ^{er} sarclage	100 kg/ha de NPK au moment du 1 ^{er} sarclage	100 kg/ha de NPK au moment du 1 ^{er} sarclage	100 kg/ha de NPK au moment du 1 ^{er} sarclage
	50 kg/ha d'urée à la montaison			

T1 : Grattage ; T2 : Grattage + fumier ; T3 : labour ; T4 : labour + fumier

N.B : Pour la lutte contre les ennemis du sorgho, seuls des désherbages ont été effectués ; aucun traitement insecticide n'a été utilisé.

CHAPITRE III :**ETUDE DES EFFETS DU TRAVAIL DU SOL ET DE
LA FUMURE ORGANIQUE SUR LES PROPRIETES
PHYSIQUES ET HYDRODYNAMIQUES DES SOLS.****Introduction**

La dégradation des caractéristiques physiques et hydrodynamiques des sols soudano-sahéliens sous culture constitue l'une des causes fondamentales de la perte de leur fertilité (CHARREAU et NICOU, 1971 ; COINTEPAS et MAKILO, 1982 ; BAVER, 1984). En plus de leur faible fertilité physico-chimique, ces sols sont sujets à l'encroûtement superficiel et au phénomène de prise en masse. Le phénomène de ruissellement prend alors de l'ampleur au regard du caractère erratique des pluies et de la faible infiltrabilité des sols.

Il est admis que le labour, avec ou sans apport de fumier, permet d'améliorer de façon significative la productivité de ces sols. Cependant, même si le labour est considéré comme la technique de base en matière d'économie de l'eau, il s'avère nécessaire de connaître les modifications des labours annuels sur les sols afin de pouvoir trouver un compromis de gestion durable de la fertilité. Le présent chapitre se propose d'examiner les effets du labour et de la fumure organique sur l'infiltration du sol, l'humidité volumique, et la résistance mécanique du sol à la pénétration.

3.1. Matériels et méthodes

3.1.1. Mesure de l'infiltration

Infiltration est le nom donné au processus d'entrée verticale de l'eau dans le sol. Ce processus est d'une importance capitale dans la mesure où il détermine les risques d'érosion, la disponibilité en eau du sol et partant l'alimentation hydrique des plantes. La méthode de simulation de pluies décrite par CASENAVE et VALENTIN (1989) a été utilisée.

Pour la présente mesure, nous avons fait usage d'un mini-simulateur de pluie, qui a été originellement développée par KAMPHORST (1987), pour des utilisations directes au laboratoire et des mesures au champ. C'est une version modifiée par le laboratoire "Erosion and soil & Water conservation in Wageningen". Les caractéristiques du simulateur sont:

- débit = 6mm /mn
- surface du cadre = 0,075 m²

Le principe d'un essai de simulation de pluie consiste à faire pleuvoir sur la surface inférieure d'un cadre fixé au sol et à recueillir à l'aide d'un béccher l'eau de ruissellement. Quatre répétitions ont été effectuées sur chaque parcelle. A chaque répétition, le réservoir du mini-simulateur est rempli successivement trois fois lorsqu'il se vide. Une pluie simulée dure 12 minutes ; ce qui permet d'atteindre un état de saturation maximale du sol. Les mesures ont été réalisées pendant la saison sèche au mois de Janvier.

L'infiltration est calculée en déduisant de la quantité de pluie tombée, l'eau de ruissellement, et en considérant la fraction évaporée comme nulle et le stock d'eau dans les dépressions (rétention superficielle) comme infiltration.

Pendant une pluie simulée, on distingue quatre phases pouvant permettre chacune de comparer les traitements. Il s'agit:

- d'une phase d'imbibition,

- d'un régime transitoire
- d'un régime d'écoulement permanent
- d'une phase de vidange

Pour analyser les vitesses d'infiltration dans les parcelles, nous avons calculé les paramètres caractéristiques de l'infiltration à l'aide d'un modèle proposé par MORIN et BENYAMINI (1977) qui prend en compte la formation des croûtes pendant la pluie et le processus d'infiltration :

$$I_t = (I_0 - I_f) e^{-\alpha CR} + I_f \quad (1)$$

où I_t = vitesse d'infiltration I_0 = vitesse initiale d'infiltration I_f = vitesse finale d'infiltration α = coefficient CR = pluies cumulées depuis le début des pluies avec $CR = P.t$ où t = durée de la pluie et P = intensité de la pluie

NB : $CR = 72$ mm pour tous les traitements

3.1.2. Mesure d'humidité

La méthode utilisée pour les mesures d'humidité est celle connue sous le nom de TDR (time-domain reflectometry) et décrite par SIKKING (1997). Le principe de la méthode consiste à utiliser un trime dont l'introduction du cône dans un tube fixé dans le sol, permet d'obtenir une lecture directe de l'humidité.

Sur chaque parcelle du dispositif expérimental et sur une jachère qui sert de référence, deux tubes ont été installés sur lesquels l'humidité volumique est régulièrement mesurée tous les deux jours. Les données sont collectées successivement dans les profondeurs suivantes: 0-20 cm, 20-30 cm, 30-40cm, 40-50 cm, 50-60 cm, 60-70 cm, 70- 80 cm. Les mesures ont été effectuées à la période du 04 octobre 1999 au 09 novembre 1999.

Les données de l'humidité permettent de calculer les paramètres suivants :

- Le stock d'eau du sol

Les mesures d'humidité permettent de quantifier le stock hydrique de la tranche 0-80 cm du sol qui s'exprime par la formule (2) :

$$S_{80} = \sum_i^n S_i \quad \text{avec, } S_i \text{ (mm)} = h_i \cdot \theta_i \quad (2)$$

θ_i = humidité d'une tranche de sol i

h_i = hauteur d'une tranche de sol i

En mesurant les stocks d'eau, nous nous sommes fixés pour objectif de déterminer la capacités du sol à conserver l'eau. Pour ce faire, nous avons réalisé les mesures à la période de fin de campagne (04 octobre 1999 au 09 novembre 1999).

- Le coefficient de dessèchement du sol

Le coefficient de dessèchement du sol, K_i (j^{-1}) tel qu'élaboré par ZHAI *et al.* (1990) a été calculé pour la période du 16 octobre 1999 au 09 novembre 1999 correspondant à une sécheresse dans la tranche de sol, $i = 20$ cm. Ce coefficient est donné par la formule (3) :

$$\theta_{i,t} = \theta_{i,0} \cdot \exp(-k_i \cdot t) \quad (3)$$

où $\theta_{i,t}$ = l'humidité d'une tranche de sol i, à un temps relatif t

$\theta_{i,0}$ = l'humidité du sol au début de la sécheresse ($t = 0$) après une recharge hydrique.

Le coefficient de dessèchement permet d'estimer l'efficacité des traitements sur l'évolution de l'état hydrique du sol.

3.1.3. Mesure de résistance mécanique du sol à la pénétration

La résistance mécanique du sol à la pénétration est un indicateur des difficultés de développement racinaire et de travail du sol. Elle traduit ainsi la plus ou moins grande facilité des racines à explorer le sol et partant son état d'ameublissement. Le pénétromètre décrit par BENGOUGH (1991) a été utilisé. Il est constitué d'une manche, d'un manomètre et d'une tige métallique graduée, terminée par une pointe de calibres variable. Lorsque l'utilisateur exerce sur la manche une pression pour enfoncer la tige tenue verticalement à une profondeur choisie, l'index du manomètre indique par une lecture directe la force de pénétration dans le sol. Cinq répétitions ont été effectuées par parcelle, pendant la période du 04 au 12 Octobre 1999.

Les mesures ont été couplées à celles de l'humidité pour prendre également en compte l'influence de l'état hydrique sur la résistance à la pénétration.

3.1.4. Analyse des données

Le logiciel SPSS permet de calculer le coefficient K_i par une régression non linéaire.

Des analyses de variance ont été effectuées sur toutes les variables mesurées ainsi que les paramètres utilisés dans les différentes équations.

Le test de Student Newman-Keuls pour les comparaisons multiples a été utilisé pour toutes les relations établies au seuil de 0.05.

3.2. Résultats et discussions

3.2.1. Infiltration

Tableau III : Effets des traitements sur le temps d'imbibition du sol

Traitement	T_i (mn)	
	moyenne	Erreur standard
T1	1,32 ^a	0,25
T2	2,39 ^b	0,09
T3	0,94 ^a	0,01
T4	1,63 ^a	0,15
Probabilité	0,001	

T1 : grattage T2 : grattage + fumier T3 : labour T4 : labour + fumier

NB : les valeurs d'une même colonne suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.

Tableau IV : Effets des traitements sur les paramètres de l'équation (1)

Traitements	α (mm ⁻¹)	I_o (mm.mn)	I_r (mm.mn)	r^2
T1	0,0518 ± 0,0068	5,7740 ± 0,1140	2,1420 ± 0,0832	0,92
T2	0,0533 ± 0,0057	6,0830 ± 0,0703	2,2367 ± 0,0603	0,96
T3	0,0903 ± 0,0452	5,6117 ± 0,1850	2,4817 ± 0,3516	0,86
T4	0,0505 ± 0,0020	5,8467 ± 0,0951	2,1950 ± 0,0364	0,95
Probabilité	0,588	0,086	0,611	

T1 : grattage T2 : grattage + fumier T3 : labour T4 : labour + fumier

NB : Aucune différence significative au seuil de 5%.

Le Tableau III montre qu'il y a des différences significatives entre les traitements. Le traitement T3 (labour) a le plus faible temps d'imbibition comparativement aux autres traitements, bien que cette valeur ne soit pas statistiquement différente de celles des traitements T1 (grattage) et T4 (labour + fumier). Ceci traduit le fait que les parcelles labourées sans enfouissement de matière organique sont plus sensibles au phénomène de ruissellement. En effet, MORIN et BENYAMINI (1991) ont montré que ces sols sont sensibles à l'encroûtement

La séparation des moyennes indique que le grattage avec apport de matière organique (T2) allonge le processus d'imbibition et retarde alors le ruissellement. Il existe donc une relation entre le temps d'imbibition et le ruissellement qui s'explique par le fait que lorsque le sol atteint un état de saturation ou d'imbibition maximale, l'infiltration devient inférieure à la pluie et les flaques d'eau ruissellent puis commencent à remplir les dépressions dans la parcelle (LAFORGUE et CASENAVE, 1980).

En outre, on remarque que le temps d'imbibition de T4 (1,63 mn) est supérieur à celui de T1 (1,32 mn) et de T3 (0,94 mn) et une comparaison entre T1 et T2 permet de déduire l'effet de la matière organique : elle retarde le ruissellement de 1.07 mn.

Le ruissellement précoce observé au niveau des parcelles labourées sans apport de fumier (T3) est probablement dû à un encroûtement de l'horizon de surface induit par les labours. En effet, les labours émettent les agrégats en rendant les sols plus sensibles à l'effet splash qui par rejaillissement forme des croûtes structurales sur l'horizon superficiel (HOOGMOED et STROOSNIJDER, 1984). Aussi, sous une pluie, les fines particules en surface contribuent à la fermeture de la macroporosité créée par les labours. Dès ce moment, la mouillabilité des agrégats formés augmente en occasionnant des ruissellements relativement précoces et intenses (COULON, 1988). Ces observations sont aussi soutenues par les travaux de COLLINET et LAFORGUE (1979) qui montrent que l'aptitude au ruissellement dans les zones de savane sèche n'est pas liée aux couches pédologiques internes mais aux horizons de surface. Ces

horizons de surface concernés par les labours semblent déterminants pour l'étude de l'hydrodynamique superficielle.

Cependant, lorsque le labour est combiné au fumier (T4), il affermit la structure du sol en créant une agrégation plus grande qui augmente la mouillabilité du sol. Le processus d'imbibition dure, ce qui permet d'allonger le temps d'imbibition du sol dans les parcelles T4 par rapport aux parcelles labourées non fumées (T3). Ces observations sont conformes à celles de OUATTARA (1994) et s'expliquent par le fait que les labours annuels sans apport organique dans les zones semi-arides à sols sableux entraînent la baisse de la teneur en carbone de ces sols et favorisent la formation de croûtes superficielles induites par l'effet cinétique des pluies (VALENTIN, 1978).

Les explications ci-dessus sont confirmées par le comportement des parcelles T1 et T2 plus riches en carbone que T3. Aussi, dans les parcelles grattées (T1 et T2), les phénomènes de ruissellement sont encore moins marqués par rapport aux parcelles labourées sans fumier car les parcelles grattées avec ou sans apport de fumier ont une porosité structurale relativement plus grande, donc une sorptivité plus élevée ; ce qui traduit une plus grande infiltrabilité du sol (OUATTARA (1994).

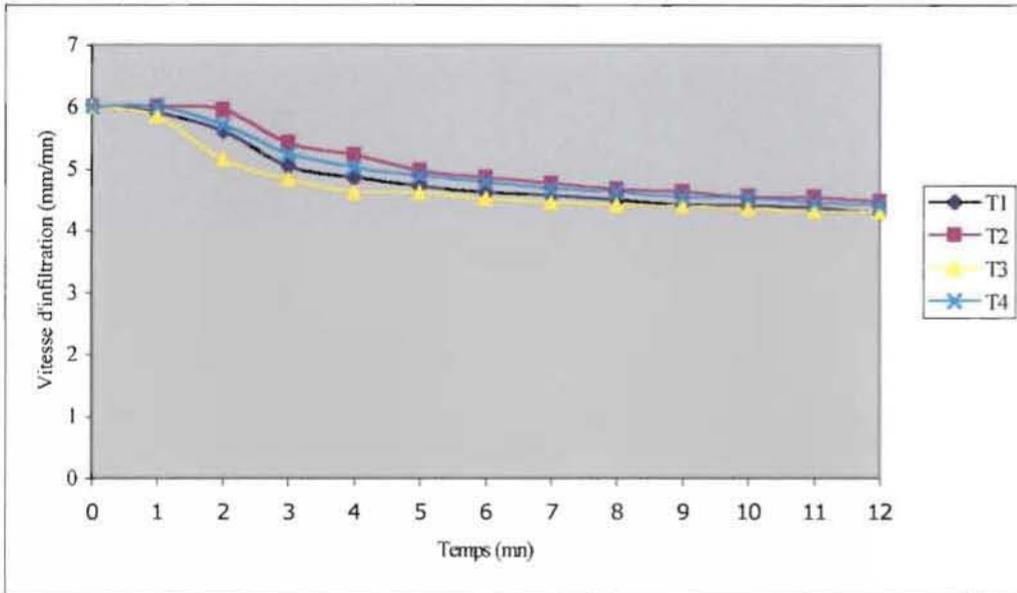
Le Tableau IV montre que le modèle de MORIN et BENYAMINI (1977) s'accorde bien avec les données de la simulation de pluies car les coefficients de corrélation obtenus sont bons ($r^2 > 0,86$).

La combinaison de la figure 3 et l'analyse des paramètres de l'équation (1) montre que l'infiltration est plus faible au niveau des traitements T3. En effet, le temps d'imbibition plus faible et le coefficient α plus élevé sur ces parcelles montrent que l'infiltration est faible. Ces résultats s'expliquent par la baisse de la macroporosité. Ces observations sont conformes aux résultats obtenus par OUATTARA (1994) sur le même essai (trois premières années d'études) et qui a montré en utilisant un dispositif de type

Muntz que l'infiltration et ses composantes (sorption et conductivité hydraulique) sont négativement affectées par les labours annuels.

La tendance au fusionnement des courbes dans la phase d'écoulement permanent (phase constante) de la figure 3 ne corrobore pas les observations ci-dessus. On pourrait incriminer la méthodologie utilisée. Les méthodes actuellement utilisées ne font pas l'unanimité ; la méthode de Muntz est critiquable et la simulation de pluies trop lourde (CHOPART, 1994). L'intensité standard de 6 mm/mn pour les pluies du mini-simulateur pourrait être incriminée dans le fusionnement des courbes d'infiltration des différents traitements: 180 mm/h se révèle trop forte pour refléter l'état structural et poral du sol.

Néanmoins, les différences arithmétiques observées entre les différents traitements pour tous les paramètres calculés de l'équation de MORIN et BENYAMINI (1977) permettent d'affiner les analyses. Au niveau du traitement T3, le coefficient α est nettement plus faible qu'au niveau des autres traitements. La chute de l'infiltration est alors plus rapide au niveau des ces parcelles car le coefficient α traduit la vitesse de chute de l'infiltration de l'eau dans les parcelles. Aussi, l'infiltration initiale I_0 est moins élevée au niveau du traitement T3 comparativement aux autres traitements. on peut penser dans ces conditions à une réduction de la perméabilité du sol dans ces parcelles suite à une réduction de la macroporosité ; ce qui ralentit le processus d'humectation progressive. Les résultats précédents sur les mesures du temps d'imbibition tendent à confirmer ces faits.

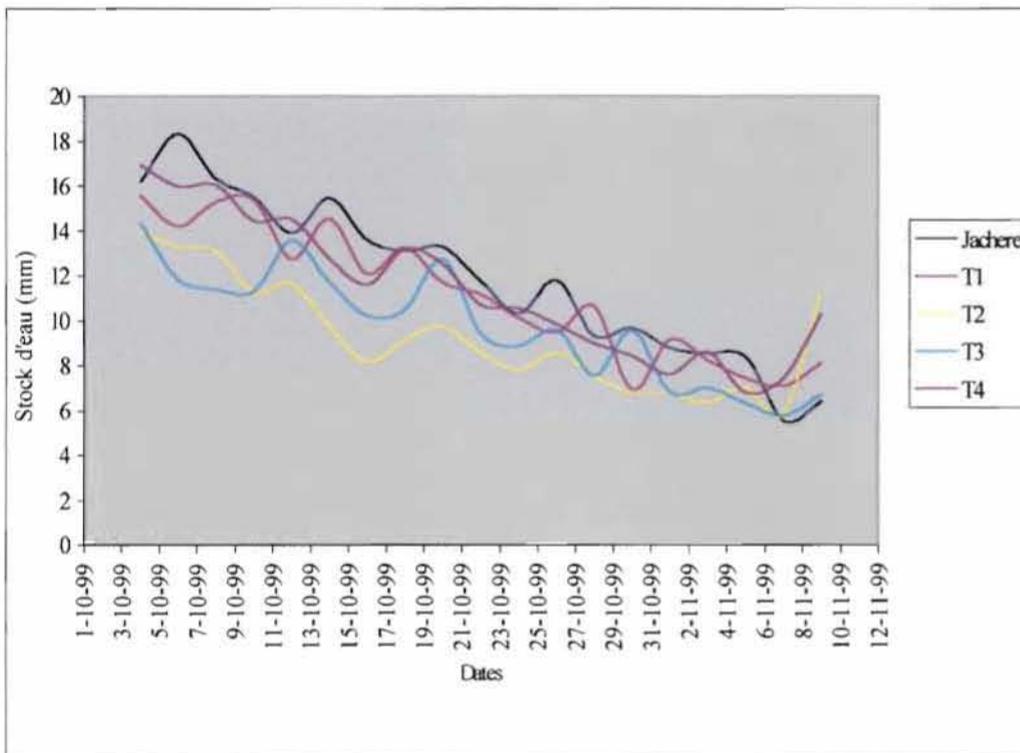


T1 : grattage T2 : grattage + fumier T3 : labour T4 : labour + fumier

Figure 3 : Régime d'infiltration au niveau des différentes parcelles

3.2.2. Humidité

□ Stock d'eau et coefficient de dessèchement du sol



T1 : grattage T2 : grattage + fumier T3 : labour T4 : labour + fumier

Figure 4 : Evolution temporelle du stock d'eau dans la couche 0-80 cm

Mieux que les profils hydriques, l'évolution du stock d'eau illustre de manière quantitative le régime hydrique du sol. L'examen de la variation du stock d'eau de l'horizon 0-80 cm entre le 04 octobre 1999 et le 09 novembre 1999 (figure 4) révèle que :

- la réserve en eau évolue naturellement selon le régime pluviométrique. La période de mesures étant caractérisée par une raréfaction des pluies (une seule à la date du 15 octobre 1999), toutes les courbes d'évolution du stock d'eau ont une tendance régressive avec quelques reprises dues aux remontées capillaires ;
- comparativement à une jachère, la réserve en eau des traitements évolue négativement plus vite. Cette situation s'explique par le fait que la jachère, considérée comme moyen de restauration de la fertilité des sols dans les zones semi-arides, conserve de meilleurs états de porosité et stocke plus d'eau; or il est admis que l'ameublissement du sol est positivement corrélé à l'humidité du sol (OUATTARA, 1994), donc l'on comprend que le stock d'eau dans la jachère soit plus élevé que celui des parcelles sous culture soumis à une baisse progressive de la macroporosité ;
- Les parcelles T2 qui ont stocké moins d'eau que les parcelles labourées sans fumier (T3). En supposant comme Nicou *et al.* (1990) que c'est l'accroissement de la porosité qui confère au labour sa fonction d'économie de l'eau, on devrait s'attendre d'après les travaux de OUATTARA (1994) à des tendances contraires car la macroporosité est plus élevée dans les parcelles T2 qu'au niveau des T3. Ces observations sont difficilement explicables.

Néanmoins, on remarque que les parcelles labourées (T3 et T4) ont stocké moins d'eau que les parcelles grattées (T1 et T2). On pourrait penser alors à une réduction de la macroporosité du sol au niveau de T3 et T4 due aux perpétuels brassages par les labours annuels des horizons superficielles qui conditionnent la dynamique de l'eau dans le sol (LAFORGUE et CASENAVE ;1980).

Une analyse de variance a été faite pour le coefficient de dessèchement, K_i dans le Tableau v. Ce Tableau montre que même s'il n'y a pas de différences significatives entre les traitements pour le coefficient de dessèchement, c'est le traitement T3 qui se

dessèche le plus vite ; suivent dans l'ordre la jachère, T4, T1 et T2 (toute chose étant égale par ailleurs). Le labour entraîne donc un dessèchement rapide du sol.

Ces résultats s'expliquent par le fait qu'au niveau des parcelles labourées T3, la teneur en carbone du sol est plus faible (cf. chapitre IV paragraphe 4.2.2). En effet, la matière organique joue un rôle de liant entre les constituants du sol et améliore ainsi la capacité de rétention en eau du sol. Ainsi, plus la teneur en matière organique est faible, plus la rétention en eau diminue et par conséquent l'évaporation devient plus importante par rapport aux autres parcelles.

Aussi la teneur en carbone relativement plus élevée des parcelles grattées T1 et T2 prédispose le sol à une faible évaporation comme nous l'avons déjà souligné dans le chapitre I. Cette évaporation est encore réduite quand le grattage est associé à un apport de fumier (T2). On comprend ainsi l'effet de la matière organique qui affermit la structure pour augmenter la capacité de rétention en eau et partant réduire l'évaporation du sol. cette observation illustre le comportement des parcelles T3.

En considérant la matière organique comme facteur influant sur la disponibilité en eau du sol, la jachère qui est un système de reconstitution de fertilité où le taux élevé de matière organique liée à la grande gamme de macroporosité et qui entraîne une bonne structuration du sol en agrégats stables, devait avoir le coefficient de dessèchement le plus élevé. Mais ce n'est pas le cas, à cause peut-être de la couverture végétative du peuplement d'*Andropogon gayanus Kunth* qui transpire une grande partie du stock d'eau.

En partant aussi du fait que c'est principalement la matière organique qui module le comportement hydrique des parcelles, on devait s'attendre à un coefficient de dessèchement plus grand au niveau des parcelles T1 qu'au niveau des parcelles T4 car dernières ont une teneur en carbone plus élevée que les T1 (cf. chapitre IV, paragraphe 4.2.2) ; or le cas contraire s'observe. Cela pourrait s'expliquer par la différence de qualité de matière organique présente dans les deux types de parcelles : dans les parcelles T4, le fumier apporté demeure relativement plus frais et n'a pas encore été incorporé dans les articulations particulières pour augmenter la capacité de

rétenion en eau comme dans les parcelles T1 où la matière organique du sol est plus intégrée et plus stable.

Tableau V: Effets des traitements sur le coefficient de dessèchement, K_i dans l'horizon 0-20 cm

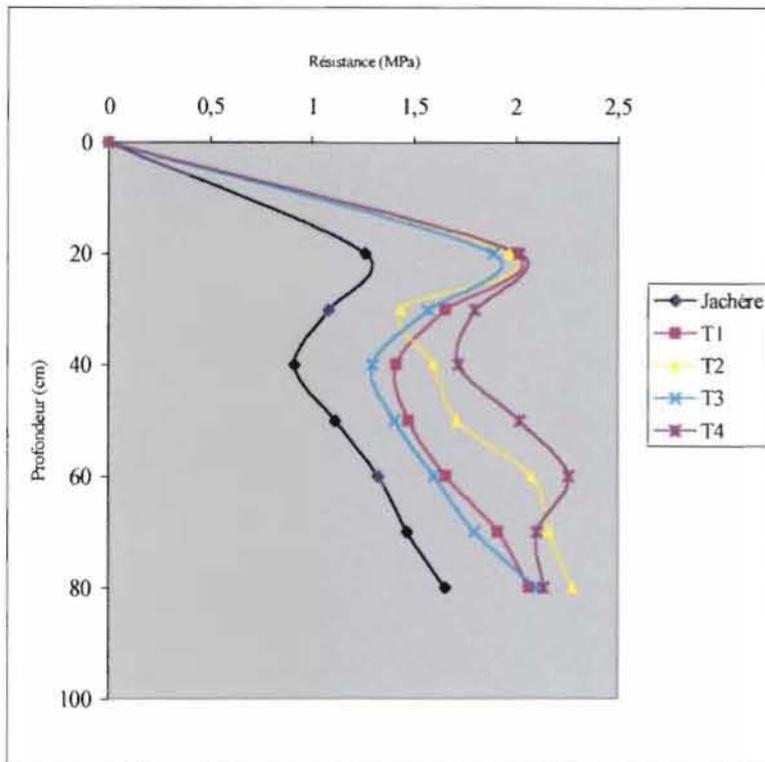
Traitement	K_i (j^{-1})
Jachère	0,074 ± 0,010
T1	0,045 ± 0,002
T2	0,016 ± 0,071
T3	0,088 ± 0,124
T4	0,069 ± 0,032
Probabilité	0,827

T1 : grattage T2 : grattage + fumier T3 : labour T4 : labour + fumier

NB : Aucune différence significative entre les traitements au seuil de 5%.

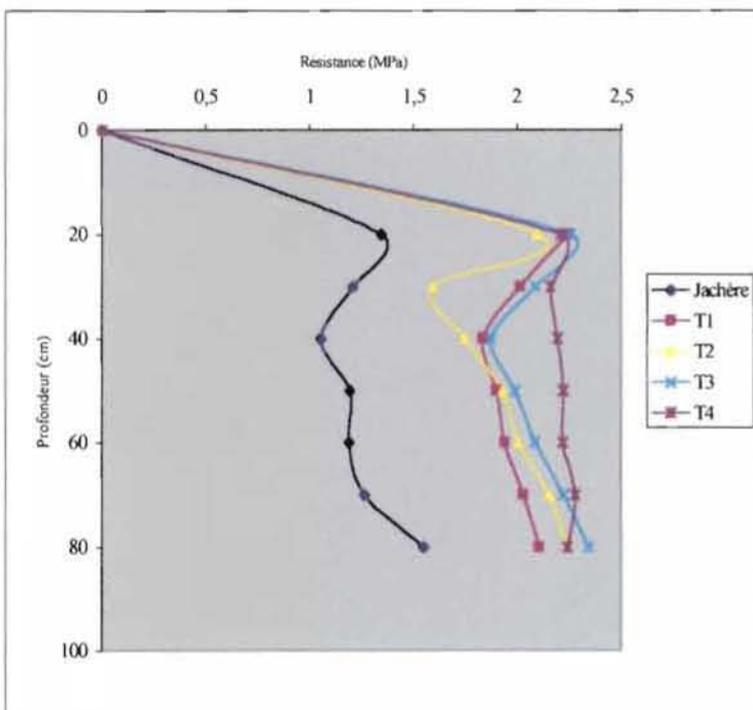
3.2.3. Résistance mécanique du sol à la pénétration

A cinq dates différentes, nous avons suivi à travers des mesures, la dynamique de la résistance du sol à la pénétration en relation avec l'humidité volumique du sol (figures 5a, 5b, 5c, 5d et 5e).



T1 : grattage T2 : grattage + fumier T3 : labour T4 : labour + fumier

Figure 5a : Profil pénétrométrique du sol au 04-10-99



T1 : grattage T2 : grattage + fumier T3 : labour T4 : labour + fumier

Figure 5b : Profil pénétrométrique du sol au 6-10-99

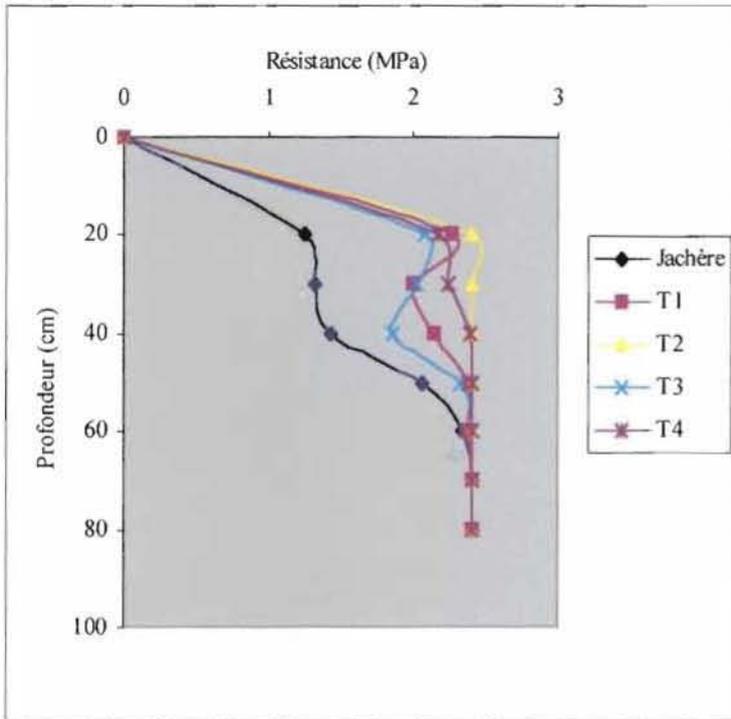


Figure 5c: Profil pénétrométrique du sol au 8-10-99

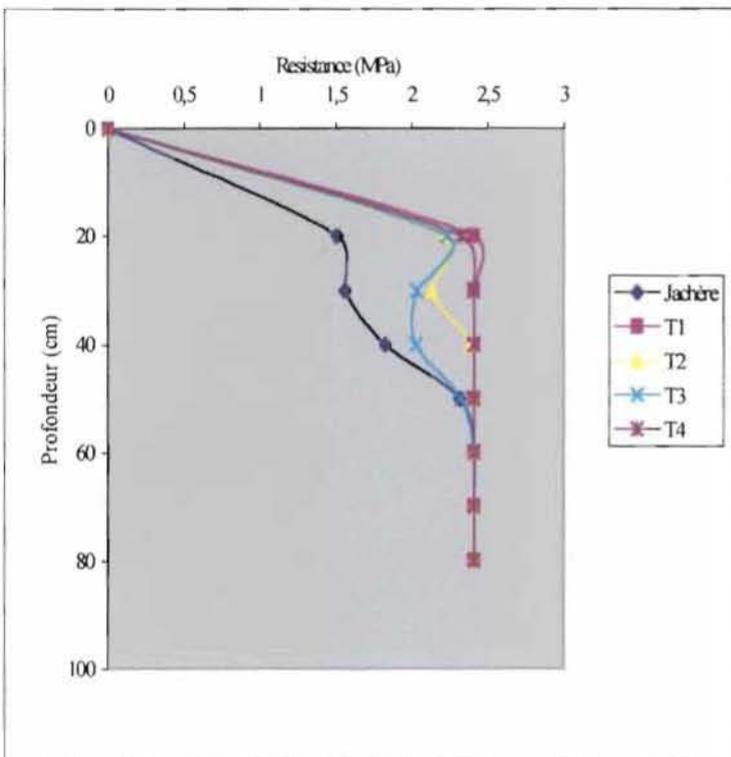


Figure 5d : Profil pénétrométrique du sol au 10-10-99

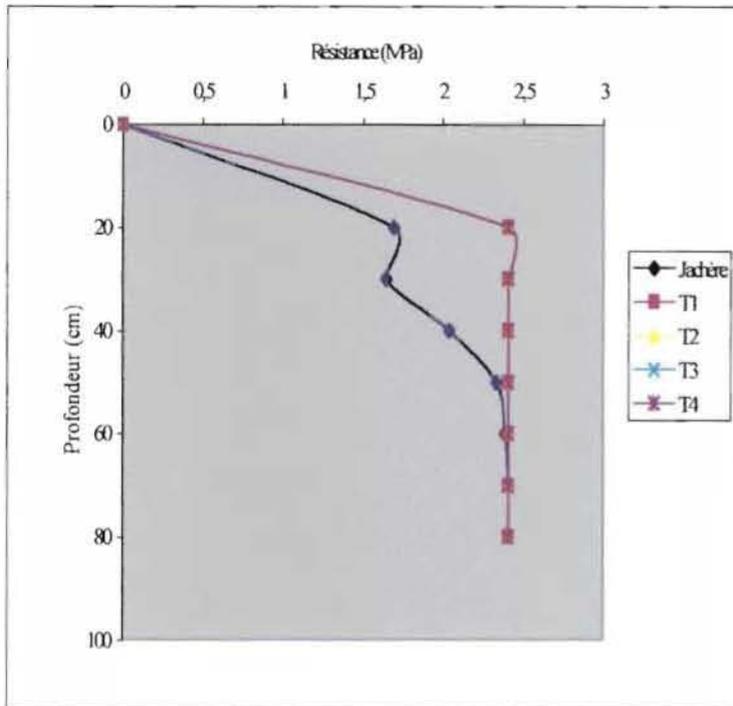


Figure 5e : Profil pénétrométrique du sol au 12-10-99

Les figures 5 traduisent à toutes les dates, une grande variabilité de la résistance du sol à la pénétration. Cette variabilité observée traduit la complexité d'appréciation de ce paramètre qui est influencé à la fois par la texture (structure particulière), la cohésion (la formation des agrégats), la densité et l'humidité du sol (OUATTARA, 1994). L'explication de cette variation tient sur les constats suivants :

- ◆ A 20 cm de profondeur, tous les traitements ont une résistance mécanique à la pénétration supérieure à la jachère ; traduisant ainsi un état d'ameublissement plus important de la jachère à cet horizon. On observe par la suite une diminution de la résistance du sol dans l'horizon 20-40cm.
- ◆ On note également qu'à toutes les dates de mesures et à toutes les profondeurs, les différences entre les parcelles cultivées ne sont pas nettes. L'explication tient sur deux faits :

- l'état d'ameublissement des horizons de surface de la jachère et des parcelles cultivées découle en grande partie de leur état hydrique, la texture étant homogène. En effet, lorsque le sol est sous culture, il se produit des perturbations dans les horizons de

surface tel que le phénomène de tassement dû aux actions conjuguées du piétinement, des gouttes de pluie et des instruments de travail (OUATTARA, 1994). Ce phénomène est très manifeste lorsqu'on compare l'état de surface des parcelles cultivées et celui de la jachère. En effet, au niveau de l'horizon de surface des parcelles cultivées, ces phénomènes accroissent l'assèchement du sol et par voie de conséquence, sa résistance à la pénétration ;

- cependant, la baisse de la résistance du sol à la pénétration dans la profondeur 20-40 cm est liée au système racinaire des cultures et à l'état hydrique du sol. En effet, la densité racinaire très forte dans l'horizon 20-40 cm, diminue la densité apparente et la résistance du sol . Elle augmente la macroporosité, et sous l'effet du dessèchement on observe un colmatage des pores dans l'horizon de surface, mais les horizons sous-jacentes restent plus humides (HOOMGOED, 1994). MANDO (1997) affirme que dans ces conditions, la résistance du sol à la pénétration diminue avec l'humidité croissante.

Pour corroborer ces résultats, les données ont permis d'établir une corrélation de type linéaire entre la résistance du sol à la pénétration et l'humidité volumique (figure 5f). On obtient une forte liaison entre les deux paramètres avec $r^2 = 0,89$ confirmant les propos ci-dessus.

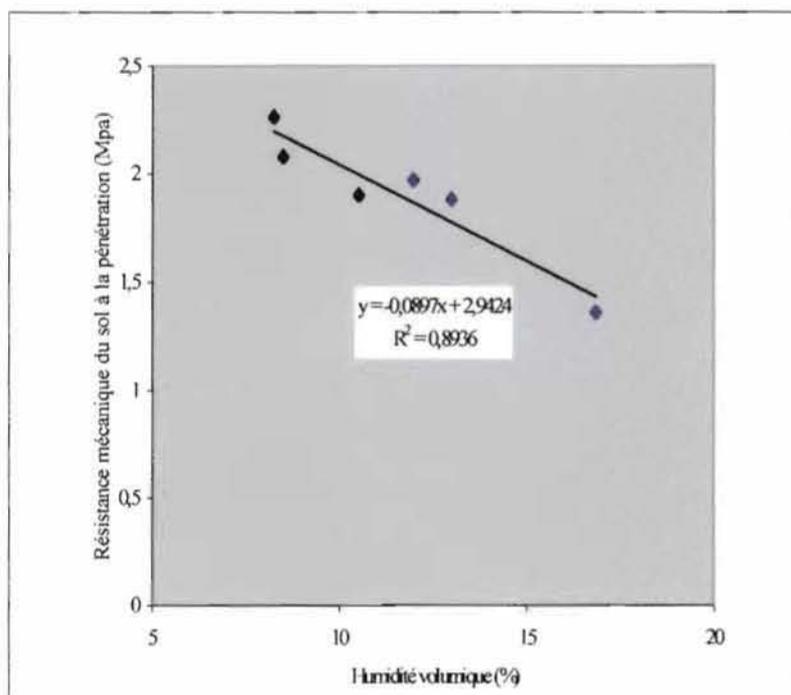


Figure 5 f: Régression entre l'humidité et la Résistance mécanique du sol à la pénétration

Conclusion

Les résultats obtenus montrent que la mise en culture altère les propriétés les propriétés physiques et hydrodynamiques du sol :

- par rapport au grattage et à une jachère, le labour dans cette situation réduit l'infiltration en provoquant un dessèchement rapide du sol,
- mais l'apport de matière organique permet d'augmenter l'infiltrabilité du sol..

CHAPITRE IV.

ETUDE DES EFFETS DU TRAVAIL DU SOL ET DE LA FUMURE ORGANIQUE SUR LA MINERALISATION DU CARBONE ET LA BIOMASSE MICROBIENNE DU SOL.

Introduction

La dégradation des espaces cultivés dans les zones tropicales semi-arides est liée à la baisse de leur fertilité (SEDOGO, 1990). L'étude de l'évolution de la fertilité du sol demande un contrôle des caractéristiques physiques et chimiques. Aussi, la définition du sol considéré comme un milieu vivant où des interactions subsistent entre les constituants abiotiques et les micro-organismes tels que la microflore et la microfaune, montre la nécessité de prêter une attention aux phénomènes biologiques du sol.

Le rôle des micro-organismes a été longtemps établi à plusieurs niveaux. Ils interviennent dans les cycles biogéochimiques des constituants minéraux du sol : ils agissent sur les processus de minéralisation de la matière organique (dégradation et *turn-over* des substances biodégradables). De façon indirecte, ce sont les organismes vivants du sol qui déterminent pour une grosse part le niveau de disponibilité en nutriments pour les cultures.

Selon leur nature et leur biomasse, leur activité est plus ou moins marquée sur les caractéristiques physiques et chimiques du sol. La macrofaune à l'instar des termites, peut modifier la porosité, la structure et l'infiltrabilité du sol (MANDO, 1991; MANDO et MIDIEMA, 1997).

La microflore accroît le potentiel enzymatique des sols, assure les cycles biologiques de nombreux éléments minéraux, influe sur le pH et le potentiel d'oxydoréduction ; elle agit aussi sur la genèse et la dégradation de la structure.

Environ 20% de l'apport énergétique au sol est utilisé par la faune et 80 % par la microflore (BACHELIER, 1973 ; cité par DIBOULO, 1999).

Ainsi, on perçoit l'importance de l'activité biologique dans le maintien et l'amélioration des équilibres pédologiques (BACHELIER, 1971).

Dans cette section, nous nous intéresserons à la décomposition de la matière organique dans le sol. Il faut noter que la décomposition est un phénomène essentiellement biochimique. Nous évaluerons aussi la biomasse microbienne et la teneur en carbone du sol qui sont des facteurs très importants dans la décomposition de la matière organique.

4.1. Matériels et méthodes

☞ Prélèvements d'échantillons

Les échantillons de sol pour les analyses chimiques et biologiques ont été prélevés dans l'horizon 0-15 cm, à l'aide d'une tarière. Des échantillons composites ont été prélevés sur chaque parcelle à la date du 14 Août (1 mois après les semis). Trois répétitions ont été effectuées sur chaque parcelle.

4.1.1. Dosage du carbone

La détermination de la teneur en carbone (Co) est faite par la méthode de WALKLEY-BLACK. Cette méthode consiste en une attaque d'une prise d'essai de terre par du bichromate de potassium 1N en excès, en présence d'acide sulfurique concentré. L'excès de bichromate est ensuite titré par une solution de sel de Mohr 0,5 N en présence de diphénylanine. L'oxydation se fait à froid (elle est donc incomplète : 7 % de la matière organique est oxydée).

Le pourcentage de matière organique (MO) est donné par l'expression suivante :

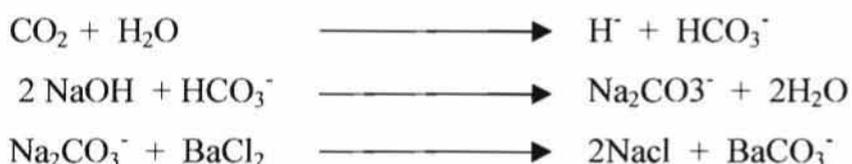
$$\text{MO (\%)} = \text{Co (\%)} \times 1,724 \quad (4)$$

4.1.2. Les tests de respirométrie

Des tests de respirométrie ont été utilisés pour apprécier l'impact des traitements sur :

- l'activité biologique (le pouvoir minéralisateur de la matière organique des organismes microbiens du sol),
- la biomasse microbienne mesurée à partir de la méthode de fumigation au chloroforme préconisée par JENKINSON et PAWLSON (1976).

Au laboratoire, les analyses ont porté sur des prises d'essai de 100g de terre fine tamisées à 2 mm et humidifiées au 2/3 de leur capacité maximale de rétention. Deux prises d'essai sont effectuées sur chaque échantillon dont l'une est fumigée au chloroforme lavée pour détruire les micro-organismes du sol. La terre est placée dans un bocal avec deux flacons dont l'un contient 20 ml de soude (0,1 N) et l'autre 20 ml d'eau distillée pour humidifier l'enceinte. On dose quotidiennement le CO₂ piégé par la soude successivement au cours d'une semaine d'incubation puis tous les deux jours après la première semaine d'incubation. Le CO₂ fixé est précipité par le BaCl₂ (3 %); ce qui permet de précipiter les carbonates en solution:



L'excès de soude est neutralisé par HCl (N/10) en présence de la phénolphtaléine. L'incubation des échantillons dure 21 jours.

Expressions des résultats

- *La quantité Q de CO₂ dégagée par jour* est obtenue par la formule suivante :

$$Q \text{ (mg)} = (V_0 - V_x) \times 0,6 \quad (5)$$

V_0 = chute de burette moyen pour le témoin

V_x = chute de burette moyen pour le traitement

Les données du dosage du carbone et celles des tests respirométriques nous ont permis d'évaluer *la cinétique de minéralisation du carbone* en calculant un coefficient de minéralisation au moyen de modèle mathématique d'évolution des substrats organiques. Nous nous intéressons ici à la décomposition de la fraction labile de la matière organique qui n'excède pas 21 jours. Le modèle utilisé est celui proposé par SALINAS-GARCIA *et al.* (1997) :

$$C_t = C_o * (1 - \exp(-k.t)) \quad (6)$$

C_t (mg/ 100g de sol) = carbone minéralisé au temps t (jour)

C_o = carbone total du sol

K (jour⁻¹) = constante de minéralisation

Le coefficient K a été calculé à partir d'une régression non linéaire avec le logiciel SPSS.

- Le taux de minéralisation globale:

Le taux de minéralisation globale (TMG) exprime la vitesse de minéralisation de la matière organique et permet d'estimer l'évolution temporelle des substrats organiques:

$$T.M.G. (\%) = (C. \text{ Dégagé} / C. \text{ Total}) \times 100 \quad (7)$$

- **La biomasse microbienne (B)**

$$B \text{ (mg)} = (F_{0-7} - NF_{7-14})/0,41 \quad (8)$$

avec,

F_{0-7} = CO₂ dégagé entre 0 et 7 jours par les échantillons fumigés

NF_{7-14} = CO₂ dégagé entre 7 et 14 jours par les échantillons non fumigés

0,41 = coefficient proposé par NICOLARDOT (1981) cité par CHAUSSOD *et al.* (1986)

4.1.3. Analyse des données

Des analyses de variance ont été effectuées sur toutes les variables mesurées ainsi que les paramètres utilisés dans les différentes équations.

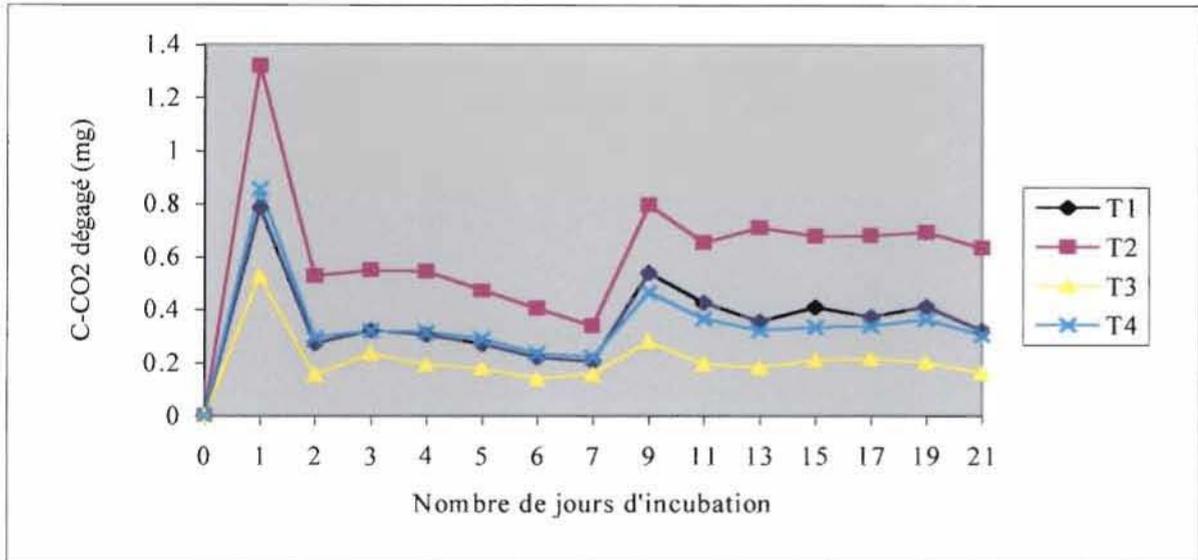
Le test de Student Newman-Keuls pour les comparaisons multiples a été utilisé pour toutes les relations établies au seuil de 0.05.

Les interactions entre les différents paramètres ont été évalués à l'ordre de 5%.

4.2 Résultats et discussions

4. 2.1 Evolution du dégagement journalier de CO₂

La figure 6 illustre les courbes représentatives des différents traitements (T1, T2, T3, T4) qui se caractérisent toutes par une croissance rapide du dégagement, suivi d'une phase de décroissance. Cette décroissance se termine par une stabilisation ou une linéarisation. Ces trois phases correspondent à des phénomènes précis de minéralisation de composés organiques bien définis :



T1 : grattage T2 : grattage + fumier T3 : labour + fumier T4 : labour + fumier

Figure 6 : Evolution du dégagement journalier de CO₂

- la première phase appelée “flush” correspond à une reprise de l’activité biologique. Cette reprise est favorisée par le changement d’état hydrique du sol dû à l’humectation. C’est aussi une phase de dégradation des substrats facilement biodégradables formés par les souches de cadavres de micro-organismes et des composés carbonés tels que les sucres et les protéines.

La décomposition des produits labiles (AKROUME, 1985) se matérialise par un pic de dégagement dont l’importance peut permettre d’établir des comparaisons entre les traitements.

Le pic du traitement T2 (grattage + fumier) est supérieur à celui des autres traitements, traduisant une activité biologique plus intense. Suivent dans l’ordre : T4 (0,857 mg de CO₂), T1 (0,785mg de CO₂), T3 (0,528mg de CO₂). C’est la différence de teneur en composés organiques labiles qui explique ce classement entre les traitements. Les parcelles fumées ont des dégagements plus élevés que les parcelles non fumées compte tenu de la matière organique qui stimule l’activité des micro-organismes.

On peut supposer que comparativement au labour, le grattage a une faible action sur la dégradation des substrats organiques labiles. Ce qui expliquerait le dégagement élevé de CO₂ au niveau de T2.

- La deuxième phase descendante due à la diminution de l'activité biologique, est marquée par un petit pic non différencié vers le 9^e jour. L'apparition de ce pic traduit une légère reprise de l'activité correspondant à une dégradation des produits néoformés (DOMMERGUES, 1960). Les mêmes résultats avaient été obtenus par BILGO (1999).

Il s'agit en outre dans cette phase, d'une minéralisation des composés organiques plus résistants que les produits labiles, mais moins résistants que la lignine. Ce sont des composés sans parois pectiques ou non phénoliques comme la cellulose (TIAN *et al.*, 1992; KILLHAM, 1994).

- La troisième phase relativement plus lente à partir du 11^e jour qui exprime une minéralisation lente se traduisant par un faible dégagement de CO₂. Dans cette phase, ce sont les composés résistants comme la lignine qui sont dégradés. Ces produits sont attaqués par des micro-organismes dits de 2^e génération. Cette biodégradation est marquée par de légères reprises qui correspondent à des regains d'activité.

Toutefois, l'interprétation des résultats du test respirométrique n'est qu'une estimation de l'activité potentielle des micro-organismes du sol ; cela s'explique par la complexité et le caractère aléatoire inhérents aux phénomènes biologiques.

4.2.2. Le carbone total du sol (C) et la minéralisation du carbone.

Tableau VI : Effets des traitements sur la teneur en carbone total (C) du sol, le CO₂ cumulé total et le TMG (taux de minéralisation global).

Traitement	Co (mg/100g)	CO ₂ cumulé (mg/100g)	TMG (%)
T1	249,5 ^a	5,20 ^b	2,12 ± 0,34
T2	579,8 ^b	9,00 ^c	1,57 ± 0,16
T3	205,03 ^a	3,01 ^a	1,48 ± 0,15
T4	356,97 ^c	5,11 ^b	1,41 ± 0,10
Probabilité	< 0,001	0,000	0,1403

T1 : grattage T2 : grattage + fumier T3 : labour T4 : labour + fumier

NB : les valeurs d'une même colonne suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.

On distingue trois groupes de traitements par la comparaison entre les valeurs de la teneur en carbone total du sol (Co): (T1 et T3), T2 et T4. Ce regroupement paraît être établi selon le travail du sol d'une part et selon la fumure organique d'autre part. Le premier groupe constitué des parcelles sans apport de matière organique a des valeurs de Co plus faibles que celles des deux autres groupes. L'apport de fumier à la dose de 10T/ha pendant la préparation du sol a contribué à augmenter la teneur en carbone du sol dans les parcelles T2 et T4. A l'apport de fumier pendant la campagne, il faut ajouter les effets résiduels cumulés des précédents culturaux qui contribuent à augmenter le stock organique du sol.

Cependant, lorsqu'on compare les teneurs en carbone entre T2 et T4, on constate que malgré les apports de fumier aux mêmes doses, c'est T4 qui a la teneur en carbone la plus faible; ce qui traduit le fait que, probablement, le labour ou les

interactions labour-apport de fumier ont un effet réducteur sur le carbone total du sol. La comparaison entre T1 et T3 permet de confirmer ces propos. Les mêmes observations ont été faites par SEBILLOTE (1989) qui, en analysant une série diachronique des données de dix années consécutives, montre que la variation de teneur en carbone total du sol est liée aux modifications du coefficient isohumique par les pratiques culturales du sol. Ce coefficient isohumique serait accru en l'absence de labour (notamment le travail superficiel du sol comme le grattage).

L'examen du Tableau VI montre aussi qu'il n'y a pas de différences significatives entre les traitements au seuil de 5% pour le TMG. Néanmoins, des différences arithmétiques existent entre les différents traitements. Les parcelles labourées (T3 et T4) ont des taux de minéralisation plus faibles que ceux des parcelles grattées (T1 et T2).

Les différences arithmétiques entre les parcelles labourées et celles grattées, s'expliquent par le fait que les labours induisent à long terme une baisse de l'activité minéralisatrice des micro-organismes du sol par suite de diminution du stock organique (PIERI, 1989). Cette situation est conforme à ce qui a été développé dans les paragraphes précédents à propos des effets du labour, du grattage et de la fumure organique d'une part ou de leurs effets combinés d'autre part.

Mais l'absence de différence significative entre les traitements pourrait se comprendre pour la simple raison que la qualité des composés organiques présents pendant l'incubation ne permet pas une expression significative du taux global de minéralisation. Compte tenu du fait qu'un mois après l'application du fumier, la dégradation de certains composés organiques comme les polyphénols devient relativement plus difficile et lente (TIAN, 1998), le taux de minéralisation devient très faible de sorte qu'on ne puisse pas observer les différences significatives entre les traitements.

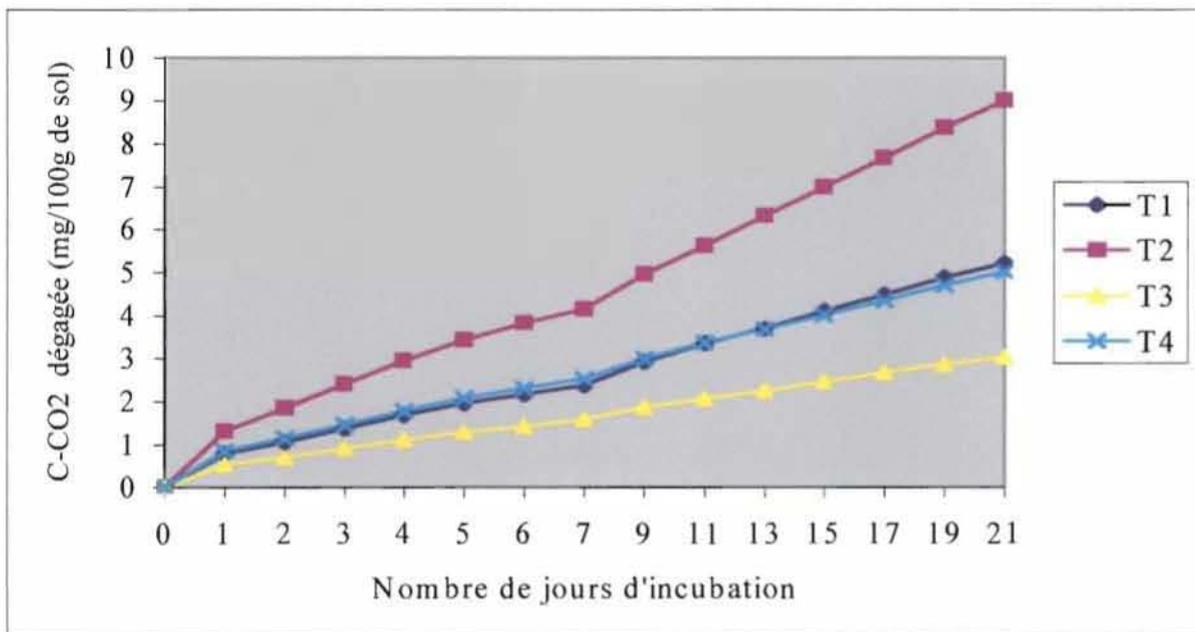
Par ailleurs, on note que la vitesse de dégradation est accélérée par le travail du sol. En comparant, T1 (grattage sans fumier) et T3 (labour sans fumier), on remarque que le labour stimule la dégradation des composés organiques en augmentant

l'aération et l'humidité du sol ; ce qui donne aux micro-organismes de meilleures conditions de dégradation de la matière organique.

Enfin, le TMG le plus élevé qui est observé dans les parcelles T1 reste un fait non expliqué car ce sont des parcelles à faible teneur en carbone et biomasse microbienne et par conséquent on devait observer les tendances contraires.

□ Dégagements cumulés de CO₂

La figure 7 qui présente des courbes de type exponentiel, montre que les dégagements cumulés de CO₂ évoluent de manière croissante au bout des 21 jours d'incubation. Ceci a permis de hiérarchiser les traitements: T2 > T1 > T4 > T3.



T1 : grattage T2 : grattage + fumier T3 : labour T4 : labour + fumier

Figure 7 : Evolution cumulée du C-CO₂ dégagé pendant l'incubation

Le dégagement de CO₂ est plus faible dans les parcelles labourées (T3 et T4) que dans les parcelles non labourées (T1 et T2) indifféremment des apports organiques (Tableau VI). Il semble donc que l'activité biologique est plus intense dans les parcelles grattées que dans les parcelles labourées. Cette différence s'expliquerait par le fait que dans les parcelles labourées, il y'a eu une forte accumulation de substances

organiques *récalcitrantes* (difficilement biodégradables) pendant les processus de minéralisation des micro-organismes stimulés par les labours annuels (SEBILLOTE, 1989). Aussi, au moment de l'incubation, les composées organiques labiles des échantillons de sol se trouvent déjà dégradés et les phénomènes de dégradation ultérieurs ne concernent à ce moment que la fraction organique récalcitrante ; cette dégradation se traduit par une baisse de l'activité biologique du sol. La minéralisation des composées organiques a été donc stimulé par le labour. Ces résultats sont attestés par les travaux de PIERI (1989) et de VALLEY et LONGVAL cités par TAONDA (1996). Leur explication tient pour logique que le labour stimulerait l'activité biologique et induirait un effet dépressif sur la matière organique. L'effet dépressif découle du fait que le labour en augmentant la perméabilité du sol par suite d'une augmentation de la porosité et de la capacité d'infiltration du sol, en induisant un bouleversement dans l'organisation des compartiments du sol (COULOMB et MANICHON, 1993), crée ainsi un état d'aération et de température favorables aux micro-organismes qui dégradent plus vite et plus facilement la matière organique.

Aussi, GOLCHIN *et al.* (1993) en confirmant ces propos, pensent qu'en absence d'apports organiques, le stock organique diminue dans les sols cultivés, ce qui a pour conséquence la réduction de l'activité biologique.

En comparant T3 et T4 qui ont respectivement des dégagements cumulés de 3,01 et 5,11mg /100g de sol, on se rend compte que la matière organique stimule l'activité biologique du sol. Il en est de même si on compare T1 et T2. Cette stimulation est dictée par des mécanismes alimentaires car les micro-organismes du sol tirent l'essentiel des éléments nutritifs dans la décomposition des substrats organiques incorporés au sol.

L'observation du Tableau VI permet également de voir un grand écart significatif de 5.99 entre les dégagements cumulés de carbone de T2 et T3. En partant du principe que l'intensité respiratoire dépend du pool de micro-organismes, on pourrait émettre alors une hypothèse quant à la présence d'une biomasse microbienne beaucoup plus importante dans les parcelles grattées et fumées (T2) que dans T1, T3 et

T4, ce qui traduirait l'observation d'une activité de minéralisation plus élevée au niveau de T2.

□ Cinétique de minéralisation du carbone

Tableau VII : Analyse comparative des paramètres du modèle utilisé pour la cinétique de minéralisation du carbone

Traitement	Co (mg /100g)	K (jour ⁻¹)	r ²
T1	249,5 ^a	0,0011 ^a	0,92
T2	579,8 ^b	0,0008 ^a	0,91
T3	205,03 ^a	0,0008 ^a	0,85
T4	356,97 ^c	0,0007 ^a	0,87
Probabilité	< 0,001	0,179	

T1 : grattage T2 : grattage + fumier T3 : labour T4 : labour + fumier

Co = carbone total du sol K = constante de minéralisation

NB : les valeurs d'une même colonne suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.

Les résultats de l'analyse de variance sur les variables de l'équation (3) consignés dans le Tableau VII, montrent que:

- le modèle de SALINAS-GARCIA (1997) décrit bien le phénomène car la plus faible valeur du coefficient de corrélation observée est 0,87. °

- Le coefficient de corrélation, r² décroît avec le travail du sol. Il est plus élevé pour le grattage que pour le labour. On pourrait ainsi penser que ce coefficient s'altère avec la qualité du carbone total du sol. En témoigne ses valeurs plus faibles au niveau des parcelles labourées. En effet, certains auteurs comme BENGING et TURNER (1999) ont montré que cette altération du coefficient de corrélation de l'équation (7) est liée au fait que les labours entraînent une accumulation plus importante de la fraction récalcitrante de la matière organique si bien qu'ils ont été emmenés à introduire les teneurs en lignine dans les équations de cinétique de minéralisation de la matière

organique ; ceci pour prendre en compte la notion de la qualité de la matière organique dans ses processus de dégradation;

- la grandeur du coefficient K renseigne aussi sur la vitesse de minéralisation de la matière organique.

- le coefficient K suit la même évolution que le TMG pour les mêmes phénomènes décrits plus hauts.

4.2.3. Biomasse microbienne

Les résultats de la détermination de la biomasse microbienne du sol (B) sont portés sur le Tableau VIII.

Tableau VIII: Effets des traitement sur la biomasse microbienne (B)

Traitement	B (mg/100g de sol)
T1	2,02 ^a
T2	6,29 ^b
T3	1,53 ^a
T4	3,10 ^{ac}
Probabilité	< 0,001

T1 : grattage T2 : grattage + fumier T3 : labour T4 : labour + fumier

NB : les valeurs d'une même colonne suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.

La biomasse microbienne varie de 1,53 à 6,29 mg. C /100g de sol. La plus faible valeur est obtenue au niveau des parcelles T3. Par contre, la plus forte valeur s'observe dans les parcelles grattées avec fumier (T2). On remarque aussi une différence arithmétique entre les deux traitements qui comportent du fumier. Ces résultats traduisent le fait qu'en absence d'amendement organique, les labours annuels réduisent la biomasse microbienne.

Une équation de type linéaire a été établie entre la teneur en carbone du sol et la biomasse microbienne : $B = 1,227 * C - 0,941$ ($r^2 = 0,913$; $P = 0.0000$). Le coefficient de corrélation et la probabilité P montrent que la biomasse microbienne du sol est étroitement et positivement corrélée à la matière organique.

Comme nous l'avons déjà fait ressortir dans les résultats des tests respirométriques, la matière organique conditionne pour l'essentiel les caractéristiques biologiques du sol. Le coefficient de corrélation ($r^2 = 0,913$) obtenu entre la biomasse microbienne et la teneur en carbone soutient ce constat.

En effet, la biomasse microbienne, compartiment régulateur du statut de la fertilité chimique (DOMMERMUES, 1960), évolue au dépend de l'énergie produite au cours de la dégradation des substrats organiques. Ceci montre que l'intensité et la dynamique microbienne dépend du stock organique du sol. Or, les apports annuels de 10 T/ha de fumier contribuent à augmenter ce stock. Par conséquent, comme le montre le Tableau VIII, la biomasse microbienne se trouve considérable au niveau des parcelles (T2 et T4) comparativement aux parcelles (T1 et T3).

On comprend alors que les parcelles avec apport de fertilisant organique hébergent une plus grande population microbienne et partant une activité plus intense.

En dépit du fait que T2 et T4 sont tous des parcelles fumées, on observe une différence arithmétique dans leur biomasse microbienne avec respectivement 6.29 et 3.01mg /100g de sol. Ceci traduit le fait que la combinaison grattage-fumier a un effet positif sur la biomasse comparativement à la combinaison labour-fumier. la différence relative est de + 69 %. L'explication tient pour deux faits :

- le labour, en réduisant la matière organique dans le sol, réduit les sources d'énergie consommables par les micro-organismes ; cette réduction des sources d'énergie diminue la prolifération des micro-organismes.

- le labour, en déstructurant le sol, induit des conditions d'aération et de température défavorables au micro-organismes du sol.

Au delà des différences qui existent entre les traitements, nous avons cherché à quantifier d'une part l'effet du travail du sol et d'autre part celui de la fumure organique, sur la biomasse microbienne. Ceci nous a conduit à chercher les relations

de chacun de ces facteurs de traitement avec la biomasse microbienne en établissant une équation définie dans le Tableau IX, de la forme :

$$\text{Biomasse} = A * \text{Travail du sol} + B * \text{Fumure} + \text{Cte} \quad (9)$$

où A et B sont des coefficients.

Dans le Tableau IX, on remarque que la probabilité *Panov* de l'ensemble de la régression est significative au seuil de 5 % ; ce qui concourt à montrer qu'il existe une interaction entre le travail du sol et la fumure organique sur la biomasse microbienne du sol.

La probabilité du coefficient A de la fumure organique dans l'équation de la régression multiple qui est de 0,022, est plus faible que celui du travail du sol qui est de 0,095. On déduit alors que c'est la fumure organique qui a l'effet le plus significatif dans la combinaison du travail du sol et de la fumure organique.

On peut également observer que le coefficient A du travail du sol est négatif (-1,574), ce qui montre le rôle dépressif du travail du sol sur la biomasse microbienne. Comme montré dans les paragraphes précédents, c'est principalement le labour qui réduit la biomasse microbienne.

Tableau IX : Equation d'une régression multiple entre les facteurs de traitement et la biomasse microbienne (B).

	Coefficients	P	Cte	<i>Panova</i>
B Travail du sol	-1,574	0,095	2,722	0,0186
Fumure organique	2,329	0,022		

P : niveau de probabilité pour le Coefficient de chaque facteur

Panova : niveau de probabilité pour l'ensemble de la régression

cte : constante

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons montré l'effet des labours annuels sur l'activité biologique exprimée par le degré de minéralisation de la matière organique. Les résultats obtenus montrent que comparativement aux grattages, les labours annuels réduisent significativement l'activité biologique du sol en influant sur la biomasse microbienne. Cet effet dépressif des labours annuels est d'autant plus marqué en l'absence d'apport organique.

CHAPITRE V :

ETUDE DES EFFETS DU TRAVAIL DU SOL ET DE LA FUMURE ORGANIQUE SUR LE DEVELOPPEMENT ET LE RENDEMENT DES CULTURES.

Introduction

L'objectif dans ce chapitre est de mettre en rapport les qualités du sol et le rendement des cultures qu'il supporte afin d'évaluer sa productivité. Cette dernière permet d'exprimer la richesse du sol et les conditions climatiques inhérentes du milieu (PIERI, 1989). Pour plus ou moins corroborer les résultats de l'analyse des propriétés physico-chimiques et biologiques du sol, nous analyserons comparativement les données sur la croissance caulinaire, le taux d'épiaison et sur le rendement afin de mieux dégager les tendances.

5.1 Matériels et méthodes

5.1.1 Mesure de la croissance végétative du sorgho

En vue de l'estimation de la vitesse de croissance du sorgho, des mensurations sur la hauteur de la tige ont été réalisées toutes les deux semaines et ont porté sur 10 % des plants de la parcelle utile tirés au hasard. Pour cette fin, à chaque poquet retenu, on choisit le plant le plus vigoureux et l'on mesure sa hauteur (du collet jusqu'à la dernière feuille) à l'aide d'une règle graduée tenue verticalement.

5.1.2. Observations de la phénologie du sorgho

Les observations sur les stades phénologiques du sorgho ont porté sur les dates de début épiaison, 50 % épiaison, 100 % épiaison. Le début épiaison est caractérisé par l'apparition du premier épis dans la parcelle.

5.1.3. Evaluation du rendement du sorgho

Les rendements ont été évalués en prenant en compte tous les plants du dispositif moins les bordures afin de prendre en compte la variabilité spatiale des parcelles. Les panicules sèches sont battues et permettent l'estimation du rendement-grain. La paille coupée permet d'estimer le rendement-paille.

Les moyennes des résultats obtenus à partir des parcelles élémentaires sont alors extrapolées sur une superficie d'un hectare.

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

$$\text{Rdt (Kg/ ha)} = \text{nbre de pieds /ha} \times \text{nbre d'épis/pied} \times \text{nbre de grains/épi} \times \text{poids de 1000 grains} \quad (10)$$

5.1.4 Analyse statistique

Les méthodes d'analyse sont basées sur des analyses de variance qui ont été effectuées sur toutes les variables mesurées à l'aide du logiciel GENSTAT.

Des calculs de régression linéaires au moyen du logiciel SPSS ont permis d'étudier les liens entre les paramètres physiques, hydrodynamiques, biologiques et le rendement du sorgho.

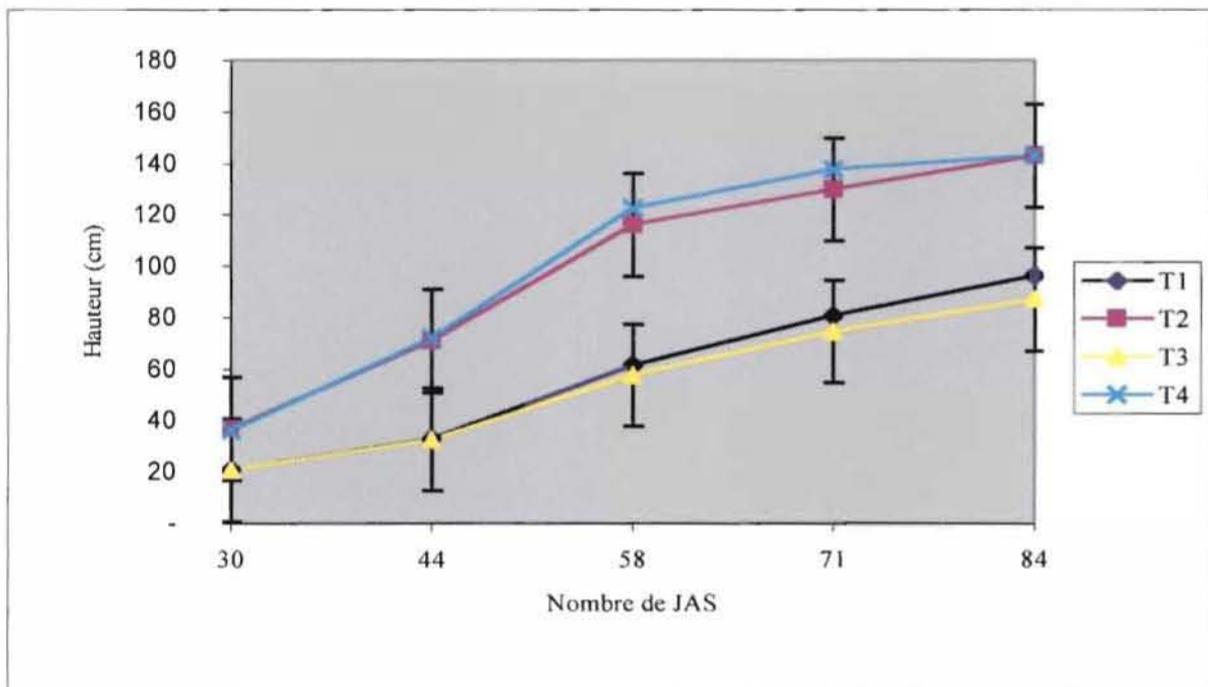
Le test de Student Newman-Keuls pour les comparaisons multiples a été utilisé pour toutes les relations établies au seuil de 0.05.

5.2. Résultats et discussions

5.2.1. Croissance caulinaire du sorgho

Les mesures de hauteur des plants effectuées toutes les deux semaines permettent d'évaluer l'incidence des traitements sur le développement végétatif des cultures. Le suivi de leur développement a permis aussi de découvrir des disparités en cours de croissance, liées aux conditions édaphiques (teneur en matière organique) pendant les premières semaines de croissance.

La figure 8 présente la croissance caulinaire des plants au niveau de chaque traitement.



T1 : grattage T2 : grattage + fumier T3 : labour T4 : labour + fumier

Figure 8 : Croissance caulinaire du sorgho par traitement

Par une analyse de variance, nous avons pu alors comparer les traitements et en déterminer les efficacités pour mieux avoir une idée sur les résultats agricoles à la récolte. On détermine alors les traitements de meilleurs épiaisons et rendements (grains et paille). Le Tableau X permet de tirer les conclusions suivantes:

- En comparant T1 (grattage sans fumier) et T3 (labour sans fumier), on se rend compte que statistiquement, même si les différences ne sont pas significatives, le labour induit des croissances relativement plus faibles. En effet, les labours annuels réduisent considérablement le stock organique du sol au fil des années de cultures (cf. paragraphe 4.2.2.). Or c'est la matière organique qui procure aux cultures les meilleures conditions d'alimentation minérale et hydrique (GREGORY *et al.*, 1998).

Ces observations sont contraires à celles faites au Burkina Faso sur les céréales et rapportées par CHOPART (1994) qui s'expliquent par le fait que les essais ont été conduits sur des dispositifs qui ne sont pas pérennes donc, sans effets précédents du labour. Dans le cas présent, on pourrait alors penser aux effets dépressifs du labour qui surviennent à long terme sur les propriétés physiques du sol (OUATTARA, 1994) en admettant que la baisse de la fertilité physique influe négativement sur la productivité du sol.

Tableau X : Effets des traitements sur la croissance végétative du sorgho à différentes dates.

Traitements	Hauteurs moyennes (cm)				
	30 JAS	44 JAS	48 JAS	61 JAS	75 JAS
T1	20,7 ^a	32,8 ^a	61,2 ^a	80,5 ^a	96,1 ^a
T2	36,9 ^b	70,9 ^b	115,9 ^b	129,8 ^b	142,8 ^b
T3	20,6 ^a	32,5 ^a	57,4 ^a	74,5 ^a	87 ^a
T4	36 ^b	72 ^b	122,5 ^b	137,6 ^b	142,9 ^b
Probabilité	0,004	< 0,001	< 0,001	0,001	0,002
Coefficient de variation	16,9	17,8	14,2	14	12,1

T1 : grattage T2 : grattage + fumier T3 : labour T4 : labour + fumier JAS : jour après semis

NB : les valeurs d'une même colonne suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.

- La matière organique agit sur toutes les périodes de croissance observées. Les parcelles ayant reçu de la fumure organique (T2 et T4) ont relativement, à toutes les dates d'observation les plus grandes hauteurs caulinaires. Par rapport aux parcelles sans fumier (T1 et T3), la fumure organique induit des suppléments de hauteur de 76 %; 146,49 %; 101,01 %; 72,51 %; 56,06%, respectivement à 30 JAS , 44 JAS , 48 JAS , 61 JAS et 75 JAS, indiquant le rôle capital de la matière organique dans le développement végétatif du sorgho. Ces résultats sont conformes aux observations de nombreux auteurs sur des essais de fertilisation organique, notamment BONZI (1989), SEDOGO (1993).
- Il en est de même pour l'impact des traitements illustré par la séparation des moyennes qui donne 2 groupes de traitements (T1 et T3) et (T2 et T4).

L'examen du Tableau X permet de constater que les parcelles fumées (T2 et T4) et quel que soit le travail du sol qui y est combiné, ont une incidence similaire sur la croissance de la culture. Il en est de même pour les parcelles non fumées (T1 et T3). L'établissement de ces deux couples de traitement semble ne pas prendre en compte les différences de traitement par rapport au travail du sol (grattage et labour). Ce qui confirme une fois de plus que le travail du sol n'a pas d'effet significatif dans ces conditions et que les différences peuvent être attribuées à la fumure organique.

Les écarts entre les deux groupes de traitements varient du simple au double en début de cycle et se réduisent à partir de 61 JAS (jours après semis) sans s'annuler à la fin du cycle. Ainsi, des différences arithmétiques entre tous les traitements s'observent pour les hauteurs finales des plants; l'ordre croissant de grandeur est le suivant: T4, T2, T1, T3. Cette différence de croissance très marquée en début de cycle au profit des traitements (T2 et T4) s'expliquerait par le fait que les apports de fumier et de la fumure minérale (100 kg/ha de NPK et 50 kg/ha d'urée) semblent créer de bonnes conditions de nutrition et d'aération favorables à la croissance du sorgho. En effet, ces parcelles contiennent plus de matière organique labile et l'humification et/ou la minéralisation progressive des substrats *préhumiques transformés* pendant le *flush* (Fig.5) améliorent la structure du sol et stimulent l'activité biologique du sol

(CHARREAU et NICOU, 1971 ; GREGORY *et al.*, 1998), ce qui permet une libération rapide des éléments nutritifs.

Cependant, le stock organique s'amenuise plus rapidement dans les parcelles T1 et T3, la croissance des plants ralentie avec la durée du cycle par rapport aux plants des parcelles ayant bénéficié de la fumure organo-minérale (T2 et T4).

Enfin, il faut noter que les interactions qui reflètent l'effet combiné entre le facteur travail du sol et le facteur matière organique, sont minimales au seuil de 5 %.

5.2.2 Observations sur les dates d'épiaison

Tableau XI : Dates d'épiaison en nombre de jours après semis (JAS) en fonction des traitements.

Traitements	Début épiaison	50 % épiaison	100 % épiaison
T1	71 ^a	74 ^a	89 ^a
T2	62 ^b	71 ^a	84 ^a
T3	68 ^a	81 ^a	95 ^a
T4	53 ^c	70 ^a	87 ^a
Probabilité	0,041	0,24	0,111
Coefficient de variation	3,9	7,2	13,3

T1 : grattage T2 : grattage + fumier T3 : labour T4 : labour + fumier

NB : les valeurs d'une même colonne suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.

Des observations quotidiennes au champ ont permis de formuler des pourcentages d'épiaison consignés dans le Tableau XI, afin de mesurer l'influence des traitements sur le développement de la culture.

On observe des différences significatives induites par les traitements. De manière générale (sur l'ensemble des trois périodes d'observation), les parcelles labourées sans apport de fumier (T3) sont les plus tardives pour l'épiaison. L'apport de

fumier permet de raccourcir la phase de début épiaison : 68 JAS pour le traitement T3, et 53 JAS pour le traitement T4.

Dans les deux dernières phases (50 et 100 % épiaison), il n'y a plus de disparité entre les traitements. La variété ICSV 1049 n'étant pas une variété photosensible on pourrait encore penser au rôle positif de la matière organique dans le développement des cultures : la fumure organique insuffle aux plants une croissance plus rapide et il s'en suit une épiaison relativement précoce. Les résultats de GREGORY *et al.* (1998) corroborent les nôtres.

5.2.3. Rendement et composantes du rendement

Tableau XII : Effet des traitements sur le rendement et les composantes du rendement.

Traitements	Poids 1000 grains (g)	Poids panicules (g)	Rdt paille (Kg/ ha)	Rdt grains (Kg/ha)
T1	24,72 ^a	1592 ^a	1395 ^a	618 ^a
T2	26,42 ^b	4646 ^b	3237 ^b	2348 ^b
T3	23,74 ^a	1250 ^a	1163 ^a	460 ^a
T4	27,98 ^b	5908 ^b	3785 ^b	2618 ^b
Probabilité	< 0,001	0,007	< 0,001	< 0.001
Coefficient de variation	13,6	4,3	12,3	30,1

T1 : grattage T2 : grattage + fumier T3 : labour T4 : labour + fumier

NB : les valeurs d'une même colonne suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.

Le Tableau XII où sont regroupés les résultats, fait ressortir une différence hautement significative entre les traitements pour le rendement et ses composantes. Les composantes retenues concernent le poids de mille grains (P.milgr) et le poids panicules (P.pan). Les coefficients de variation sont acceptables.

De manière globale, les rendements obtenus dans les différents traitements sont assez faibles par rapport au rendement potentiel de la variété ICSV 1049 qui est de 4000 Kg/ha. Cette faiblesse de rendement pourrait s'expliquer par les semis tardifs, liés aux irrégularités de la pluie en début de saison. Aussi, on pourrait lier la faiblesse des rendements à la durée de mise en culture qui entraîne une baisse de matière organique dans le sol (SEDOGO, 1993).

Au delà de ce constat, l'analyse comparative intertraitement permet d'observer un faible effet du labour sur les caractéristiques de la productivité. Par rapport aux autres traitements (T1, T2, T3), la fumure organique combinée au labour (T4) permet d'avoir les meilleurs résultats (2618 Kg/ha). De ces observations, tout se passe comme si le travail du sol (labour) réduisait la productivité du sol sous culture de sorgho. Cet effet négatif est d'autant plus marqué en l'absence de substrats organiques. Deux groupes de traitements (T1 et T3 ; T2 et T4) ont été obtenus par la séparation des moyennes.

On peut ainsi distinguer l'effet du travail du sol et celui de la fumure organique. Toute chose étant égale par ailleurs, la matière organique se révèle être la substance de base de la productivité des sols en milieu soudano-sahélien.

Aussi, considéré comme facteur d'analyse, la fumure organique accroît hautement les variables mesurées avec un coefficient multiplicateur de 3,71 pour le poids des panicules ; 1,12 pour le poids des mille grains ; 2,74 pour le rendement paille et 4,60 pour le rendement grains.

En revanche, le travail du sol ne donne pas de différences significativement décelables entre les traitements (Tableau XIII).. En effet le tableau , exprime le rendement en fonction du travail du sol et de la fumure organique à l'aide d'une équation de type linéaire :

$$Rdt = A * Travail\ du\ sol + B * Fumure\ organique + Cte \quad (11)$$

Rdt = Rendement A et B étant des coefficients

Les coefficients négatifs observés pour le travail du sol traduit son effet dépressif sur le rendement (grains et paille). Ces résultats corroborent ceux de la croissance caulinaire et ceux des stades d'épiaison

Tableau XIII : Equation d'une régression multiple entre les facteurs de traitement et le rendement du sorgho

		Coefficients	P	Cte	Panova
Rdt-grains	Teneur en carbone	691,36	0,0003		
	Travail du sol	979,80	0,023	-1383,27	0,0009
Rdt-paille	Teneur en carbone	725,22	0,0012		
	Travail du sol	1127,37	0,0387	-691,28	0,0039

Rdt : Rendement P : niveau de probabilité pour le Coefficient de chaque facteur

Panova : niveau de probabilité pour l'ensemble de la régression Cte : constante

Les meilleurs écarts au rendement s'observent entre le traitement T4 et le traitement T3 (270 Kg/ha pour le rendement grains et 2622 Kg/ha pour le rendement paille). Relativement aux autres types de parcelles, nous pouvons alors dire que les parcelles labourés sans apport de fumier rendent moins. Dans ces conditions, l'effet négatif du labour se perçoit aisément.

La comparaison entre le traitement T4 et le traitement T3 conduit à penser que la fertilisation organo-minérale permet d'inhiber cet effet néfaste du labour sur le rendement, voire même convertir l'effet négatif du labour car logiquement, les parcelles non labourées avec apport de fumier (T2) devaient avoir un meilleur rendement par rapport aux parcelles labourées avec apport de fumier (T4) compte tenu de la différence de teneur en carbone qui est en faveur de T2. Or, le cas contraire est observé. Cela pourrait s'expliquer par le fait que la biomasse microbienne est plus importante au niveau de T2 qu'au niveau de T4, ce qui crée des *phénomènes d'immobilisation* plus marqués pour le NPK apporté. Il y a le fait aussi que la

macroporosité plus élevé au niveau de T2 (OUATTARA, 1994), induit des pertes d'azote.

Discussion-synthèse

Les rendements et les variables biométriques ont été corrélées à travers une matrice de corrélation présentée dans l'**annexe 1** et respectent approximativement les relations entre croissance de l'appareil végétative et le rendement en grains du sorgho établie par YVES et CAVALIE (1980) cités par KABORE (1995). Cette relation indique que chez le sorgho, les faibles rendements sont dus à une faible croissance de l'appareil végétative durant la période semis-floraison.

L'analyse des résultats sur les paramètres biométriques mesurés sur le sorgho, montre, somme toute que le sorgho réagit de manière négative aux labours annuels. Ils induisent des performances relativement moins intéressantes. Des résultats semblables sur le mil ont été obtenus par VYN et RAIMBAULT (1993) après des essais de 8 à 18 ans. Cela pourrait s'expliquer surtout par la baisse de matière organique dans le sol. Ce qui limiterait le pouvoir d'enracinement (CHOPART, 1994) de la culture par suite d'une réduction de la porosité et des caractéristiques hydrodynamiques du sol. Sur les parcelles fertilisées et labourées annuellement (T4), la croissance des tiges, le déroulement du cycle (dates épiaison) et logiquement le rendement sont nettement améliorés. Le meilleur comportement de la culture au niveau des parcelles labourées et fumées découle des effets salvateurs des amendements organiques dans la nutrition minérale des plantes (SOLTNER, 1994 ; DE RIDDER, 1997). Des résultats semblables avaient été obtenus par SEDOGO (1990) à Saria.

En effet, l'incidence de la matière organique sur les performances du sorgho n'est qu'une corollaire de l'amélioration des propriétés physico-chimiques et biologiques du sol. Les coefficients de corrélation très élevés du Tableau XIV entre le temps d'imbibition du sol (T_i), le carbone total du sol (C_o), la biomasse microbienne (B) et le rendement (Rdt) confirme ces observations. OUATTARA *et al.* (1998) montre que la teneur en carbone relativement plus élevée sur ces parcelles permet d'affermir

la structure du sol soumise à une dépréciation par les labours annuels. On met aussi en évidence dans ces conditions le rôle important de la porosité dans la circulation de l'eau et des éléments minéraux dans le sol (HENIN, 1976). Ce qui a pour corollaire, une bonne croissance de la culture dès la levée en favorisant la dynamique de l'eau (NICOU, 1978 ; TARDIEU, 1990).

Tableau XIV : Matrice de corrélation entre paramètres physico-chimiques et rendement du sorgho.

	T _i	Co	TMG	Co	Rdt
T _i	1				
Co	0,902	1			
TMG	-0,243	-0,289	1		
B	0,770	0,901	-0,104	1	
Rdt	0,686	0,783	-0,460	0,653	1

T_i : Temps d'imbibition Co : teneur en carbone TMG : Taux Global de Minéralisation B : biomasse microbienne Rdt : Rendement

Conclusion

Le rendement des cultures bien que lié à plusieurs facteurs est l'expression matérielle de la fertilité des sols. Il ressort des résultats obtenus que les effets des traitements sont très variables. Cette variabilité serait liée d'une part au travail du sol et d'autre part à la fumure organique.

L'analyse des différents paramètres mesurés met en évidence l'effet dépressif du labour sur la croissance végétative et le rendement.

Le rôle positif de la fumure organique se perçoit au niveau des traitements T2 et T4, qui permettent de dire que la matière organique atténue les effets négatifs du labour.

Dans les zones soudano-sahéliennes, c'est la matière organique qui détermine plus que tout autre facteur le niveau de productivité des sols.

CONCLUSION GENERALE

Il est ressorti de l'étude sur l'impact du travail du sol et des amendements organiques sur l'évolution de la fertilité d'un sol ferrugineux tropical lessivé, que :

(i) la mise en culture des jachères ou friches entraîne une réduction de l'infiltration de l'eau dans le sol, la résistance mécanique du sol à la pénétration et la teneur en eau du sol ;

(ii) les labours annuels comparativement à des grattages superficiels du sol exposent le sol à l'encroûtement, consécutivement à la baisse de matière organique et la désagrégation du sol ;

(iii) cependant, les apports annuels de 10T/ha de fumier permettent de pallier aux effets dépressifs des labours annuels sur la fertilité des sols, confirmant ainsi que de la matière organique constitue un élément clé de la fertilité des sols en zone soudano-sahélienne ;

(iv) les interactions entre le travail du sol et la fumure organique sont variables selon le type de travail du sol. Les apports de fertilisants organiques associés aux labours produisent les meilleurs effets sur la productivité des sols ; mais maintiennent moins les propriétés des sols.

La pratique des labours annuels doit être associée à des apports de fertilisants organiques, si la durabilité des systèmes agricoles est un objectif de gestion des sols. Il faut cependant souligner que le problème lié au manque de résidus organiques est important. Des mesures doivent être prises pour apporter des solutions à ce problème. Il s'agira :

- pour les décideurs d'encourager l'intensification de l'agriculture (qui permettra la production d'une plus grande biomasse) en adoptant des politiques de facilitation de l'agriculture plus conséquente (octroi des crédits pour des investissements en intrants et matériels agricoles). Aussi, la vulgarisation d'autres sources d'énergie pourrait atténuer la consommation concurrentielle des résidus de cultures comme source d'énergie.

- pour le monde rural, de réduire les exportations des résidus de cultures qui devront être recyclés sous diverses formes (compost, fumier, résidus sur pied) dans les exploitations agricoles.

BIBLIOGRAPHIE

- AGBENIN B. GOLADI J.T., 1997. Long-term soil fertility trend in the savanna as influenced by farmyard manure and inorganic fertiliser. *In* Soil fertility and management in West African land use systems, G. Renard, A. Neef, K. Becker, M. Von Oppen (Eds), Niamey, Niger pp. 21-29.
- AKROUME C., 1985. Localisation de la matière organique des sols. Définition d'un modèle d'évolution. Thèse de docteur Ingénieur "Géologie appliquée", Institut National Agronomique, Paris-grignon, 117p.
- ALBERGEL J., DIATTA M., GROUSIS M., PEZEZ P., et SEN M., 1995. Réhabilitation d'un écosystème aride par l'aménagement des éléments du paysage. *In* L'homme peut-il refaire ce qu'il a défait? R. Pontanier, A. M'Hiri, J. Aronson, N. Akrini, E. Le Floch (Eds). Colloque et congrès, Paris, pp : 293-206
- ANDERSON M. J. and FLANANGAN W. P., 1989. Biological Processes Regulating Organic matter Dynamics in Tropical Soils. *In* Dynamics of Soil Organic Matter in Tropical Ecosystems, Coleman C. D., Oades M. J. et Uehara G. (Eds) pp. 97-122.
- ARRIVETS J., 1974. Fertilisation des variétés locales de sorgho sur les sols ferrugineux tropicaux du plateau Mossi (Haute-Volta). Doc. IRAT Haute-Volta.
- BACHELIER G., 1971 La vie animale dans les sols. Détermination de la faune des sols II. Action de la faune dans l'évolution des sols en tant qu'équilibres naturels. 62 p.
- BAVER L. D., 1984. The effects of organic matter on soil structure. *In* : Organic Matter and Soil Fertility, Pontifica Academia Scientiarum Scripta Varia, April 22-27, pp. 383-403.

- BENDING G.B. and TURNER M.K., 1999. Interaction of biochemical quality and particle size of crop residues and its effect on the microbial biomass and nitrogen dynamics following incorporation into soil. *Biol.Fertil.Soils* 29 : 319-327.
- BENGOUGH A. G., 1991. The penetrometer in relation to mechanical resistance to root growth. *In soil analysis-physical methods*. Keith A. S. et Chris E. M. (Eds), pp. 431-443.
- BILGO A., 1992. Contribution à la valorisation agricole des différentes sources de matières organiques au Burkina Faso. Evaluation des potentialités et des caractéristiques des déchets agricoles, agro-industriels et urbains. Mémoire de fin d'études IDR, Université de Ouagadougou. 87 p.
- BILGO A., 1999. Les différentes modes de gestion des jachères courtes et leurs impacts sur le sol. Cas de la région de Bondoukui (Burkina Faso). Mémoire de DEA en Sciences biologiques appliquées, option biologie et écologie végétales, 74 p.
- BOIFFIN J., 1984. La dégradation structurale des couches superficielles du sol sous l'action des pluies. Thèse Doct. Ingénieur, INAPG, Paris-Grignon, 320 p.
- 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 des sols. Mémoire de fin d'études IDR, Université de Ouagadougou, 66p.
- BUNASOLS, 1985. Etat de connaissance de la fertilité des sols du Burkina Faso, document technique, n°1 50 p.
- CASENAVE A. et VALENTIN C., 1989. Les états de surface de la zone sahélienne. Influence sur l'infiltration. Ed. ORSTOM, 230 p.
- CHARREAU C. et NICOU R., 1971. L'amélioration du profil cultural dans les sols sablo-argileux de la zone tropicale sèche ouest-africain et ses incidences agronomiques. Chap. IV. Les effets de l'intervention humaine sur le profil

cultural et les rendements agricoles : le travail du sol avec ou sans enfouissement de la matière végétale. *Agron. Trop.*, 26 : 1183-1247.

CHAUSSOD R. et NICOLARDOT B., 1982. Mesure de la biomasse microbienne dans les sols cultivés. *Rev. Ecol. Biol. Sol.*, (4) : 501-512.

CHAUSSOD R. NICOLARDOT B. et CATROUX G., 1986. Mesure en routine de la biomasse microbienne des sols par la méthode de fumigation au chloroforme. *Science du sol*, PLAISIR-FRANCE, pp. 201-211.

CHOPART J. L., 1994. Techniques de gestion du sol et alimentation hydrique des cultures annuelles tropicales. Etude coordonnée des effets du labour, de l'engrais et du fumier dans cinq pays d'Afrique Tropicale sèche et sub-humide. Réseau CORAF, R3S, 57 p.

COINTEPAS J.P. et MALIKO R., 1982. Bilan de l'évolution des sols sous culture intensive dans une station expérimentale en milieu tropicale humide. *Cah. ORSTOM, Sér. Pédol.*, (3). pp. 271-282.

COLLINET J. et LAFFORGUE A., 1979. Mesures de ruissellement et de l'érosion sous pluies simulées pour quelques types de sols de Haute Volta. *ORSTOM Abidjan*, 129 p., multigr.

COULOMB I., CANEILL J. et MANICHON H., 1993. Comportement du sol au labour : Evolution de l'état structural au cours du labour. *Agronomie. Vol 13.* (6) : 441-560.

COULON E., 1988. Conséquences du tassement sur l'organisation de l'espace poral des sols sableux. Contribution à la connaissance des mécanismes de compactage. Thèse de Doct., Université d'Orléans, 242 p.

DE RIDDER N., 1997. Hierarchical levels in agro-ecosystems : selective case studies on water and nitrogen. 193 p.

- DIBOULO E., 1999. Caractérisation de deux pédons ultradégradés de la province du Bam et impact de techniques CES/DRS sur leur productivité. Mémoire de fin d'études IDR, Université Polytechnique de Bobo, 114 p.
- DOMMERMUES Y., 1960. La notion du coefficient de minéralisation du carbone dans les sols. Vol. XV, n° 1 ORSTOM. Montpellier (France). Extrait. 16 p.
- DUGUE P. YUNG J.-M., 1992. Reconstruction de la fertilité . Yatenga Burkina Faso. *In* : Le développement agricole au sahel, tome III, Bosc P. M., Dolle V., Garin P., Yung J. M. (Eds), collection documents systèmes agraires, CIRAD-SAR.
- FAO, 1988. FAO production yearbook 42. Collection FAO, statistiques, Rome, 350 p.
- FELLER C., 1979. Une méthode de fractionnement granulométrique de la matière organique des sols, application aux sols tropicaux, à textures grossières, très pauvres en humus. Cah. ORSTOM, Série pédologie, 17 : 339-346.
- FELLER C., 1994. La matière organique dans les sols tropicaux à argile 1 :1. Recherche de compartiments organiques fonctionnels. Une approche granulométrique. Thèse de doctorat ès sciences naturelles, Université LOUIS-PASTEUR, Strasbourg, FRANCE, 393 p .
- FONTES J. et GUINKO S., 1995. Carte de la végétation et de l'occupation du sol du Burkina Faso. Notice explicative, .67 p.
- GOLCHIN P., CLARKE P., OADES J. M. and SKJEMSTAD J. O., 1993. The effects of cultivation on the composition of organic matter and structural stability of soils. Aust. J. Soil Res., 33, 975-93.
- GREGORY P. J., SIMMONDS L. P. and WARREN G. P., 1998. Interactions between plant nutrients, water and carbon dioxide as factors limiting crop yields. *In* Land

Resources on the Edge of the Malthusian Precipice ? Greeland D.J., Gregory P. J., Nye P. H. (Eds), The Royal Society, CAB INTERNATIONAL.

GUCKERT A., 1973. Contribution à l'étude des polysaccharides dans les sols et leur rôle dans les mécanismes d'agrégation. Thèse de doctorat ès sciences naturelles, Université de Nancy I, 124 p.

GUILLOGEZ S. et ZOUGMORE R., 1991. Etude du ruissellement et de ses principaux paramètres, à la parcelle (Saria, Burkina Faso). Symposium international "Gestion agroclimatique des précipitations", Bamako, Décembre 1991, 13 p.

GUIRA T., 1988. Intensification de la culture de sorgho en sol ferrugineux. Etude des effets induits des techniques culturales sur la fertilité des sols. Mémoire de fin d'étude. ISN/IDR. U. O. 96p.

HENIN S., 1976. Cours de physique du sol. Paris, France, ORSTOM, Tome I, 159p.

HIEN G.F., 1995. La régénération de l'espace sylvo-pastoral au Sahel. Une étude de l'effet de mesures de conservation des eaux et des sols au Burkina Faso. Tropical Resources Management Papers n°7, Wageningen Agricultural Univ. The Netherlands. 223p.

HIEN V., 1990. Pratiques culturales et évolution de la teneur en azote organique utilisable par les cultures dans un sol ferrallitique du Burkina Faso. Thèse de doctorat de l'I.N.P.L. 135 p.

HILLEL D., 1980. Applications of soil physics. Academic press, New york, 385 p.

HOOGMOED B.W., 1999. Tillage for soil and water conservation in the semi-arid tropics. Tropical resource Management Papers, 24. Wageningen Agriculture University, Wageningen. 184 p.

- HOOGMOED B.W. and KLAIJ M. C., 1990. Soil Management for crop production in the Sahel. I: Soil and Climate Parameters. *Soil & Tillage Research*, 16 : 85-103.
- HOOGMOED B.W., and KLAIJ M. C. (Eds), 1994. Le travail du sol pour une agriculture durable. Cours de formation. Niamey, Niger. 118 p.
- HOOGMOED B.W. and STROOSNIJDER, 1984. Crust formation and sandy soils in the Sahel. Rainfall and infiltration. *Soil & Tillage Research* 4 : 5-23.
- JENKINSON D. S. and PAWLSON D. S., 1975. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil-V. A method for measuring soil biomass. *Soil Biol. Biochem.*, pp. 209-213.
- KABORE S. V., 1995. Amélioration de la production végétale des sols dégradés (Zippelés) du Burkina-Faso par la technique des poquets ("ZAI"). Thèse de Docteur ès Sciences présentée au départ. de Génie Rural, Lausanne, EPFL, 195 p.
- KAMBIRE S. H., 1994. Systèmes de culture paysans et productivité des sols ferrugineux lessivés du plateau central (Burkina Faso) : effet des restitutions organiques. Thèse de troisième cycle en sciences de l'environnement, Université CHEIKH Anta Diop de Dakar, 188 p.
- KAMPHORST A., 1987. A small rainfall simulateur for the determination of soil erodibility. *Netherlands Journal of Agricultural Sciences*, 35 : 407-415.
- KILLHAM K., 1994. *Soil ecology*. Cambridge University press, New york, USA, 242 p.
- KOOREVAAR P., MENELIK G. and DIRKSEN C., 1983. *Elements of soil physics*. Developments in Soil Science 13, Elsevier, Amsterdam, Oxford, New York, Tokyo, 230 p.

- LAFORGUE A. et CASENAVE A., 1980. Derniers résultats obtenus en zone tropicale sur les modalités de transfert pluie-débit par l'emploi de simulateurs de pluies. *La Houille Blanche*, n° 4-5, pp. 243-249.
- LAL R., 1997. Soil quality and sustainability. In : Lal, R., W.H. Blum, C. Valentine and B.A. Stewart. pp. 17-31. *Methods for assesement of soil degradation*. CRC PRESS. Boca Raton, New York.
- LAL R. and MILLER F.P., 1993. Soil quality and its management in humide subtropical and tropical environments. pp : 530-539. In M.J. Baker (Eds). *Grassland for our world*. Canberra.
- LOMPO F., 1993. Contribution à la valorisation des phosphates naturels du Burkina Faso : Etudes des effets de l'interaction phosphates naturelles-matières organiques. Thèse de Docteur-ingénieur. Université Nationale de Côte d'Ivoire, 247 p.
- LOMPO T. T., 1997. Diagnostic des états structuraux des sols en fonction des systèmes de cultures en zone cotonnière Ouest du Burkina (Région de Bondoukui). Mémoire de fin d'études, IDR. 74 p.
- MAHBOUBI A. A., LAL R., 1998. Long-term tillage effects on changes in structural properties of two soils in central Ohio. *In Soil and Tillage Research. Incorporating soil technology*, D. W. Reeves, 45 (1,2), pp. : 107-118.
- MANDO A., 1991. L'impact des termites sur la dégradation de la biomasse végétale et quelques propriétés physiques des sols dégradés : Etude menée à Zanamogo (Province du Bam). Mémoire de fin d'études. Université de Ouagadougou. 76 p.
- MANDO A., 1997. The role of termites and mulch in rehabilitation of crusted Sahelian soils. Thesis Wageningen Agriculture University, 101 p.

- MANDO A. and MIEDEMA R., 1997. Termite-induced change in soil structure after mulching degraded (crusted) soil in the Sahel. *Applied Soil Ecology*, 6 : 241-249.
- MANDO A., 1998. Mulch and termites improve nutrient release and crop performance on crusted sahelian soils. *Arid Soil Rehabilitation & Research*, 8 : 269-278. Taylor & Francis.
- MANDO A. and STROOSNIJDER L., 1999. The biological and physical role of mulch in the rehabilitation of crusted soil in sahel . *Land use and Management*, 15 :123-127. British Society of Soil Science and CABI.
- MANDO A., ZOUGMORE R., ZOMBRE N. P., et HIEN V., 2000. Réhabilitation des sols dégradés dans les zones semi-arides de l'Afrique subsaharienne. *In La jachère en Afrique*, Floret Ch., et Pontanier R., (Eds), John Libbey, Paris (sous presse).
- MANU A., COLEMAN T. L. and JUO A. S. R., 1997. Soil restoration in degraded agro-pastoral systems of semi-arid West Africa. *In Soil Fertility Management In West African Land Use Systems*, RENARD G.,173-184p.
- MARCHAL J. Y., 1986. Vingt ans de lutte anti-érosive au Nord du Burkina Faso. *Cah. ORSTOM, Sér. Pédol.*, 22 (2) : 173-180, 21 réf.
- MOREL R., 1981. Essai d'estimation globale de l'organisation et de la réorganisation de l'azote minéral du sol. *Colloque humus-azote*, Juillet 1981, Reims, pp. 285-290.
- MORIN J. and BENYAMINI Y., 1977. Rainfall infiltration into bare soils. *Water Resour. Res.*, 13 : 184-192.
- NICOU R., 1975. Le problème de la prise en masse à la dessiccation des sols sableux et sablo-argileux de la zone tropicale sèche. *Agron. Trop.*, XXX (4) : 325-343.

- NICOU R., 1977. Le travail du sol dans les terres exondées du Sénégal. Motivations-contraintes. Bambey, ISRA-CNRA, 51p.
- NICOU R., 1978. La prise en masse des sols sableux et sablo-argileux de la zone tropicale sèche ouest-africaine. Doc. multigr., IRAT/ Montpellier, 13 p.
- NICOU R., OUATTARA B., et SOME L., 1990. Effets des techniques d'économie de l'eau à la parcelle sur les cultures céréalières (sorgho, mil, maïs) au Burkina Faso. *Agron. Trop.*, XXIX (11) : 1101-1126.
- OADES J. M., GILLMAN G. P. and UEHARA G., 1989. Interactions of Soil Organic Matter and Variable-Charge Clays. *In Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems*, Coleman C. D., Oades M. J. et Uehara G. (Eds), pp. 69-95.
- OUATTARA B., 1984. Action des techniques de travail du sol sur le bilan hydrique et les rendements d'une culture de sorgho en fonction du type de sol. Mémoire de fin d'études, ISP (U.O.). 109 p.°
- OUATTARA B., 1994. Contribution à l'étude de l'évolution des propriétés physiques d'un sol ferrugineux tropical sous culture : pratiques culturales et états structuraux du sol. Thèse de docteur-ingénieur, mention sciences agronomiques, Université nationale de Côte d'Ivoire, 153 p.
- OUATTARA B., OUATTARA K., SEDOGO P. M., ASSA A, LOMPO F. et FORTIER M., 1998. Modifications de la porosité du sol après trente-trois années de labour d'enfouissement de fumier au Burkina Faso. *Cahiers agricultures*, 7 : 9-14.
- OUATTARA B., SEDOGO P. M., AYEMOU A., LOMPO F. et OUATTARA K., 1997. Infiltrabilité d'un sol ferrugineux tropical lessivé de sorgho : modifications du système poral. *Science et Technique, Revue de la recherche au Burkina*, vol 22, n° 2, ISSN 1011-6028.
- PAWLSON D. S. and JENKINSON D. S., 1976. The effects of biocidal treatemnts on metabolism in soil-II. Gamma irradiation, autoclaving, air-drying and

- fumigation with chloroform or methyl bromide. *Soil Biol. Biochem.* 8, pp. 179-188.
- PIERI C., 1989. Fertilité des terres de savanes. Bilan de trente ans de recherche et de développement agricoles au sud du sahara. Ministère de la coopération française et CIRAT-IRAT, 444 p.
- PONTANIER R., M'HIRI A., AKRIMI N., ARONSON J. and LE FLOC'H E., 1995. L'homme peut-il refaire ce qu'il a défait?, John Libbey (Ed) Eurotext, Paris. 455p.
- ROOSE E., 1981. Dynamique actuelle des sols ferrallitiques et ferrugineux tropicaux d'Afrique Occidentale. *Travaux et documents de l'ORSTOM*, n° 30, 569p.
- ROOSE E., 1984. Causes et facteurs de l'érosion ou climat tropical. Conséquences sur les méthodes anti-érosives. *Machinisme Agricole Tropical*, 87 : 4-18.
- SALINAS-GARCIA J. R., HONS F. M., MATOCHA J. E. and ZUBERER D. A., 1997. Soil carbon and nitrogen dynamics as affected by long-term tillage and nitrogen fertilization. *Biol. Fertil. Soils*, 25 : 182-188.
- SANCHEZ A. P., PALM A. C., SZOTT T. L., CUEVAS E. and LAL R., 1989. Organic input management in tropical agroecosystems. *In Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems*, Coleman C. D., Oades M. J. et Uehara G. (Eds) pp. 125-152.
- SEBILOTTE M., 1982. Fertilité du milieu et agriculture. Conception générale du numéro . *Bull. Tech. Inf.*, 3370-372 : 331-333 (numéro spécial "Fertilité du milieu et agriculture").
- SEBILOTTE M., 1989. Fertilité et systèmes de production. INRA, Paris, 369 p.
- SEDOGO P.M., 1981. Contribution à la valorisation des résidus culturaux en sol ferrugineux et sous climat tropical semi-aride (matière organique du sol et

- SEBILOTTE M., 1989. Fertilité et systèmes de production. INRA, Paris, 369 p.
- SEDOGO P.M., 1981. Contribution à la valorisation des résidus culturaux en sol ferrugineux et sous climat tropical semi-aride (matière organique du sol et nutrition azotée des cultures). Thèse de docteur-ingénieur, sciences agronomiques, Institut National de Lorraine, Nancy, 198 p.
- SEDOGO P.M., 1993. Evolution des sols ferrugineux lessivés sous culture : incidence des modes de gestion sur la fertilité. Thèse Doct. ès-Sciences (Sciences du sol), Univ. Nat. de Côte d'Ivoire, 332p.
- SEDOGO P.M., LOMPO F. and OUATTARA B., 1994. Le carbone et l'azote dans les différentes fractions granulométriques d'un sol ferrugineux tropical : effets de quatre types d'amendements organiques. Science et technique. Sér. Sciences naturelles. Vol XXI, n°1. pp : 114-124.
- SEGDA Z., 1991. Contribution à la valorisation agricole des résidus de culture dans le plateau central du Burkina Faso : inventaire des disponibilités en matière organique et étude des effets de l'inoculum MICRO 110 IBF. Mémoire d'Ingénieur des sciences appliquées, IPR/KATIBOUGOU, 110 p.
- SIBAND P., 1974. Evolution des caractères de la fertilité d'un sol rouge de Casamance. Agron. Trop., Sér. Agron. Générale, 24 (12) : 1228-1248.
- SIKKING A.F.S., 1997. Hedgerows for water conservation, an alternative or a baloney ? A water balance study. Graduation theses, W. A. U., Departement of Soil and Water Conservation. Wageningen Agri. Univ., Wageningen, The Netherlands.
- SOHORO A. P., 1996. Contribution à l'analyse des contraintes agro-pédologiques de la culture de sorgho (*Sorghum bicolor*) au Burkina Faso : cas du terroir de KAMSI dans la province du Boulkiemdé, plateau central. Thèse de docteur-

ingénieur, mention sciences agronomiques, université nationale de Côte d'Ivoire, 181 p.

SOLTNER D., 1994. Les bases de la production végétale. Collection : Sciences et techniques agricoles. 20^è édition , tome I, 467 p.

TAONDA S. J.-B., 1996 . Evolution de la fertilité des sols sur un front pionnier en zone nord soudanienne (BURKINA FASO).Thèse d'université, agronomie, Lorraine, France, 133p.

TARDIEU F., 1990. Effets de l'état structural du sol sur l'enracinement. Que prendre en compte pour la modélisation ? *In* Structure du sol et son évolution, Laon (France), Ed. INRA, les colloques de l'INRA, 53 : 91-109.

TIAN G., 1998.Effect of soil degradation on leaf decomposition and nutrient release under humid tropical conditions. *Soil Sci.* 163 : 897-906.

TIAN G., KANG B. T. et BRUSSAARD L., 1992. Biological effects of plant residues with contrasting chemical compositions under humid tropical conditions – decomposition and nutrient release. *Soil Biology and Biochemistry* 24 :1051-1060.

VALENTIN, 1994. Sealing, crusting and hardsetting soils in Sahelian agriculture. H.B. So et al. (Eds), sealing, crusting, hardsetting soils : productivity and conservation, Australian Society of Science Soil Inc. (Queensland Branch), Brisbane, Australia. pp. 53-76.

VALENTIN C., 1978. Divers aspects des dynamiques actuelles de quelques sols ferrallitiques et interprétations agronomiques. ORSTOM, Adiopoumé, 141 p.

VANLAWE B, SANGINGA N. and MERCKX R., 1998. Soil organic matter dynamics after addition of nitrogen -15 -Labeled *Leucaena* and *Dactyladenia* residues. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, vol 62, pp. 263-274.

- 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.
- VYN T. J. and RAIMBAULT B. A., 1993. Long-term effect of tillage systems on corn response and soil structure. *Agron. J.* 85, 1074-1079.
- ZHAI R., KACHANOSKI R. and VORONEY R. P., 1990. Tillage effects on the spatial and temporal variations of soil water. *Soil Sciences Society of America Journal*, 54 :186-192.

ANNEXE 1 : Matrice de corrélation entre les variables biométriques mesurés sur le sorgho

	H1	H2	H3	H4	H5	P.pan	P.milgr	Rdt pai	Rdt gr
H1	1								
H2	0.98 7	1							
H3	0.97 2	0.991	1						
H4	0.95 4	0.979	0.991	1					
H5	0.93 4	0.958	0.975	0.984	1				
P.pan	0.86 9	0.929	0.949	0.944	0.917	1			
P.milgr	0.58 3	0.682	0.701	0.678	0.672	0.846	1		
Rdt pai	0.89 6	0.948	0.966	0.963	0.943	0.995	0.826	1	
Rdt gr	0.87 7	0.937	0.933	0.93	0.925	0.961	0.828	0.963	1

H1, H2, H3, H4, H5 : Hauteurs correspondant respectivement aux dates de mesures suivantes : 30 JAS, 44 JAS, 48 JAS, 61 JAS, 75 JAS. P.pan = poids panicule
P.milgr = poids mille grains Rdt-pai = Rendement paille Rdt-gr = rendement grains

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 trouver des modes de gestion assurant au mieux le maintien et/ou l'amélioration de la fertilité des sols, un essai scientifique a été installé à Saria, au centre du Burkina Faso (12° 16' N de latitude, 2° 9' W de longitude).

L'essai a porté sur l'évolution de la fertilité d'un sol ferrugineux tropical lessivé soumis aux effets combinés du travail du sol et des amendements organiques. Un dispositif en *blocs Fisher* avec quatre traitements (grattage, grattage + fumier, labour, labour + fumier) en trois répétitions, a été utilisé. Sur chacune des parcelles, les paramètres suivants ont été évalués : infiltration, humidité du sol, résistance mécanique du sol à la pénétration, minéralisation du carbone, biomasse microbienne et les performances du sorgho (développement et rendement).

Les résultats obtenus montrent que la mise en culture d'une jachère ou friche entraîne une dégradation des propriétés physiques et hydrodynamiques du sol. Les labours annuels réduisent la capacité d'infiltration du sol. En effet, une réduction de 28 % du temps d'imbibition du sol est observée sur les parcelles labourées après dix ans de culture. Les labours annuels modifient aussi négativement l'état d'ameublissement du sol. Une baisse du stock organique de 17% et de l'activité biologique du sol ont été observées pendant la même période suite aux labours annuels sans apport de fumier comparativement à des grattages superficiels sans fumier. Toutefois, les apports annuels de 10T/ha de fumier aux parcelles labourées et grattées permettent d'améliorer le statut physique, biologique et de la productivité du sol par rapport aux parcelles sans apports organiques sans toutefois réussir à maintenir les qualités du sol au niveau d'avant mise en culture.

La pratique de la jachère et l'emploi des amendements organiques dans la gestion de la fertilité des sols apparaissent alors comme des moyens pouvant contribuer à réaliser une agriculture durable dans les zones soudano-sahéliennes.

Mots-clés : labour à plat, amendements organiques, zone soudano-sahélienne, état d'ameublissement, infiltration, minéralisation du carbone, jachère, fertilité.

ABSTRACT

Human induced-degradation of natural resources in general and soil degradation in particular, is a major problem in soudano-sahelian zones. In order to find efficient soil management practices that maintain and/or improve soil fertility, research was conducted in Saria, at a research station which is located in the center of Bukina Faso (12° 16' N, 2° 9' W).

The research subject was on combin effects of different tillage and organic input of ferruginous leached tropical soil. A Fisher blocs design with four treatments (scratching, scratching + manure, ploughing, ploughing + manure) and three replications was used. On each plot, the following parameters were assessed : infiltration, soil mechanical resistance to the penetration, moisture content, carbon mineralization, microbial biomass and crop performances.

It came out that cultivation of land under fallow or primary forest induces soil physical and hydrodynamic degradation. Annual ploughing reduces soil infiltration capacity. Pounding time is 28 % lower in ploughed plots after ten years of cultivation. Annual ploughing also has a negative effect on the soil loosen state. The soil organic matter decomposition rate was 17 % lower on the annual ploughed without manure compared to scratching without manure. However, annual inputs of 10 T/ha of manure in the ploughed and scratched plots permitted to improve physical and biological soil properties, but initial soil qualities could not be maintained in any case.

The practice of fallowing and use of organic inputs in soil fertility management, can contribute to the sustainability of the agricultural system in the soudano-sahelian zones.

Key-words : ploughing, organic inputs, infiltration, carbon mineralization, soudano-sahelian zone, microbial biomass, crop performances.